



Universidad Autónoma del Estado de México

Facultad de Geografía



**MODELO EXPLICATIVO DE LA DETERMINACIÓN DEL VALOR CATASTRAL
UNITARIO DE SUELO, MEDIANTE ANÁLISIS ESPACIAL**

TRABAJO TERMINAL

Que para obtener el grado de

Maestro en Análisis Espacial y Geoinformática

Presenta

I.S.C. NYDIA LORENA CAMPOS APODACA

Tutor académico

DRA. EN G. MARCELA VIRGINIA SANTANA JUÁREZ

Tutores adjuntos

**DR. EN G. JUAN CAMPOS ALANÍS
DRA. EN U. RAQUEL HINOJOSA REYES**

Toluca de Lerdo, Estado de México. Noviembre de 2018

Resumen

Este trabajo tiene como propósito la construcción de un modelo que explique objetivamente la formación de los valores catastrales de suelo en el Estado de México, a partir del análisis del comportamiento de los atributos de accesibilidad, jerarquización social, externalidades urbanísticas y elementos intrínsecos de las áreas homogéneas, aplicando el modelo de precios hedónicos y la técnica de regresión geográficamente ponderada (GWR por sus siglas en inglés), en un Sistema de Información Geográfica, tomando como caso de estudio el municipio de Zinacantepec, Estado de México.

La metodología establecida en la normatividad en materia catastral para determinar los valores unitarios de suelo, obliga a los catastros de los municipios del Estado de México a evaluar el comportamiento de múltiples variables localizadas en el territorio municipal, a fin de establecer el impacto que éstas tienen en el valor de suelo para proponer cada año uno que sea equiparable, en la medida de lo posible, al del mercado inmobiliario.

Analizar espacialmente el comportamiento de estas variables sin las herramientas tecnológicas adecuadas es una tarea ardua y difícil, que tiene como consecuencia la elaboración de estudios de valores de suelo inconsistentes, sin sustento ni robustez, que afectan de manera directa el cálculo de los impuestos sobre la propiedad inmobiliaria, los cuales deben regirse por los principios de equidad, proporcionalidad y legalidad.

El resultado obtenido es un modelo global para todo el territorio municipal y un modelo local para cada elemento de la muestra (1990 manzanas), en los que se pueden identificar variaciones en las magnitudes y en los signos de los coeficientes con respecto al modelo global.

Este trabajo representa una contribución original al estudio de los valores catastrales de suelo ya que en el ámbito local no se cuentan con suficientes investigaciones sobre el comportamiento de las variables que impactan en el valor de suelo. Además, constituye un aporte importante para el análisis del territorio a nivel micro, lo que permite identificar su heterogeneidad interna.

Palabras claves: valores catastrales de suelo, valuación catastral, análisis espacial.

Índice

Introducción.....	7
Justificación.....	9
Objetivo general y objetivos específicos.....	10
Capítulo 1. Marco contextual.....	12
1.1. Antecedentes a nivel internacional.....	12
1.2. Antecedentes en México.....	16
1.3. Antecedentes de la aplicación del análisis espacial...	18
Capítulo 2. Marco teórico-conceptual.....	24
2.1. Paradigma Neopositivista y Geografía.....	24
2.2. Geografía Automatizada.....	26
2.3. Análisis espacial y análisis geográfico.....	27
2.4. Geografía Económica y Teoría del Valor.....	29
2.4.1. Teoría de la localización.....	33
2.4.2. Teoría de las externalidades urbanísticas.....	37
2.4.3. Teoría de la jerarquización social.....	38
Capítulo 3. Marco metodológico.....	41
3.1. Delimitación de la unidad de análisis.....	42
3.2. Selección del caso de estudio.....	43
3.3. Definición de las variables.....	45
3.4. Fuentes de información.....	50
3.5. Integración cartográfica de los datos.....	51
3.6. Procesos.....	51
3.6.1. Proceso para la generación de los valores de los indicadores.....	52
3.6.2. El Modelo de Precios Hedónicos.....	53
3.6.3. Regresión Geográficamente Ponderada.....	60

Capítulo 4. Resultados.....	64
4.1. Generación de los valores de los indicadores.....	64
4.2. Indicadores con mayor relevancia en el valor catastral de suelo.....	89
4.3. Autocorrelación y heterogeneidad espacial de los indicadores con mayor relevancia en el valor catastral de suelo.....	95
4.4. Regresión Geográficamente Ponderada (GWR).....	97
4.5. Variabilidad espacial de los indicadores con mayor relevancia en el valor catastral de suelo.....	101
Conclusiones y recomendaciones.....	115
Bibliografía.....	122

Índice de cuadros

1.1. Resumen de los antecedentes internacionales de valuación catastral masiva.....	15
1.2. Resumen de los antecedentes nacionales de valuación catastral masiva.....	18
1.3. Resumen de antecedentes que aplican análisis espacial.....	21
3.1. Variables independientes.....	47
3.2. Dirección de los indicadores con relación al valor de suelo.....	49
3.3. Fuentes de información.....	50
4.1. Valores asignados a las tipologías de las áreas homogéneas del caso de estudio.....	80
4.2. Ponderación del régimen de propiedad.....	81
4.3. Ponderación del riesgo por fenómenos de remoción en masa..	82
4.4. Ponderación del riesgo por inundaciones.....	83
4.5. Estadísticos descriptivos de los indicadores.....	84
4.6. Estadísticos descriptivos del universo original, valor catastral...	85

4.7. Estadísticos descriptivos del universo origina, logaritmo natural del valor catastral.....	86
4.8. Estadísticos descriptivos del universo filtrado.....	88
4.9. Estadísticos descriptivos del universo filtrado, logaritmo natural del valor catastral.....	88
4.10. Resumen del modelo de regresión lineal múltiple.....	90
4.11. Coeficientes del modelo seleccionado.....	91
4.12. Jerarquía de los indicadores significativos del modelo seleccionado.....	94
4.13. Atributos de los indicadores muy importantes.....	94
4.14. Atributos de los indicadores importantes.....	94
4.15. Atributos de los indicadores poco importantes.....	95
4.16. Pruebas de heterocedasticidad	97
4.17. Prueba de significancia de Monte Carlo	98
4.18. Nivel explicativo y criterio de información Akaike.....	99
4.19. Clasificación de los valores de la R^2	99

Índice de figuras

2.1. Niveles de análisis espacial.....	28
2.2. Conceptos fundamentales del análisis geográfico.....	28
2.3. Factores que afectan los valores de la tierra.....	31
2.4. Esquema del marco teórico.....	40
3.1. Esquema metodológico.....	41
3.2. Municipio de Zinacantepec, Estado de México.....	43
3.3. Fragmento del mapa E1. Clasificación de suelo, 2003.....	44
3.4. Fragmento del mapa E1. Clasificación de suelo, 2013.....	45
3.5. Distribución de los valores de suelo por metro cuadrado a nivel manzana.....	46

3.6. Atributos de accesibilidad, de jerarquización social, de externalidades urbanas y de elementos intrínsecos.....	47
3.7. Área excluida por ser de protección de flora y la fauna Nevado de Toluca.....	51
3.8. Zona de estudio del municipio de Zinacantepec, Estado de México.....	52
4.1. Centralidades a nivel manzana.....	66
4.2. Centralidades a nivel AGEB.....	67
4.3. Distancia mínima a centralidad de jerarquía baja (ml).....	68
4.4. Distancia mínima a centralidad de jerarquía media (ml).....	68
4.5. Distancia mínima a centralidad de jerarquía alta (ml).....	69
4.6. Distancia mínima a institución educativa de nivel preescolar....	69
4.7. Distancia mínima a institución educativa de nivel primaria.....	70
4.8. Distancia mínima a institución educativa de nivel secundaria..	70
4.9. Distancia mínima a institución educativa de nivel medio superior.....	71
4.10. Distancia mínima a institución educativa de nivel superior.....	71
4.11. Distancia mínima a guardería.....	72
4.12. Distancia mínima a consultorios.....	72
4.13. Distancia mínima a consultorios generales.....	73
4.14. Distancia mínima a hospitales generales.....	73
4.15. Distancia mínima a institución de medicina especializada.....	74
4.16. Distancia mínima a oficina de gobierno.....	74
4.17. Distancia mínima a área homogénea de tipología buena.....	75
4.18. Distancia mínima a área homogénea de tipología regular.....	75
4.19. Distancia mínima a conjunto urbano con acceso restringido...	76
4.20. Distancia mínima a suelo con régimen de propiedad social....	76
4.21. Distancia mínima a zona de riesgo por eventos de remoción en masa.....	77

4.22. Distancia mínima a zona de riesgo por inundaciones.....	77
4.23. Coeficiente de ocupación de suelo.....	78
4.24. Coeficiente de utilización de suelo.....	79
4.25. Número de viviendas por hectárea.....	79
4.26. Ponderación de la tipología del área homogénea.....	81
4.27. Ponderación del régimen de propiedad.....	82
4.28. Ponderación del riesgo por eventos de remoción en masa.....	83
4.29. Ponderación del riesgo por inundación.....	84
4.30. Histograma del logaritmo natural del valor catastral de suelo por metro cuadrado.....	86
4.31. Manzanas excluidas.....	87
4.32. Histograma del logaritmo natural del valor catastral, del universo filtrado.....	88
4.33. Relevancia de los indicadores del modelo seleccionado.....	92
4.34. Histograma de los residuos.....	93
4.35. Ajuste del modelo.....	93
4.36. Resultado de la autocorrelación espacial mediante el índice de Morán.....	96
4.37. Nivel explicativo del modelo (R^2 local).....	100
4.38. Error estándar del modelo GWR.....	101
4.39. Coeficientes y significancia estadística del indicador.....	103

Anexos

A. Integración cartográfica de los datos iniciales.....	130
B. Correlación de Pearson.....	146
C. Resultados del modelo de regresión lineal múltiple.....	161

Introducción

Las diversas definiciones que encontramos en la literatura en torno al término *Catastro* tienen en común que lo describen en forma general como un *inventario de inmuebles*. En la normatividad en materia catastral del Estado de México, el Catastro se define como “el sistema de información territorial, cuyo propósito es integrar, conservar y mantener actualizado el padrón catastral del Estado”¹.

El *padrón catastral* es definido como “el inventario analítico que contiene los datos técnicos y administrativos de los inmuebles y está conformado por el conjunto de registros geográficos, gráficos, estadísticos, alfanuméricos y elementos y características resultantes de las actividades catastrales”² y la *actividad catastral* se establece como “el conjunto de acciones de identificación, inscripción, control y valuación, que permiten integrar, conservar y mantener actualizado el inventario analítico con las características cualitativas y cuantitativas de los inmuebles inscritos en el padrón catastral del Estado”³.

En este sentido, el propósito principal de un catastro municipal es integrar, conservar y mantener actualizado el inventario analítico de inmuebles ubicados en el territorio municipal, con el propósito de detectar y registrar sus características técnicas, administrativas, geográficas, económicas, estadísticas y jurídicas.

De esas características, una de las más importantes son los valores catastrales de suelo correspondientes a cada área de valor (llamada área homogénea) en la que se encuentran ubicados los inmuebles registrados en el padrón catastral, toda vez que la base gravable de los impuestos sobre la propiedad, concretamente el impuesto predial y el impuesto sobre las operaciones de cambio de propietario, es el valor catastral de los predios.

¹ Artículo 168 primer párrafo del Código Financiero del Estado de México y Municipios.

² Artículo 168 segundo párrafo del Código Financiero del Estado de México y Municipios.

³ Artículo 168 tercer párrafo del Código Financiero del Estado de México y Municipios.

El marco jurídico del Catastro en el Estado de México establece que los municipios deben realizar cada año un estudio de sus valores catastrales de suelo, a fin de actualizarlos o ratificarlos, tomando en cuenta el comportamiento de las características predominantes de cada área homogénea: régimen de propiedad, nivel socioeconómico de sus pobladores, infraestructura urbana, servicios públicos, equipamiento urbano y características de las construcciones, tomando como referencia el valor comercial del suelo. Sin embargo, los catastros municipales no cuentan con un modelo ni una metodología que, con base en el análisis espacial de las variables relativas a las características predominantes de las áreas homogéneas, que son de naturaleza geográfica, sustenten la determinación de los valores catastrales de suelo y garanticen que corresponden a las características de cada área homogénea.

La dificultad de modelar fielmente los elementos que influyen en el valor catastral de suelo ha provocado un rezago significativo en la actualización de éstos en casi todos los municipios del Estado de México, lo cual se refleja en la inequidad en el cobro de los impuestos sobre la propiedad. El análisis espacial del impacto de las variables involucradas en la determinación de dicho valor, aporta un elemento necesario que hasta el momento no ha sido considerado por los catastros municipales, pero que es indispensable tomar en cuenta ya que desde el punto de vista tributario, la correcta determinación de los valores catastrales proporciona elementos para que la autoridad fiscal municipal se apegue a los principios de proporcionalidad, equidad y legalidad propios del cobro de las contribuciones; además de que fortalece al impuesto predial como un mecanismo eficiente para la recuperación de plusvalías.

En razón de lo anterior, este trabajo de investigación aborda la construcción de un modelo que explique objetivamente la formación de los valores catastrales de suelo en las áreas homogéneas urbanas de los municipios del Estado de México. Se considera como caso de estudio a uno de ellos, mediante la aplicación de las técnicas de precios hedónicos y la regresión geográficamente ponderada, en un Sistema de Información Geográfica.

Las preguntas de investigación que este trabajo resuelve son las siguientes:

- ¿Cuáles son los indicadores relativos a los atributos de accesibilidad, jerarquización social, externalidades urbanísticas y elementos intrínsecos con mayor relevancia en el valor catastral de suelo y cuál es el valor de sus coeficientes?
- ¿Existe correlación espacial y heterogeneidad espacial en los indicadores con mayor relevancia en el valor catastral de suelo?
- ¿Existe variabilidad espacial en el territorio municipal de los indicadores más significativos en el valor catastral de suelo?

Justificación

La justificación de este trabajo radica en que la normatividad catastral establecida para la elaboración de los estudios de valores unitarios que año con año deben realizar los municipios del Estado de México, obliga la evaluación del comportamiento de múltiples variables de naturaleza geográfica, lo cual es sumamente difícil llevar a cabo sin las herramientas tecnológicas adecuadas.

El contar con una herramienta mediante la cual las variables involucradas se puedan evaluar en su espacio geográfico impactaría positivamente en el resultado de los estudios de valores unitarios municipales, al considerar la heterogeneidad y la correlación espaciales como elementos importantes en el análisis de las variables que influyen en el valor del suelo, aunado a la aplicación de técnicas que tomen en cuenta y faciliten el análisis de la dimensión espacial de aspectos econométricos, enfoque que no se ha desarrollado suficientemente de manera sistemática y precisa, plasmado en un modelo explicativo esencialmente gráfico y concebido para ser aplicado en cualquier catastro.

El modelo y la metodología resultantes de este trabajo son herramientas valiosas que contribuyen en la determinación de valores catastrales de suelo confiables,

apegados a la normatividad en la materia, lo cual incide directamente en el impuesto predial, siendo así un factor crítico no solamente en el desempeño de este impuesto, su importancia va más allá al ser un factor que garantiza, o no, la equidad, proporcionalidad y legalidad en el cálculo de esta tributación.

Objetivo general

El objetivo general es elaborar, mediante análisis espacial, un modelo explicativo de la determinación del valor catastral del suelo, con base en los atributos de accesibilidad, de jerarquización social, de externalidades urbanísticas y de elementos intrínsecos de las áreas homogéneas del municipio de Zinacantepec, Estado de México.

Objetivos específicos

- 1) Identificar los indicadores relativos a los atributos de accesibilidad, jerarquización social, externalidades urbanísticas y elementos intrínsecos con mayor relevancia en el valor catastral de suelo y obtener el valor de sus coeficientes.
- 2) Identificar la correlación y la heterogeneidad espacial de los indicadores con mayor relevancia en el valor catastral de suelo.
- 3) Comprobar la variabilidad espacial en el territorio municipal de los indicadores más significativos en el valor catastral de suelo.

El primer capítulo aborda el marco contextual del trabajo de investigación a través de un recorrido por trabajos similares surgidos tanto en el ámbito nacional como internacional, en los cuales se resaltan los puntos sustanciales de cada investigación.

El segundo capítulo concierne al marco teórico- conceptual. En él se exponen las disciplinas y teorías principales que encuadran este trabajo, el cual parte de la

Geografía Cuantitativa y considera dos ramas de ella: la Geografía Automatizada y la Geografía Económica. De esta última se abordan las Teorías del Valor: Teoría de la localización, Teoría de las externalidades urbanísticas y Teoría de la jerarquización social.

En el capítulo tercero se aborda el marco metodológico y se detallan los métodos y técnicas aplicados: el modelo de Precios Hedónicos y la Regresión Geográficamente Ponderada. En el cuarto capítulo se exponen los resultados y finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones.

Capítulo 1. Marco contextual

Este apartado tiene como propósito exponer el marco de referencia en el cual está inmerso el presente trabajo de investigación. La primera parte aborda los trabajos internacionales y la segunda los estudios nacionales sobre la valuación catastral masiva, las propuestas metodológicas que involucran análisis espacial, y el registro de datos catastrales que toma en cuenta el entorno espacio-temporal.

1.1. Antecedentes a nivel internacional

En la literatura que aborda la valuación catastral masiva se encuentra, en los trabajos internacionales, a Parent B. (2002) que establece como principios básicos de la valuación masiva: “encontrar el mejor equilibrio posible entre precisión en la valoración... y la eficacia del método”; además, que el sistema de valuación sea transparente, tanto en la recaudación como en la aplicación del impuesto. Este autor hace énfasis tanto en la transparencia en la técnica de valuación de los inmuebles como en la rendición de cuentas en lo que respecta al destino de los recursos recaudados.

Bernat J. (2004) parte de la premisa de que la jerarquía de los valores del suelo no permanece invariable a lo largo del tiempo. En su estudio ilustra cómo los valores van cambiando, cómo mutan y se transforman, modificando así la jerarquía urbana. Tiene un alcance meramente descriptivo, ya que no intenta analizar las causas ni buscar los referentes teóricos que puedan explicar estas alteraciones, sino simplemente recopilar documentos que permiten constatar estas alteraciones de valores.

A partir de la relación entre la urbanización y los precios del suelo en un modelo territorial, en el área metropolitana de Barcelona, España, Herce M. (2005) analiza los precios del suelo a partir del ritmo del crecimiento urbano, concretamente en lo concerniente a la construcción de nuevas viviendas, mostrando la paradoja que a

mayor oferta del suelo urbanizado, se haya encarecido significativamente la vivienda, ya que sin incremento demográfico y habiéndose más que duplicado la superficie de suelo urbanizado en los últimos veinte años, la vivienda se ha encarecido en valores absolutos un 550%, lo que resalta el hecho de que existen otros factores que configuran el precio de la vivienda, el cual se transmite de manera automática al precio del suelo, sin abordar dichos factores en su estudio.

Por su parte, Torres A. y Rosas F. (2010) abordan la influencia que ejercen los agentes externos en los cambios del valor de suelo habitacional en la ciudad típica de Valle de Bravo, México, tomando como punto de partida la evolución del patrón de ocupación del suelo y las actividades económicas, desde un enfoque descriptivo del fenómeno de valorización del suelo, toda vez que sólo alude teóricamente a los factores que influyen en el valor del suelo habitacional del área estudiada.

Ramírez G. (2012) propone un modelo de formación del valor inmobiliario en áreas de crecimiento urbano en la Comarca de la Vega Baja del Segura en el Litoral Alicantino. Tiene como objetivo identificar los factores ligados a la localización que explican la formación del valor inmobiliario y justifican su variabilidad. Para ello realizó una valuación a escala territorial estableciendo los factores socioeconómicos, medioambientales y urbanísticos que estructuran el desarrollo urbano, condicionan la demanda de vivienda y son, por lo tanto, formadores del valor de los inmuebles.

Mientras que Rondón F. (2013) analiza y aplica modelos econométricos para la valoración masiva de terrenos en el municipio de Valera en el Estado de Trujillo, Venezuela. Parte de una base de datos que contiene los valores referenciales de los terrenos de la localidad de estudio, del año 2009 al 2012, la cual es depurada y homogenizada para seleccionar las variables que son estadísticamente determinantes en el valor del suelo. Finalmente, obtiene un modelo econométrico mediante el cual se podrá predecir el comportamiento de los precios del suelo por zonas geoeconómicamente homogéneas para el área de estudio o para conformaciones urbanas similares a ésta.

Armengot J. y Ramírez G. (2013) abordan la dificultad del método comparativo utilizado para determinar el valor de mercado de un inmueble, el cual se basa en el análisis de los precios de venta en oferta de comparables, a partir de la hipótesis de que el método comparativo adolece de una dificultad en su aplicación: la inexistencia de un mercado representativo de inmuebles comparables. Exponen que para utilizar el método comparativo es necesario contar con un número suficiente de ofertas y transacciones, en un mercado de competencia perfecta, con suficiente volumen de operaciones como para obtener datos actualizados, lo que dificulta su aplicación en la valuación de suelo urbano. Para resolver esta problemática, proponen la aplicación de un coeficiente determinado por la localización del inmueble, llamado coeficiente k.

Desde un enfoque crítico, Fernández C. y García E. (2014) exponen que el desarrollo urbano ha estado determinado por el ritmo del mercado inmobiliario y que “los procesos de valorización inmobiliaria han pronunciado las distancias y desigualdades entre los diferentes espacios sociales”, generándose una especie de urbanismo inmobiliario “como fuerza motriz de la segregación espacial y residencial”. Abordan el estudio de los mercados inmobiliarios, su evolución y sus efectos en las ciudades, y proponen desarrollar una reflexión sobre el mercado inmobiliario como poder hegemónico en la construcción de la ciudad.

Por otro lado, el Consejo Federal de Catastro de la República de Argentina (2015) identifica y propone criterios de valuación masiva de inmuebles a fin de contar con una valuación equitativa y homologada en ese país, después de analizar y comparar las diferentes metodologías utilizadas por las provincias de Argentina.

Silván N. (2015) pone de manifiesto las ineficiencias de los procedimientos de valoración colectiva de España, y analiza nuevas fórmulas de valoración en un intento de perfeccionar el actual procedimiento, a través de la obtención de un valor de contraste actualizado anualmente, denominado “valor de referencia”, el cual subsanaría la deficiencia actual de contar con valores catastrales desactualizados.

Parte de la descripción del actual sistema de valuación catastral; posteriormente analiza el procedimiento de regularización y las modificaciones surgidas en torno a la valuación de suelos urbanizables; y finalmente, describe los avances en la definición de un nuevo modelo de valoración, de las aportaciones del Observatorio Catastral del Mercado Inmobiliario y de la búsqueda del valor de referencia.

De Lama F. (2015) analiza la influencia de la renta disponible en la adquisición de la vivienda en la determinación de las cualidades de valor de ésta. Expone la importancia económica de la valoración y plantea el dilema entre el carácter subjetivo u objetivo de la valoración inmobiliaria, como base para analizar la formación de los valores de suelo urbano, partiendo de dos tipos de cualidades del bien inmueble: las cualidades intrínsecas al bien, y las cualidades extrínsecas del mismo, y enmarcando su estudio en las Teorías de accesibilidad, la Teoría de la cualificación urbanística del espacio urbano y la Teoría de la jerarquización social del espacio urbano, para finalmente concluir en la ponderación de los atributos del inmueble que son los de mayor peso en la determinación de su valor.

A continuación se muestra el resumen de los antecedentes a nivel internacional:

Cuadro 1.1. Resumen de los antecedentes internacionales de valuación catastral masiva

Año	Autor(es)	País	Puntos sustanciales de la investigación
2002	Parent B.	España	Establece como principios básicos de la valuación masiva: “encontrar el mejor equilibrio posible entre precisión en la valoración... y la eficacia del método”; hace énfasis tanto en la transparencia en la técnica de valuación de los inmuebles como en la rendición de cuentas en lo que respecta al destino de los recursos recaudados.
2004	Bernat J.	España	Su estudio ilustra cómo los valores van cambiando, cómo mutan y se transforman, modificando así la jerarquía urbana. Tiene un alcance meramente descriptivo, ya que no intenta analizar las causas ni buscar los referentes teóricos que puedan explicar estas alteraciones.
2005	Herce M.	España	Analiza los precios del suelo a partir del ritmo del crecimiento urbano, concretamente en lo concerniente a la construcción de nuevas viviendas, mostrando la paradoja que a mayor oferta del suelo urbanizado, se haya encarecido significativamente la vivienda.

Año	Autor(es)	País	Puntos sustanciales de la investigación
2010	Torres A. y Rosas F.	Chile	Abordan la influencia que ejercen los agentes externos en los cambios del valor de suelo habitacional, tomando como punto de partida la evolución del patrón de ocupación del suelo y las actividades económicas.
2012	Ramírez G.	España	Su estudio tiene como objetivo identificar los factores ligados a la localización que explican la formación del valor inmobiliario y justifican su variabilidad.
2013	Rondón F.	Venezuela	Analiza y aplica modelos econométricos para la valoración masiva de terrenos; obtiene un modelo econométrico mediante el cual se podrá predecir el comportamiento de los precios del suelo por zonas geoeconómicamente homogéneas
2013	Armengot J. y Ramírez G.	España	Abordan la dificultad del método comparativo utilizado para determinar el valor de mercado de un inmueble, el cual se basa en el análisis de los precios de venta en oferta de comparables; proponen la aplicación de un coeficiente determinado por la localización del inmueble, llamado coeficiente k.
2014	Fernández C. y García E.	España	Abordan el estudio de los mercados inmobiliarios, su evolución y sus efectos en las ciudades, y proponen desarrollar una reflexión sobre el mercado inmobiliario como poder hegemónico en la construcción de la ciudad.
2015	Consejo Federal de Catastro de la República de Argentina	Argentina	Identifica y propone criterios de valuación masiva de inmuebles a fin de contar con una valuación equitativa y homologada.
2015	Silván N.	España	Analiza nuevas fórmulas de valoración, a través de la obtención de un valor de contraste actualizado anualmente, denominado "valor de referencia", el cual subsanaría la deficiencia actual de contar con valores catastrales desactualizados.
2015	De Lama F.	España	Analiza la influencia de la renta disponible en la adquisición de la vivienda en la determinación de las cualidades de valor de ésta. Expone la importancia económica de la valoración y plantea el dilema entre el carácter subjetivo u objetivo de la valoración inmobiliaria, como base para analizar la formación de los valores de suelo urbano.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

1.2. Antecedentes en México

En el entorno nacional se encuentran algunos estudios y tesis para la obtención de grado que abordan los diferentes métodos para la valuación masiva de inmuebles con propósitos tributarios. Hinojosa L. y Valle M. (2003) exponen la metodología de la valuación catastral en el estado de Sonora. Explican los métodos para la valuación

de suelo y construcciones y dan ejemplos de la valuación masiva en esa entidad, desde un enfoque meramente exploratorio, toda vez que solamente describen el procedimiento que sigue el Catastro del estado para la determinación de los valores catastrales unitarios de suelo y construcción, y aunque aportan elementos de mejora del Catastro como dependencia pública, éstos no están relacionados con modificaciones en el procedimiento de valuación empleado.

Hidalgo S. (2004) realizó una investigación sobre los aspectos de orden económico en la valuación inmobiliaria, justificándola en la base de que la investigación y bibliografía sobre este tema es magra, sobre todo en el ámbito nacional. Aborda las teorías y criterios formativos del valor en bienes inmuebles, la importancia del uso del suelo en la determinación del valor de los bienes inmuebles y los factores individuales de los predios que impactan en su valor.

Por otro lado, Briseño J. (2005) propone un documento en el cual se determina el procedimiento a seguir a medida de que se incrementa la cantidad de información a analizar en el sistema de gestión catastral para generar la valuación masiva, a fin de aportar elementos para mejorar la metodología empleada en ésta.

Sherman N. (2010) analiza la valuación catastral en la zona metropolitana de Guadalajara desde el punto de vista de la coordinación y concurrencia entre los municipios que la integran: Guadalajara, Tlajomulco, Tlaquepaque, Tonalá y Zapopan, sin abordar metodologías de valuación.

A continuación se muestra el resumen de los antecedentes en México:

Cuadro 1.2. Resumen de los antecedentes en México

Fecha	Autor	País	Puntos sustanciales de la investigación
2003	Hinojosa L. y Valle M.	México	Explican los métodos para la valuación de suelo y construcciones y dan ejemplos de valuación masiva, desde un enfoque meramente exploratorio.
2004	Hidalgo S.	México	Aborda las teorías y criterios formativos del valor en bienes inmuebles, la importancia del uso del suelo en la determinación del valor de los bienes inmuebles y los factores individuales de los predios que impactan en su valor.
2005	Briseño J.	México	Propone un documento en el cual se determina el procedimiento a seguir a medida de que se incrementa la cantidad de información a analizar en el sistema de gestión catastral para generar la valuación masiva.
2010	Sherman N.	México	Analiza la valuación catastral en una zona metropolitana desde el punto de vista de la coordinación y concurrencia entre los municipios que la integran.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

1.3. Antecedentes de la aplicación del análisis espacial

En cuanto a propuestas metodológicas que involucran el análisis espacial, García T. y Vicente A. (2004) proponen una metodología para la valoración de fincas rústicas en Navarra, basada en un SIG, partiendo de que se integre en el Sistema de Información Territorial de Navarra (SITNA) información de diversa índole para diversos fines, entre ellos la valoración de fincas rústicas, en un modelo operativo con un número reducido de variables que expliquen la determinación de su valor: las que describen el medio físico en el que está inmerso el inmueble, las clases agrológicas y la aptitud agrícola de la tierra.

Collazos E. et al. (2006) analizan las características que determinan el precio de la oferta de la vivienda en las diferentes zonas metropolitanas de la ciudad de Cochabamba, considerando la heterogeneidad espacial, a partir de la hipótesis de que el precio de la vivienda está influenciado por las características o atributos generados por ésta, diferenciados de acuerdo a su localización. Aplican un modelo

de precios hedónicos, asociado a técnicas de econometría espacial (índice de Morán, modelo de autocorrelación espacial y regresión geográficamente ponderada). Por su parte, Humarán I. (2010) aplica el modelo de Precios Hedónicos y la técnica de regresión geográficamente ponderada (GWR) en una muestra de valores de viviendas en el puerto de Mazatlán, Sinaloa, México, a fin de formular un factor de localización que sea el parámetro integrador que caracterice las zonas de esa ciudad a partir de sus particularidades de ubicación, atributos constructivos y condiciones socioeconómicas. Diferencia las zonas del mercado inmobiliario en los sistemas urbanos y acota los atributos intrínsecos y extrínsecos de los inmuebles para crear una herramienta útil para diferentes metodologías de valuaciones inmobiliarias, donde se requiere la comparación de las características particulares de localización.

Mientras que Duque J., Velásquez H. y Agudelo J. (2011) aplican modelos econométricos tradicionales, de la econometría espacial y de regresión geográficamente ponderada para establecer la relación entre la infraestructura pública y los precios de la vivienda. Como caso de estudio consideran la ciudad de Medellín, y la infraestructura estudiada es la estación del metro San Javier, ubicada en el centro occidente de esa ciudad. A partir de los modelos mencionados, analizan y comparan la influencia que tiene en los precios de las viviendas la existencia de dicha estación del metro.

Da Silva C. et al. (2013) abordan el análisis, la distribución y la clasificación de usos del suelo mediante técnicas de análisis espacial con sistemas de información geográfica, en la ciudad de Resistencia, Argentina, considerando el valor del suelo como una variable más a analizar. Aplicando la correlación espacial mediante los índices de Morán y de Indicadores Locales de Asociación Espacial (LISA), concluye que en el área céntrica, la localización de los comercios presenta una fuerte concentración en torno a la Plaza Principal de la localidad de estudio.

Por su parte, Arias C. et al. (2013) estudian la distribución de las actividades económicas en los espacios urbanos con base en el uso de suelo, con el propósito

de identificar patrones espaciales en la distribución de todas las actividades comerciales relacionadas con el transporte y el precio del suelo en la ciudad de Resistencia, Argentina. En cuanto a las actividades que se realizaron cabe mencionar las siguientes: consulta del apartado comercial en la guía telefónica y diarios locales, generación de una base de datos, asignación de coordenadas de la información a partir de una geocodificación de códigos postales, obtención de una capa geográfica vectorial y aplicación de funciones de análisis espacial.

Da Silva C. et al. (2014) analizan la correspondencia entre la población usuaria del transporte y la actividad comercial, involucrando de manera indirecta el valor del suelo en este análisis. La metodología se basa en captura de datos en campo a nivel de paradas de transportes (enfoque local), y la aplicación en gabinete de geoprocésamiento con Sistemas de Información Geográfica (SIG) y técnicas de análisis multivariado de datos (regresión múltiple).

Por otro lado, Da Silva C. y Cardozo O. (2015) estudian la influencia de los factores ambientales y socioeconómicos en la planificación del territorio y resaltan la importancia de contar con información espacial que tome en cuenta dichos factores. En su estudio aplican técnicas de Análisis Multicriterio (EMC) y Sistemas de Información Geográfica (SIG) a fin de identificar espacios potenciales para la ocupación residencial en la ciudad de Resistencia, Argentina, núcleo urbano de más de 400,000 habitantes con problemas en la proyección de su crecimiento espacial, debido a las características socio-ambientales del lugar. Los resultados se generan sobre la base de un análisis que contempla fundamentalmente aspectos ambientales y de accesibilidad.

Ortiz R. et al. (2015) aplican el modelo de regresión lineal múltiple a fin de analizar la relación entre el precio fiscal del suelo a nivel de barrio en la ciudad de Resistencia, Argentina, con variables socioeconómicas y geográficas, normalizando las variables mediante un SIG. Parten de la hipótesis de que las variables ambientales inciden significativamente en el precio de suelo a nivel de barrio, y se esperan precios más

elevados en el centro de la ciudad, ya que éste es el área con mayor cobertura de servicios y mayor accesibilidad.

En lo que respecta a investigaciones que aborden el registro de datos catastrales considerando el entorno espacio-temporal, Moreno P., Iturrioz T. y Martínez S. (2014) proponen un prototipo de estructura relacional para el almacenamiento y la gestión histórica de los datos catastrales de acceso público del Catastro de España, planteado como una alternativa complementaria del actual modelo de dicho Catastro, con el propósito de que el público en general pueda realizar consultas sobre la genealogía y trazabilidad de los predios. El proceso de análisis para deducir el linaje se basa en superposiciones espacio-temporales entre las distintas versiones de la traza de los predios.

En el siguiente cuadro se expone un resumen de los antecedentes que involucran el análisis espacial:

Cuadro 1.3. Resumen de antecedentes que aplican análisis espacial

Fecha	Autor	País	Puntos sustanciales de la investigación
2004	García T. y Vicente A.	España	Proponen una metodología para la valoración de fincas rústicas, basada en un SIG, partiendo de información de diversa índole para diversos fines, entre ellos la valoración de fincas rústicas, en un modelo operativo con un número reducido de variables que expliquen la determinación de su valor.
2006	Collazos E. et al.	Bolivia	Analizan las características que determinan el precio de la oferta de la vivienda considerando la heterogeneidad espacial, a partir de la hipótesis de que el precio de la vivienda está influenciado por las características o atributos generados por ésta.
2010	Humarán I.	España	Formula un factor de localización como el parámetro integrador que caracteriza las zonas de valor a partir de las particularidades de ubicación, atributos constructivos y condiciones socioeconómicas de una muestra de viviendas.
2011	Duque J., Velásquez H. y Agudelo J.	Colombia	Aplican modelos econométricos tradicionales, de la econometría espacial y de regresión geográficamente ponderada para establecer la relación entre la infraestructura pública y los precios de la vivienda.
2013	Da Silva C. et al.	Argentina	Abordan el análisis, la distribución y la clasificación de usos del suelo mediante técnicas de análisis

Fecha	Autor	País	Puntos sustanciales de la investigación
			espacial con sistemas de información geográfica, considerando el valor del suelo como una variable más a analizar.
2013	Arias C. et al.	Argentina	Estudian la distribución de las actividades económicas en los espacios urbanos con base en el uso de suelo, con el propósito de identificar patrones espaciales en la distribución de todas las actividades comerciales relacionadas con el transporte y el precio del suelo.
2014	Da Silva C. et al.	Argentina	Analizan la correspondencia entre la población usuaria del transporte y la actividad comercial, involucrando de manera indirecta el valor del suelo en este análisis.
2015	Da Silva C. y Cardozo O.	Argentina	Estudian la influencia de los factores ambientales y socioeconómicos en la planificación del territorio y resaltan la importancia de contar con información espacial que tome en cuenta dichos factores
2015	Ortiz R. et al.	Argentina	Aplican el modelo de regresión lineal múltiple a fin de analizar la relación entre el precio fiscal del suelo a nivel de barrio, con variables socioeconómicas y geográficas, normalizando las variables mediante un SIG.
2014	Moreno P., Iturrioz T. y Martínez S.	España	Proponen un prototipo de estructura relacional para el almacenamiento y la gestión histórica de los datos catastrales de acceso público, planteado como una alternativa complementaria del actual modelo del Catastro, con el propósito de que el público en general pueda realizar consultas sobre la genealogía y trazabilidad de los predios.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Síntesis del capítulo

En los antecedentes expuestos se identifica que en la mayoría de los trabajos el tema principal es la exposición de la metodología utilizada, el procedimiento o los principios básicos del sistema de valuación que se expone. En algunos se describen los medios de los que se dispone para ponerlos en práctica o se proponen nuevas metodologías a utilizar; y en escasos trabajos se emplean herramientas de análisis espacial para evaluar el comportamiento de las variables involucradas.

A partir de los trabajos revisados se construyó el bosquejo de las variables a utilizar y de los indicadores pertinentes para la medición de éstas (principalmente de

Humarán I., 2010; Ortiz R. et al., 2015; y Collazos E. et al., 2006). Por otro lado, toda vez que el trabajo de Humarán I. (2010) persigue objetivos similares a los de esta investigación y utiliza algunos de los métodos y técnicas propuestos en este trabajo, se considera una guía adecuada en la aplicación de éstos para alcanzar los objetivos aquí planteados.

Capítulo 2. Marco teórico-conceptual

Con este capítulo se pretende aportar claridad suficiente en la definición de los conceptos que serán abordados en apartados posteriores, así como exponer las disciplinas y teorías principales en las que este trabajo está inmerso.

El trabajo se enmarca en el Paradigma Neopositivista; se fundamenta en la Ciencia de la Geografía, concretamente en la Geografía Cuantitativa, específicamente en la Geografía Automatizada y en las teorías de la Geografía Económica.

2.1. Paradigma Neopositivista y Geografía

La importancia de enmarcar esta investigación en un determinado paradigma radica en que éste es la brújula que orienta a una ciencia y le proporciona criterios de elección (Corbetta P., 2007). Provee no sólo un modelo, sino también las indicaciones necesarias para construirlo, ya que con el paradigma se adquiere de manera simultánea teorías, métodos y criterios (Corbetta P., 2007). En este caso, el paradigma neopositivista, en cuanto a la naturaleza de la realidad social y su forma (cuestión ontológica), considera que la realidad es “real” pero conocida solo de un modo imperfecto y probabilístico. En lo referente a la relación entre el estudioso y la realidad estudiada (cuestión epistemológica), es ciencia experimental en busca de leyes, con multiplicidad de teorías para el mismo hecho, que tiene como objetivo la explicación, y alude a generalidades: leyes provisionales, susceptibles de revisión. En lo relativo a cómo se puede conocer la realidad (cuestión metodológica), se basa en la observación, la separación del observador y la realidad observada, predomina el método deductivo (comprobación de hipótesis), utiliza técnicas cuantitativas y análisis por variables (Corbetta P., 2007).

En cuanto a la Geografía, desde su primera definición surgida a finales del siglo XIX desde el enfoque ecológico, se conceptualizó como la ciencia que estudia la relación entre hombre/mujer y su entorno, entre la sociedad y el medio. La segunda definición

aparece a finales de 1930 y define a la Geografía desde el punto de vista corológico, como la ciencia que estudia la diferenciación de espacios sobre la superficie terrestre. La tercera definición surge desde el punto de vista sistémico, en donde la Geografía se define como la ciencia que estudia las leyes que rigen las pautas de distribución espacial (Buzai G., 2011).

La Geografía Cuantitativa tiene como marco general la filosofía Neopositivista (Buzai G. et al., 2015). Se desarrolla a mediados del siglo XX, por la necesidad de reorganizar social y económicamente la sociedad después de la Segunda Guerra Mundial. “Observa la realidad empírica del espacio geográfico, realiza mediciones de esa realidad, analiza sus distribuciones espaciales, las generaliza a través de modelos y la formulación de leyes” (Buzai G. et al., 2015). Su enfoque es cuantitativo, analítico, antihistoricista y antiidealista; utiliza el método científico-hipotético-deductivo; su concepción es causalística, la búsqueda de la explicación y de la previsión. El significado de las proposiciones está determinado por el análisis y por la reflexión teórica desde la física, la lógica y la matemática. Su tradición temática es la diferenciación espacial; considera que el objetivo básico de las ciencias es el de solucionar los problemas de la sociedad, para lo cual ha de apoyarse en la observación y en la experiencia, las cuales deberán ordenarse científicamente para responder a las preguntas que surjan. Diferencia entre la razón científica y el mundo práctico. La región es una forma de clasificación y no un fin en sí mismo. La lógica de los modelos y las matemáticas son sus fundamentos básicos; los hechos son verificables y medibles. Considera el espacio en términos relativos, hace énfasis en la geometría espacial y busca el orden espacial. Las teorías, leyes y modelos son sus instrumentos metodológicos básicos. Utiliza la Teoría General de Sistemas al reformular la relación hombre-medio (Santarelli S. y Campos M., 2002). Toma una actitud normativa hacia la ciencia (neutral, descriptiva, no puede realizar valorizaciones) y propone las reglas del método (Capel H., 1981 citado en Santarelli S. y Campos M., 2002).

Según Buzai G. (2005), se identifican siete características principales de los estudios geográficos a partir de la cuantificación:

- 1) El abordaje geográfico es principalmente espacial
- 2) La región se construye, ya que depende de los objetivos y del marco teórico de la investigación
- 3) La metodología de construcción regional es cuantitativa
- 4) Se busca la construcción de modelos
- 5) Se destruye el excepcionalismo
- 6) Se producen capacidades interdisciplinarias
- 7) Se obtiene un mayor nivel de objetividad

2.2. Geografía Automatizada

La Geografía Automatizada es el resultado de la evolución de la Geografía Cuantitativa y es considerada el campo de aplicación e implementación de las tecnologías computacionales en la Geografía (Buzai G. et al., 2015). Surge como “ciencia aplicada” con el objetivo de encontrar soluciones a las problemáticas concretas de naturaleza socioespacial (Buzai G., 2005), y es una Geografía ligada a los avances geoinformáticos y particularmente al desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica⁴. Es un campo de aplicación eminentemente técnico que presenta ventajas respecto de métodos tradicionales.

En este sentido, la Geografía Automatizada representa un marco de investigación geográfica basado en el conjunto de software componente de la Geoinformática.

⁴ Definidos éstos como el conjunto de herramientas diseñadas para obtener, almacenar, recuperar y desplegar datos espaciales del mundo real. Sus objetivos son el almacenamiento, manejo y manipulación de grandes volúmenes de datos espacialmente referenciados; proveer los medios para llevar a cabo análisis que implican, de manera específica, el componente de posición geográfica; la organización y administración de los datos, de tal forma que la información sea fácilmente accesible a los usuarios; y la vinculación de diversas bases de datos. Sus componentes son el recurso humano; los procedimientos, normas y metodologías; los datos; el hardware; y el software (Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI, 2014).

Este impacto es muy importante a nivel interdisciplinario, y a partir de la relación que la Geografía tiene con otras ciencias en cuanto a las tecnologías digitales ha aparecido un nuevo campo de aplicación: los Sistemas de Información Geográfica que transitaron a ser Ciencia de la Información Geográfica, pretendiendo proveer de mayor sustento a la base teórica de la tecnología, privilegiando lo geográfico sobre los sistemas de información (Buzai G., 2005)⁵.

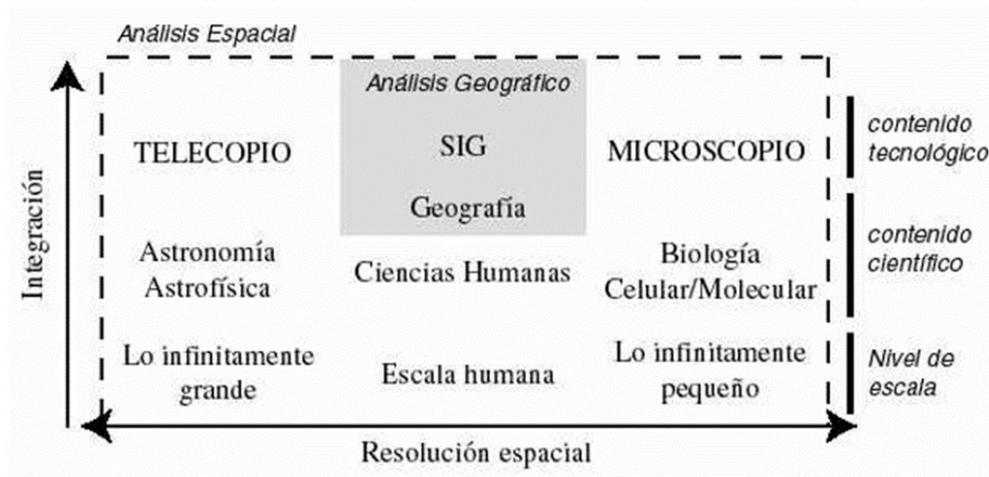
2.3. Análisis espacial y análisis geográfico

Por otra parte, el análisis espacial es definido por Cheshire y Batty (2012, citado en Buzai G. y Baxendale C., 2013) como todo proceso de consulta espacial, y por Berry (1996, citado en Buzai G. y Baxendale C., 2013) como el análisis utilizado solamente en el campo de la geometría espacial, a través de la aplicación de procedimientos cuyos resultados dependen de la localización. Desde el punto de vista temático, Buzai G. y Baxendale C. (2013) lo definen como “la aplicación de un conjunto de técnicas estadísticas y matemáticas a datos distribuidos sobre el espacio geográfico”, y desde el punto de vista tecnológico, lo consideran el componente central de los Sistemas de Información Geográfica, ya que posibilita aplicar procedimientos que permiten estudiar las relaciones espaciales de las entidades contenidas en la base de datos geográfica.

Mientras que el análisis geográfico se considera, según Buzai G. y Baxendale C. (2013), como el espacio central de relaciones dentro de la amplia gama de resoluciones espaciales e integraciones temáticas de los diferentes niveles del análisis espacial, como se muestra en la Figura 2.1.

⁵ Los componentes de la Cartografía Automatizada son la cartografía computacional, la computación gráfica, el procesamiento digital de imágenes de sensores remotos, los modelos digitales de elevación y los Sistemas de Información Geográfica. En un inicio estos componentes eran utilizados de manera independiente, pero actualmente se han integrado bajo el concepto de Geoinformática, teniendo como núcleo a los Sistemas de Información Geográfica (Buzai G., 2005).

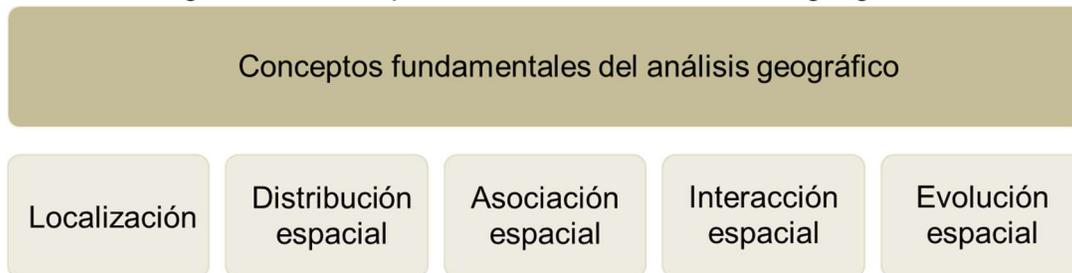
Figura 2.1. Niveles de análisis espacial



Fuente: Buzai G. y Baxendale C. (2013, página 116).

Existen cinco conceptos fundamentales del análisis geográfico:

Figura 2.2. Conceptos fundamentales del análisis geográfico



Fuente: Elaboración propia con base en Buzai G. (2010), 2018.

1) Localización

Este concepto “considera que todas las entidades (con sus atributos asociados) tienen una ubicación específica en el espacio geográfico” (Buzai G., 2010). La ubicación puede ser un sitio específico y fijo referenciado en un sistema de coordenadas geográficas que no cambia con el tiempo, si se refiere al espacio absoluto. En el caso del espacio relativo, la ubicación puede ser una posición específica y cambiante respecto de otros sitios con los cuales se pueden establecer vínculos funcionales, la cual queda referenciada a partir del uso de diferentes formas de medición (tiempos, costos, energía).

2) Distribución espacial

Se refiere a la manera en la que se reparten en el espacio geográfico un conjunto de entidades del mismo tipo, las cuales pueden ser puntos, líneas o polígonos (sistema vectorial) o con localizaciones dispersas que representan puntos y zonas con clases similares (sistema ráster) (Buzai G., 2010).

3) Asociación espacial

Se refiere al estudio de las semejanzas encontradas en la comparación de distintas distribuciones espaciales, con base en la superposición cartográfica de dichas distribuciones (Buzai G., 2010).

4) Interacción espacial

Considera “la estructuración de un espacio relacional, en el cual las localizaciones (sitios), las distancias (ideales o reales) y los vínculos (flujos) resultan fundamentales en la definición de espacios funcionales” (Buzai G., 2010). Con base en los conceptos de conexión y accesibilidad, se obtiene una descripción de la estructura espacial que corresponde a la posición y conexión entre las entidades distribuidas en el espacio geográfico.

5) Evolución espacial

Se refiere a la constante transición de un estado a otro de las configuraciones espaciales, a través del tiempo (Buzai G., 2010), partiendo de que la dimensión temporal es un elemento fundamental en el análisis geográfico.

2.4. Geografía Económica y Teoría del Valor

En lo que respecta a la Geografía Económica, se parte de que la Economía tiene como objeto material de su estudio al hombre, y el objeto formal o ángulo desde el cual lo estudia, es la forma en que produce, intercambia y consume recursos escasos para satisfacer sus necesidades. Tiene como finalidad ofrecer al hombre conocimientos que le permitan lograr un mejor aprovechamiento de los recursos: se

actuará económicamente cuando se utilicen los recursos de la forma más eficiente (Pazos L., 1984).

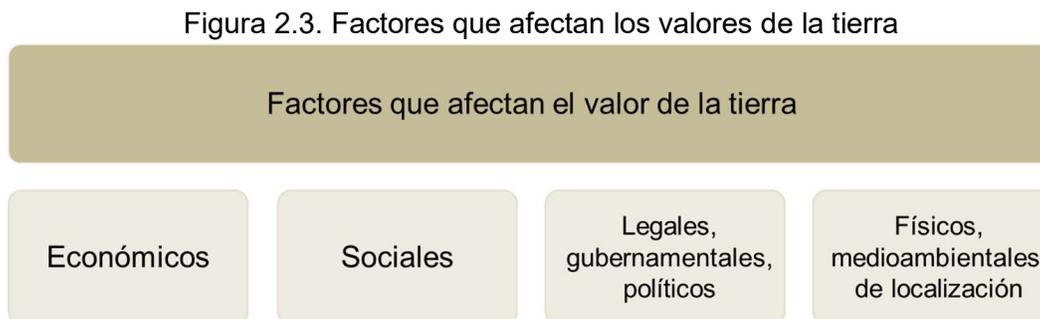
Las teorías económicas son los juicios o interpretaciones que se emiten sobre las causas o efectos de la actividad y hechos económicos (Pazos L., 1984). El principio explicativo fundamental de cualquier concepción de la realidad económica es siempre una teoría del valor (Hidalgo S., 2004). Las teorías económicas se ocupan de hechos que están expresados en función del valor, que es el medio por el cual los fenómenos económicos pueden ser comparables y medibles (Schumpeter J., citado en Hidalgo S., 2004).

La economía neoclásica cambió la utilización del concepto de valor. Las teorías económicas neoclásicas están enfocadas a la formación de los precios y del funcionamiento de los mercados. Los economistas neoclásicos argumentan que el concepto de valor pertenece al campo de la psicología y centran su atención en la teoría de la formación de los precios. Los precios, resultado del equilibrio entre la oferta y la demanda, son las expresiones monetarias de los valores de las cosas, de los bienes y servicios intercambiados en el mercado. Para los economistas neoclásicos, la ley de la oferta y la demanda, además de ser la ley de la formación de los precios, es la ley de la determinación del valor de las cosas (Hidalgo S., 2004).

Más recientemente surge la teoría subjetiva del valor, la cual parte de la base de que el individuo, en forma personal o subjetiva, toma decisiones para obtener el máximo de satisfacción, la cual es medida y apreciada (valorada) en forma individual. Plantea que las actividades que realizan los hombres, y las decisiones que toman, las hacen con objeto de satisfacer sus necesidades, las cuales se jerarquizan de acuerdo con la importancia que cada uno le concede.

En este sentido, el valor es el concepto de mayor discusión en la economía que cualquier otro término. Varía con el tiempo, con la circunstancia, con el uso y no tiene permanencia. “Está, como la belleza, en el ojo del observador” (Hidalgo S., 2004).

Para Helper (1983, citado en Hidalgo S., 2004), "El valor es una ilusión que depende totalmente de lo que la gente piensa en un momento específico". Algo tiene valor porque un vendedor está dispuesto a vender y un comprador está dispuesto a comprar. En el caso de los bienes inmuebles, su valor a menudo se describe como el precio actual de los beneficios futuros que surgen de poseer la propiedad. Para Eckert (1990), los factores que afectan los valores de la tierra pueden dividirse en cuatro categorías:



Fuente: Elaboración propia con base en Eckert (1990), 2018.

a) Factores económicos

Son factores relativos a las economías internacionales, de la región o locales. Las variables de la demanda que afectan los valores de la tierra son los niveles de empleo, niveles salariales, niveles de ingreso y el poder adquisitivo, la disponibilidad de financiamiento, las tasas de interés, y los costos de transacción; y las variables de la oferta son la cantidad disponible de tierra; los costos de desarrollo, construcción y financiamiento; y los impuestos y otros costos de tenencia.

b) Factores sociales

Estos factores están asociados a los patrones de uso de la tierra, producto de los deseos básicos de la gente de pertenecer a un territorio y vivir como parte de un grupo, que se manifiestan en los conglomerados de personas cerca de los centros urbanos y en las variaciones en el uso del suelo. El prestigio también cumple un rol importante en el uso de la tierra, en la medida en que los individuos y los grupos buscan ciertas localizaciones por razones tanto económicas como

sociales, así como la distribución por edad, la educación, las tasas de criminalidad, y el orgullo de ser propietario.

c) Factores legales, gubernamentales y políticos

Las políticas con respecto al orden legal, el gobierno y las relacionadas con el sistema político pueden incrementar o disminuir la demanda por la tierra. Las políticas favorables promocionan el uso y el desarrollo eficiente de la tierra. A nivel nacional, las políticas económicas, fiscales, y monetarias pueden promover o retardar el crecimiento económico y la demanda por la tierra. Los gobiernos nacionales, estatales y locales a menudo proveen incentivos o desincentivos específicos para el desarrollo de la tierra a través de mecanismos de gravamen impositivo, zonificación, controles del uso de la tierra, y controles de la renta. La calidad de los servicios de los gobiernos locales, como los caminos, las escuelas, el transporte público, la protección policíaca y la protección contra riesgos, también afectan la demanda.

d) Factores físicos, medioambientales y de localización

Estos factores explican ampliamente los patrones de los valores de la tierra dentro del área de una ciudad o una cierta área del mercado. Al analizar estos factores, resulta útil distinguir los conceptos del “lugar” y de la “localización”. Los atributos del lugar son el tamaño, la topografía, y otros factores físicos de un inmueble determinado. Los atributos de localización o de conexión se focalizan en la ubicación del inmueble con respecto a otros lugares: centros de negocios, cercanía a las vialidades principales, a las áreas comerciales, a las escuelas, o a zonas de riesgo. Los atributos del lugar afectan los valores del suelo dado que los dueños son capaces de usar los recursos inherentes de la tierra; los atributos de localización afectan el valor de la tierra dada su cercanía o accesibilidad a otros recursos.

2.4.1. Teoría de la localización

A partir de los planteamientos teóricos anteriores, se elaboraron los primeros estudios sobre la distribución territorial y los espacios socio-económicos, propuestos principalmente por Johann von Thünen, Alfred Weber, Augusto Losch y Walter Christaller. Sin embargo, la dimensión espacial había sido generalmente omitida en el análisis económico tradicional. Los orígenes del estudio de los efectos espaciales en la economía pueden ubicarse en Cantillon (1755), quien desarrolló la teoría de la localización y la integró en su análisis microeconómico general, enunciando los primeros principios de la teoría económica espacial, los cuales todavía hoy se consideran los pilares básicos (Matarrese, 1969). Para Cantillón, las economías de tiempo y de transporte obligan a los agentes económicos a situarse cerca de la tierra en que trabajan, explicando así la creación de ciudades. Fue el primero en reconocer la interdependencia entre el gasto y consumo con las localizaciones (Duch N., 2005).

Según Duch N. (2005), Adam Smith le dio una gran importancia a los costos de transporte. Para él, la división del trabajo estaba estrechamente ligada al nivel de población y a la extensión del mercado que, a su vez, depende de las rutas de transporte y de las dificultades para trasladar los productos de un lugar a otro. El valor (y no el precio) de los bienes varía, según Smith, en relación a las diferencias espaciales en los elementos que inciden en el costo de producción (salarios, beneficios y rentas pagados a los factores productivos). Por su parte, Ricardo redujo las diferencias espaciales de precios a diferencias en la fertilidad de los suelos y englobó los costos de transporte en el costo total, por lo que a partir de entonces, el análisis económico clásico marginaría la dimensión espacial de la teoría económica, de ahí que el distanciamiento teórico entre Ricardo y von Thünen es el origen de la separación entre la tradición clásica y la teoría de la localización (Duch N., 2005).

Von Thünen elaboró, en 1826, el primer modelo formal de la localización de la actividad económica: su teoría de círculos concéntricos. Está enfocada exclusivamente en la agricultura y proponía un patrón de ordenamiento espacial de

las actividades económicas, en este caso los cultivos, que son susceptibles de aparecer alrededor de un mercado. Este modelo considera un espacio continuo, aislado y uniforme en términos de fertilidad y redes de transporte, y al centro de éste se encuentra ubicado un centro de consumo (la ciudad). Su principal herramienta analítica es la renta económica, definida como la diferencia entre costos y beneficios. La aportación fundamental de von Thünen a la teoría de la localización fue el reconocimiento de que la distancia, y por tanto los costos de transporte, generan un ordenamiento espacial de las actividades económicas (Duch N., 2005). Sus estudios consideran las condiciones de suelo y circunstancias de tráfico iguales, haciendo caso omiso de las irregularidades geográficas, de las irregularidades espaciales y de las irregularidades de la vida económica (Matarrese, 1969).

Duch N. (2005) afirma que Laundhart (1882) trasladó el análisis de von Thünen al sector industrial enfocado directamente en el caso de la empresa individual. Demostró que el emplazamiento óptimo lo determinan los costos de transporte que, a su vez, están en función de las localizaciones de los centros de producción, de las materias primas y de los mercados de consumo. En 1909, Max Weber presentó una teoría general de la localización de las actividades económicas, en la cual, aunque los costos de transporte eran considerados como el determinante básico de la localización, eran asumidos como una función del peso de los bienes y de la distancia que tiene que cubrirse al transportarlos, sin considerarlos directamente. Supone que las empresas se localizarán en aquel lugar donde los costos de producción y de distribución puedan ser minimizados.

Después de Weber hubo algunas aportaciones menores a la teoría de la localización. Entre éstas destaca Engländer (1926), quien estableció el principio de la “condicionalidad local” que presume que, una vez escogida una localización, la empresa tiene una influencia directa en los precios. Weigmann (1926) relaciona por primera vez la teoría económica espacial con la competencia monopólica. Palander (1935) intentó elaborar una teoría de equilibrio general espacial, concentrándose en el estudio de los efectos de los precios sobre las extensiones de mercado en las que

las empresas pueden vender sus productos cuando la localización, las condiciones de competencia, los costos de los factores y las tarifas de transporte están dados, concluyendo que los beneficios están en función de la distancia máxima a la que la empresa puede extender su mercado. Hoover (1937) desarrolló un modelo que relacionaba la demanda espacial y el ingreso marginal, demostrando que existe una tendencia creciente de los precios cuando los costos unitarios de transporte crecen, introduciendo el análisis de la discriminación espacial de precios (Duch N., 2005).

Surge a la par otra vertiente de la teoría de la localización, la cual creía muy limitado el análisis exclusivo del costo mínimo como determinante fundamental de la localización. Fetter (1924) y principalmente Hotelling (1929) investigaron las relaciones entre la formación de precios, las áreas de mercado y la localización. Concluyen que el equilibrio locacional implica necesariamente la concentración de los vendedores en un solo punto (Duch N., 2005). En 1935, Christaller reafirma esta corriente en su Teoría de Lugar Central, en la cual intenta explicar el número, la distribución espacial y el tamaño de los asentamientos, a partir de la ubicación de las actividades terciarias (Garrocho C., Chávez T., Álvarez J., 2002). La función de estos asentamientos es proveer bienes y servicios a sus regiones colindantes, y una ciudad es más central mientras más bienes y servicios ofrezca a la región que la rodea. Esquematiza los mercados mediante hexágonos a partir de dos conceptos: el valor de umbral, definido como el nivel de demanda mínimo que permite cubrir los costos de producción y obtener un beneficio razonable (Duch N., 2005); y el rango o alcance, que es la distancia mínima (o costo de transporte máximo) que los consumidores están dispuestos a asumir para adquirir un bien o recibir un servicio (Garrocho C., Chávez T., Álvarez J., 2002). Más tarde, Losch (1940) consolida el análisis espacial describiendo las relaciones generales mediante un conjunto de ecuaciones que referían un sistema de equilibrio general para todas las localizaciones, y define las condiciones fundamentales para alcanzar el equilibrio.

Este trabajo parte del hecho de que la valoración de un bien inmobiliario corresponde con la cuantificación del aprovechamiento que puede producir el bien dentro de un escenario determinado (Villanova, 2009, citado en Ramírez G., 2012).

El valor de un inmueble se deriva de la posibilidad de su uso y está en función de su utilidad, lo cual está relacionado con el concepto de bienestar de los individuos más que a un contenido de carácter económico. En este sentido, los valores de los bienes inmobiliarios “presentan un fuerte contenido de opinión” (Ramírez G., 2012); esto es, la opinión de los consumidores sobre la utilidad de estos bienes, traducida por medio de su disposición y capacidad de pagar por ello (Roca, 1988, citado en Ramírez G., 2012). El comportamiento del mercado inmobiliario cambia dependiendo de cada localización, existiendo diferentes valores de suelo en las distintas áreas del territorio. La valoración de los bienes inmuebles es un complejo proceso que requiere el análisis de múltiples aspectos, tanto para determinar los valores como para explicar su formación. De ahí que la modelización del espacio sea la única manera de conocer realmente el comportamiento del mercado inmobiliario.

El territorio se configura a partir de múltiples factores. La teoría de la renta del suelo se basa en que, en el caso de los bienes inmuebles, éstos influyen en la estructuración del espacio mediante la renta del suelo⁶. Los trabajos de Richard Hurd (1924) se consideran los pioneros de este enfoque, los cuales pretenden explicar la variación del precio de los predios urbanos y su relación con el tipo de uso al que se destinan. A partir de los trabajos de Von Thunen, Hurd argumenta que el valor del suelo urbano es producto de la renta o ingreso que genera, concluyendo que, en las ciudades, la renta del suelo es determinada por la superioridad de la localización. En este sentido, el mecanismo que define el precio del suelo “funciona como una enorme subasta: todos los agentes económicos de la ciudad compiten por obtener

⁶ Según Adam Smith (1776), la renta se corresponde con el precio pagado por el uso de la tierra o lo que el arrendatario esté dispuesto a dar por el acceso al suelo. Identificó el valor del suelo como la suma de diferentes componentes: salario, capital, beneficios y renta del suelo (Ramírez G., 2012).

el suelo que ofrece mayores ventajas locacionales, y la propiedad de los predios se asigna al mejor postor” (Garrocho C., Chávez T., Álvarez J., 2002).

Considerando lo anterior, quien tenga mayor capacidad para beneficiarse de ciertas localizaciones pagará el precio más alto de suelo y se lo apropiará. El resultado será “un patrón de uso del suelo espacialmente organizado para maximizar la eficiencia económica de las ciudades urbanas. En otras palabras, la estructura urbana es el producto de la permanente evaluación que hacen los agentes económicos de las ventajas de cada sitio en la ciudad” (Garrocho C., Chávez T., Álvarez J., 2002). De sus estudios, Hurd concluyó que la renta del suelo, en las ciudades, se basa solamente en la superioridad de la localización.

Como se abordó anteriormente, en la teoría de la localización el modelo de Von Thunen estudia las diferencias de renta con respecto al mercado, analizando la distribución de los usos agrícolas del suelo, y cuestionando por qué terrenos con las mismas características tenían diferentes usos, concluyendo que los individuos tratan de resolver sus necesidades de bienes y servicios en el entorno inmediato, reduciendo al mínimo sus desplazamientos. “La idea central es que la renta varía con la distancia con respecto al mercado, en un espacio isótropo y aislado, lo que permite establecer una relación inversa entre los valores del suelo y la accesibilidad o costes de transporte hasta el lugar de trabajo” (Ramírez G., 2012). Así, la variabilidad del mercado se explica mediante el enfoque de rentas de accesibilidad, el cual se basa en la relación entre valores urbanos y costos de transporte como el elemento central en la formación del precio del suelo.

2.4.2. Teoría de las externalidades urbanísticas

Los estudios realizados en los años sesenta (Wingo, 1961; Alonso, 1964) hicieron notoria la insuficiencia de la teoría de la accesibilidad en la explicación real del mercado de suelo, y cuestionaron si ésta podía interpretarse como el único o principal factor determinante de la formación y distribución de los valores de suelo

urbano⁷. Así, surge el planteamiento desde diversas disciplinas que es la “deseabilidad” el factor que explica la formación de los precios del suelo, en función de la calidad ambiental, la densidad urbana, servicios públicos y contaminación atmosférica, multicentricidad y calidad espacial, entre otros (Yamada, 1972; Polinsky, 1975; Richardson, 1977; Papageorgio, 1976). “El espacio físico se caracterizaría por una serie de atributos que lo harían más o menos deseable para los localizadores urbanos” (Roca J., 1983). Estos factores son externos a la propiedad e independientes de los factores propios del suelo (localización con respecto a la infraestructura urbana, topografía, microclima, altitud, subsuelo, perspectiva estética, entre otros). A partir de estos estudios, surge un nuevo concepto de renta, la de la “externalidad”; y se agrega a la función de utilidad a maximizar por los usuarios urbanos del modelo estándar, aparte de la distancia al centro urbano (accesibilidad), las externalidades que les ofrece el espacio urbano (Roca J., 1983).

2.4.3. Teoría de la jerarquización social

Los trabajos teóricos resultantes de los dos enfoques anteriores consideran exclusivamente los factores de accesibilidad y externalidad urbanística en la formación de los precios del suelo, sin considerar aspectos meramente sociales, de jerarquías sociales del mercado de suelo. Para las teorías de jerarquización social, el espacio está segregado socialmente con los sectores de menores ingresos viviendo en la periferia y los de menos ingresos viviendo en el centro de las ciudades. Sin embargo, según Roca J. (1983), esta segregación es el resultado de la libre competencia y del equilibrio locacional del mercado de suelo urbano, en el cual es importante considerar las interrelaciones entre los diferentes grupos sociales (relaciones de repulsión, de atracción o indiferencia, prejuicios, discriminación, etcétera) y la forma en que éstas inciden en los valores del suelo. No obstante que

⁷ Los fenómenos urbanos que surgieron en esa época, por ejemplo el “salto al suburbio” por parte de los sectores sociales con mayor poder adquisitivo, será un objeto teórico obligatorio de considerarse por parte de los estudiosos del urbanismo.

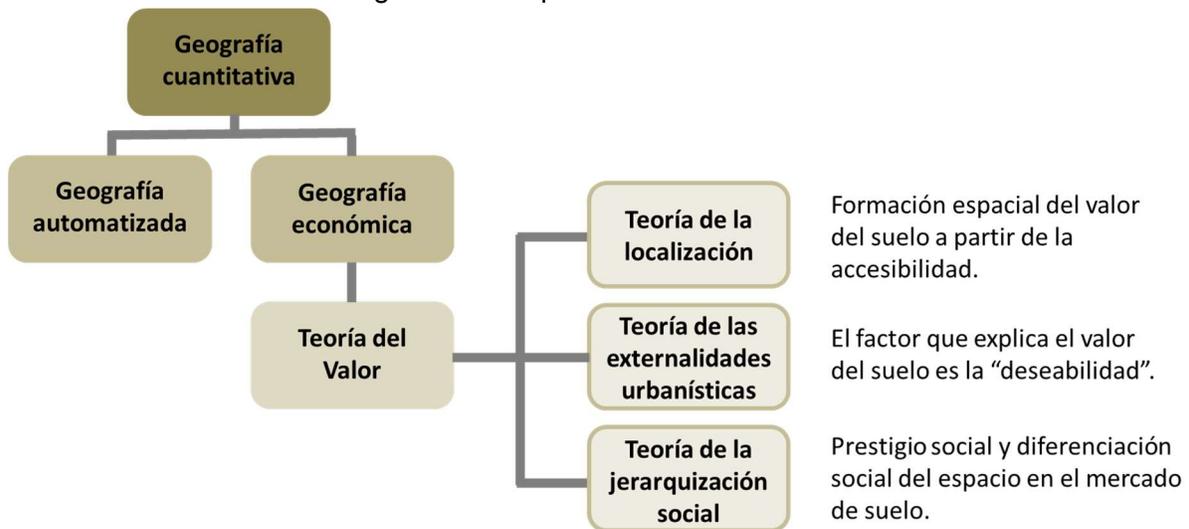
algunos trabajos han considerado las categorías socio-espacial del espacio o el nivel de ingresos de la población, éstas se han utilizado como indicadores de la calidad del entorno urbano relacionado con las externalidades urbanísticas, sin ser considerados como una expresión directa de la incidencia de la diferenciación social en el mercado de suelo, al margen de dichas externalidades.

Para Roca J. (1983), el mercado urbano tiende a diferenciarse no únicamente debido a factores objetivo-urbanísticos, sino también por la jerarquización social: “el prestigio que representa vivir en áreas de elevado standing, la atracción que siente la residencia elevada respecto al terciario superior, la repulsión de los ricos a vivir interrelacionados con los trabajadores, el eventual impulso que pueden sentir determinados grupos sociales (étnicos, religiosos, inmigrados, etc.) a vivir cerrados en sí mismos, etc., son todos ellos factores que determinan la jerarquización social del espacio urbano”. En este sentido, es necesario considerar las “rentas sociales” aunadas a las de accesibilidad y de externalidad urbanística, como factores determinantes del valor del suelo urbano⁸.

A continuación se muestra el esquema del marco teórico presentado:

⁸ Algunos estudiosos que han tomado en cuenta el concepto de rentas sociales en sus trabajos son Kirwan, Ball (1977) y Little (1974) que resaltan la preferencia de grupos socialmente homogéneos a asentarse en barrios también homogéneos; Papageorgiou (1976) considera en su análisis el prestigio social del barrio como elemento decisivo en el valor del suelo; y Granelle (1975) ha estudiado la diferenciación social del espacio en el mercado de suelo (Roca J., 1983).

Figura 2.4. Esquema del marco teórico



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Síntesis del capítulo

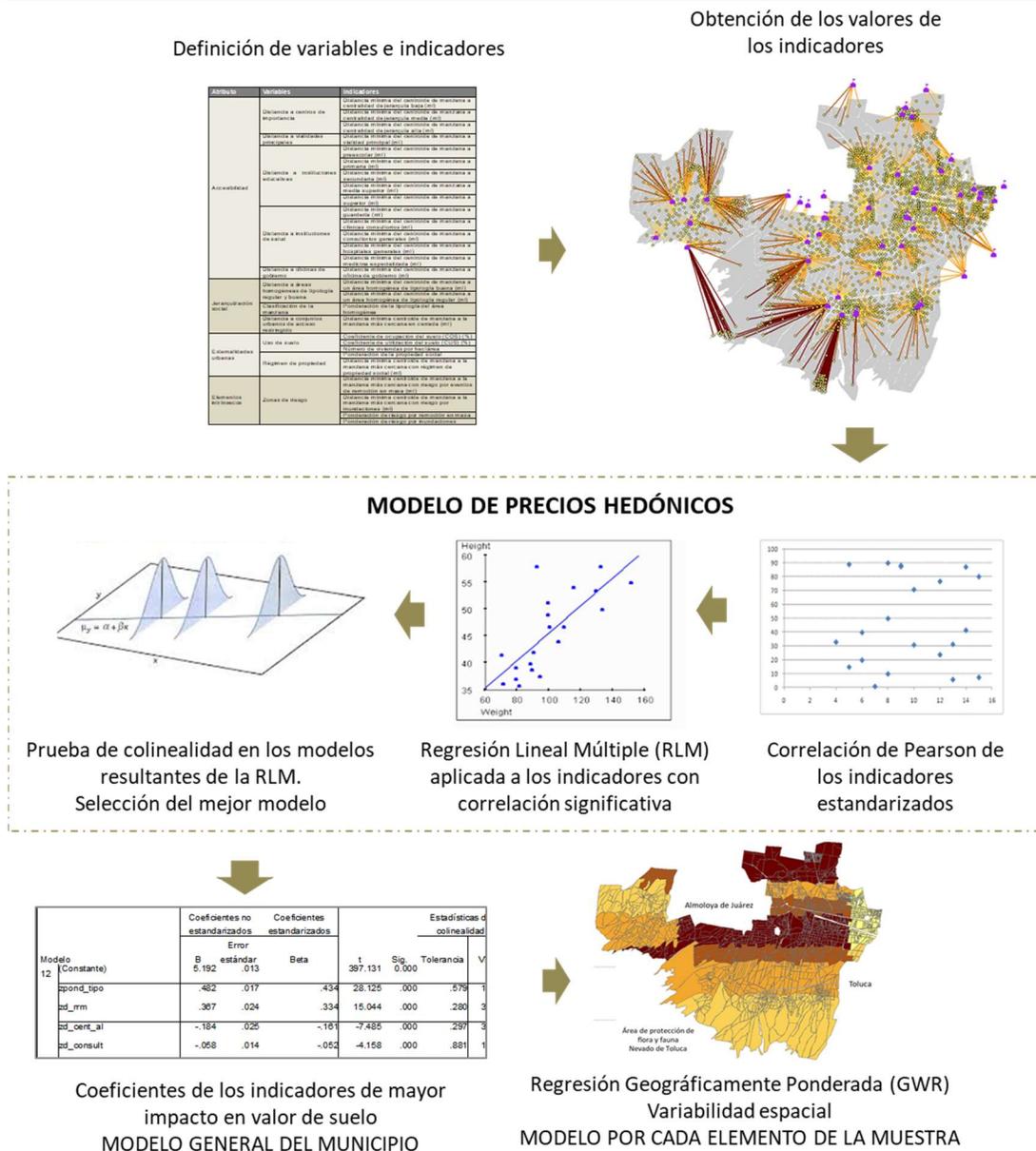
Partiendo del marco teórico expuesto, se considera que la formación del valor de suelo no está determinada solamente por la accesibilidad a centros de importancia o unidades de comercios y servicios. Nuevas teorías en la valuación de inmuebles han visibilizado la presencia de factores ajenos a la localización (por ejemplo la contaminación ambiental o los niveles elevados de ruido) que también impactan de manera importante en el valor del suelo; además, estudios recientes resaltan la importancia del prestigio social y de la diferenciación social en el valor de suelo; adicionalmente, existen factores que son intrínsecos a la ubicación y que están relacionados con las características del medio geográfico, los cuales también influyen en el valor de la tierra, por ejemplo los riesgos de origen natural. En este sentido, este trabajo considera los atributos de accesibilidad, de externalidades urbanísticas, de jerarquización social y de elementos intrínsecos del entorno como determinantes de la formación del valor catastral del suelo.

Capítulo 3. Marco metodológico

En este apartado se exponen los métodos y técnicas que fueron aplicados a los datos de entrada y a los valores generados, orientados a alcanzar los objetivos planteados.

La siguiente figura muestra el esquema que orientó la metodología seguida:

Figura 3.1. Esquema metodológico



Fuente: Elaboración con imágenes propias y de <https://docplayer.es/23879477-Estadistica-tema-4-regresion-lineal-simple.html>, 2018.

A fin de atender el esquema anterior, el marco metodológico incluye: la delimitación de la unidad de análisis; la selección del caso de estudio; la definición de las variables y de los indicadores respectivos; las fuentes de información que se consideraron; la integración cartográfica de los datos; y finalmente el desarrollo de los procesos que comprende el análisis del comportamiento de los datos que se integraron cartográficamente y a partir de éstos, la generación de los valores de los indicadores, la aplicación del modelo de Precios Hedónicos (PH) a los indicadores definidos a fin de obtener un modelo general de la contribución de éstos en el valor catastral del suelo y por último, la utilización del método de Regresión Geográficamente Ponderada (GWR) con el propósito de obtener un modelo local para cada elemento de la muestra.

3.1. Delimitación de la unidad de análisis

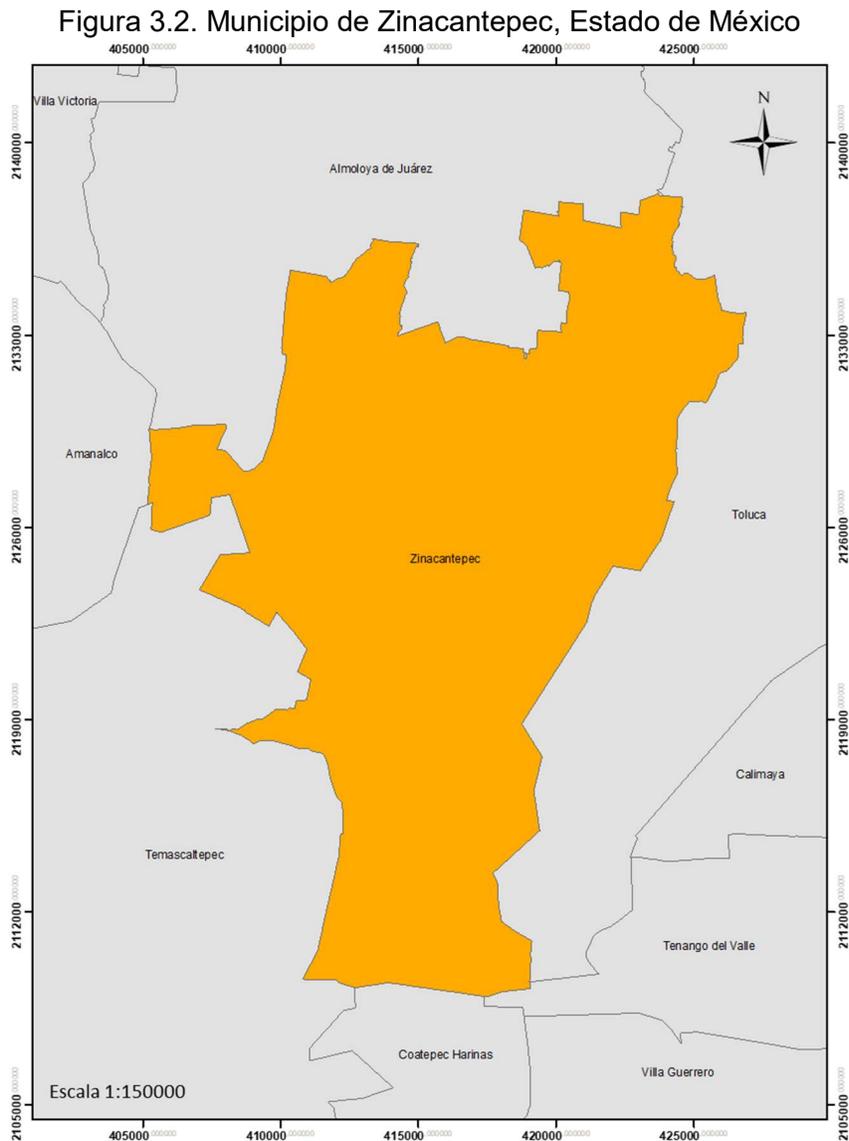
En esta investigación la unidad de análisis es la manzana catastral, ya que la normatividad en materia catastral del Estado de México establece que “El sistema de valuación catastral de inmuebles tiene como base las características predominantes en la circunscripción territorial denominada área homogénea...” (artículo 185 del Código Financiero del Estado de México y Municipios, 2017); y el área homogénea se define como la delimitación constituida por un conjunto de manzanas que tienen como características (atributos) predominantes las siguientes⁹:

- El régimen jurídico de la propiedad
- El uso del suelo
- La existencia, calidad y disponibilidad de los servicios públicos, la infraestructura y el equipamiento urbano
- El nivel socioeconómico de la población
- El tipo y la calidad de las construcciones
- Los valores comerciales del suelo

⁹ Artículo 187 del Código Financiero del Estado de México y Municipios.

3.2. Selección del caso de estudio

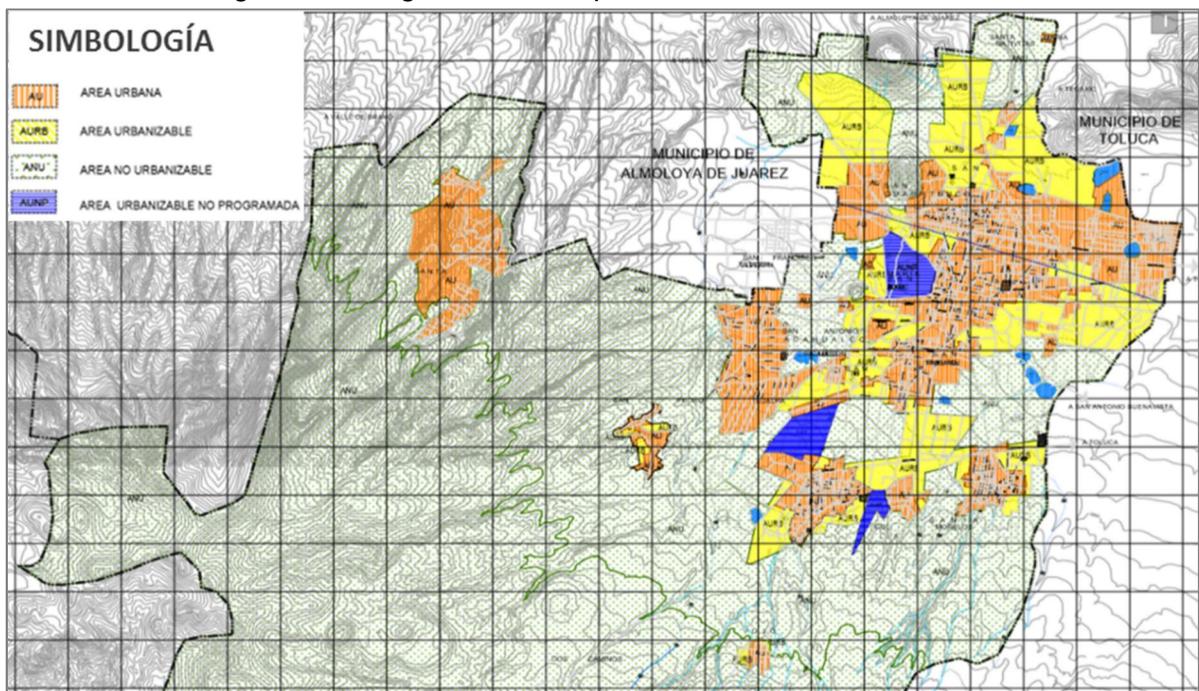
La selección del área urbana del municipio de Zinacantepec, Estado de México, como caso de estudio obedece principalmente a que, al estar conurbado con el municipio de Toluca y contar con importantes vialidades que los comunica, ha devenido en un importante proveedor de suelo urbano para el crecimiento habitacional de la capital de la entidad.



Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2018.

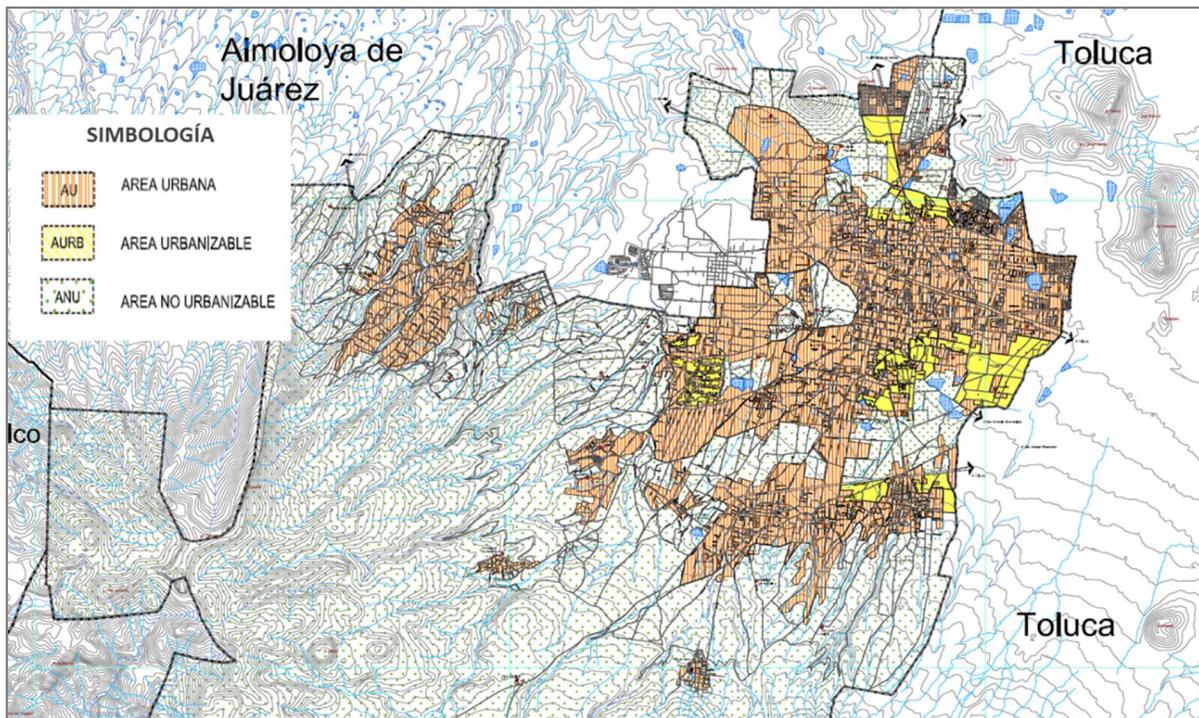
El área urbana de Zinacantepec ha crecido significativamente en los últimos años: la figura 3.3 muestra el fragmento norte del mapa *E1. Clasificación del suelo* del Plan Municipal de Desarrollo Urbano de 2003, que corresponde al área urbana del municipio, mientras que la figura 3.4 muestra el mismo fragmento del mapa *E1. Clasificación del suelo* del Plan Municipal de Desarrollo Urbano de 2013. En las dos figuras, el color naranja señala el área urbana municipal, y resalta la magnitud de su crecimiento en diez años.

Figura 3.3. Fragmento del mapa E1. Clasificación del suelo.



Fuente: Plan Municipal de Desarrollo Urbano del municipio de Zinacantepec, Estado de México 2003.

Figura 3.4. Fragmento del mapa E1. Clasificación del suelo.



Fuente: Plan Municipal de Desarrollo Urbano del municipio de Zinacantepec, Estado de México 2013.

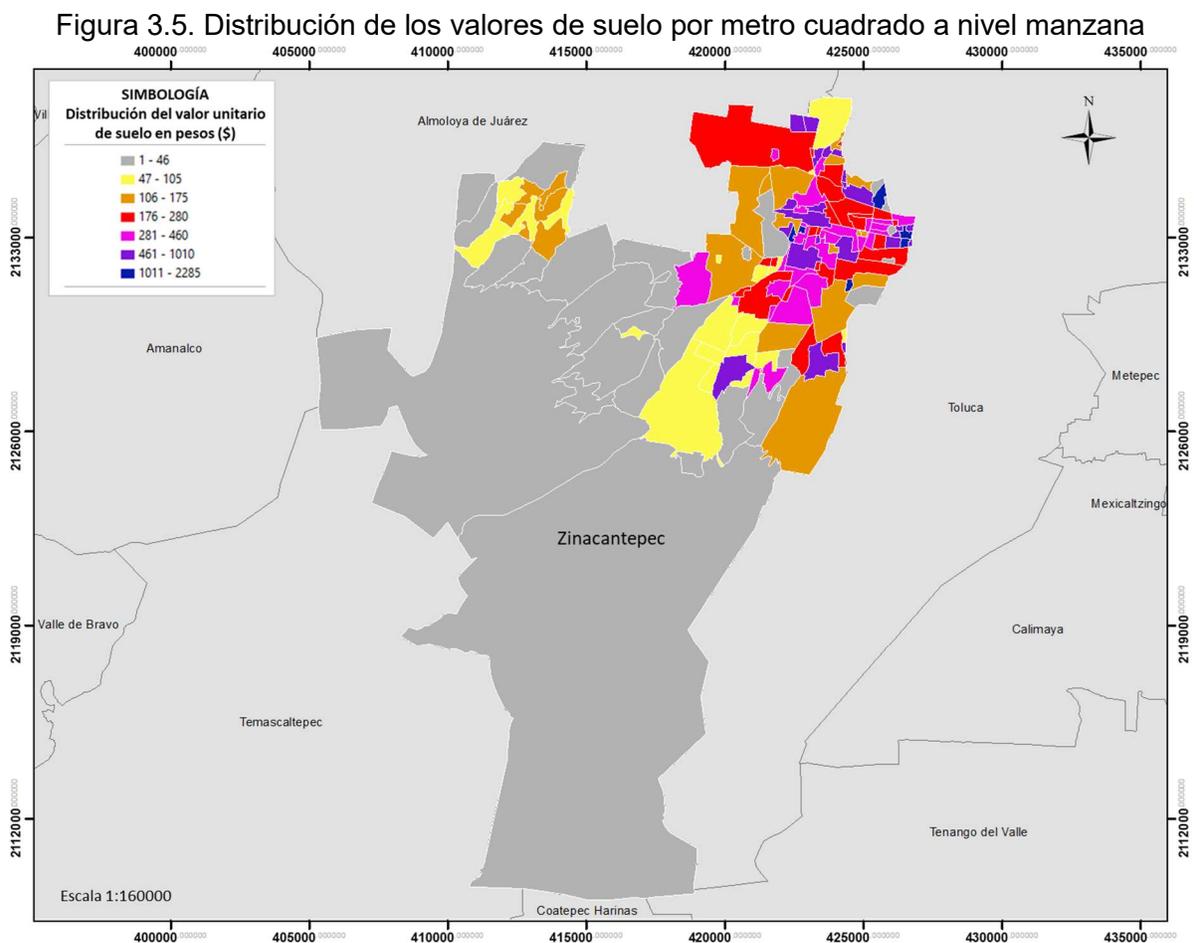
El mercado inmobiliario de Zinacantepec ha aumentado considerablemente su dinamismo en los últimos años, y aunado a la carencia de estudios sobre la transformación en los valores de su suelo urbano, lo convierte en el municipio idóneo para ser tomado como caso de estudio en este trabajo.

3.3. Definición de las variables

Con base en la bibliografía revisada se puede afirmar que el valor catastral de suelo se fija en función de uno o más de los atributos de localización, entorno, características urbanas y nivel socioeconómico (Roca J., 1983; Hidalgo S., 2004; Collazos et al., 2006; Humarán I., 2010; Santana L. y Nuñez L., 2011; Ortiz et al., 2015), de ahí que la variable dependiente en este trabajo sea el valor catastral de suelo por metro cuadrado de cada manzana según el área homogénea a la que

corresponde, determinado por el catastro municipal de acuerdo con lo establecido en la normatividad en materia de valuación catastral del Estado de México.

El municipio de Zinacantepec está dividido en 144 áreas homogéneas las cuales comprenden 2 mil 047 manzanas. De esta forma, cada manzana tiene el valor unitario de suelo (variable dependiente) que le corresponde al área homogénea a la que pertenece. La distribución territorial de los valores catastrales de suelo a nivel de manzana es la siguiente:



Fuente: Proceso propio con datos obtenidos de la Gaceta de Gobierno del Estado de México número 101 de fecha 23 de noviembre de 2015.

En cuanto a las variables independientes, para hacer operacionales los atributos de localización, entorno, características urbanas y nivel socioeconómico, es necesario

traducirlos a variables que puedan ser analizadas espacialmente. Para tal efecto, se consideran cuatro grupos de atributos: de accesibilidad (localización), de externalidades urbanísticas (entorno), de elementos intrínsecos (características propias de la manzana) y de jerarquización social.

Figura 3.6. Atributos de accesibilidad, de jerarquización social, de externalidades urbanas y de elementos intrínsecos



Fuente: Elaboración propia con base en Roca J., 1983; Humarán I., 2010; y Lever G., 1993.

Santana L. y Núñez L. (2011) consideran como determinantes en el precio del suelo urbano en Bogotá, las distancias más cercanas de los predios analizados en su estudio a los siguientes elementos: cárcel, centro comercial, clínica, club, colegio, zona comercial, estación de metro, humedal, iglesias, zonas delictivas, motel, museo, parque y aeropuerto. Por otra parte, Ortiz et al. (2015) señalan como variables explicativas del precio del suelo en el municipio de Resistencia, Argentina, entre otras, a la distancia al centroide comercial, distancia a las avenidas principales, distancia a las paradas de transporte público, distancia a espacios verdes y distancia a calles comerciales. Partiendo de lo anterior y tomando en cuenta la normatividad estatal en materia de valuación catastral y las particularidades del municipio de estudio, se definieron once variables independientes y 28 indicadores a fin de medirlas.

Cuadro 3.1. Variables independientes

Atributo	Variables	Indicadores
Accesibilidad	Distancia a centros de importancia	Distancia mínima del centroide de manzana a centralidad de jerarquía baja (ml)
		Distancia mínima del centroide de manzana a centralidad de jerarquía media (ml)

Atributo	VARIABLES	Indicadores	
		Distancia mínima del centroide de manzana a centralidad de jerarquía alta (ml)	
	Distancia a vialidades principales	Distancia mínima del centroide de manzana a vialidad principal (ml)	
	Distancia a instituciones educativas		Distancia mínima del centroide de manzana a preescolar (ml)
			Distancia mínima del centroide de manzana a primaria (ml)
			Distancia mínima del centroide de manzana a secundaria (ml)
			Distancia mínima del centroide de manzana a media superior (ml)
			Distancia mínima del centroide de manzana a superior (ml)
	Distancia a instituciones de salud		Distancia mínima del centroide de manzana a guardería (ml)
			Distancia mínima del centroide de manzana a clínicas consultorios (ml)
			Distancia mínima del centroide de manzana a consultorios públicos (ml)
			Distancia mínima del centroide de manzana a hospitales generales (ml)
			Distancia mínima del centroide de manzana a medicina especializada (ml)
	Distancia a oficinas de gobierno	Distancia mínima del centroide de manzana a oficina de gobierno (ml)	
	Jerarquización social	Distancia a áreas homogéneas de tipología regular y buena	Distancia mínima del centroide de manzana a un área homogénea de tipología buena (ml)
Distancia mínima del centroide de manzana a un área homogénea de tipología regular (ml)			
Clasificación de la manzana		Ponderación de la tipología del área homogénea	
Distancia a conjuntos urbanos de acceso restringido		Distancia mínima centroide de manzana a la manzana más cercana en cerrada (ml)	
Externalidades urbanas	Uso de suelo	Coefficiente de ocupación del suelo (COS) (%)	
		Coefficiente de utilización del suelo (CUS) (%)	
		Número de viviendas por hectárea	
	Régimen de propiedad	Ponderación de la propiedad social	
Elementos intrínsecos	Zonas de riesgo	Distancia mínima centroide de manzana a la manzana más cercana con riesgo por eventos de remoción en masa (ml)	
		Distancia mínima centroide de manzana a la manzana más cercana con riesgo por inundaciones (ml)	
		Ponderación de riesgo por remoción en masa	
		Ponderación de riesgo por inundaciones	

Fuente: Elaboración propia, 2017.

En lo que respecta a la magnitud, para efectos de este trabajo los 28 indicadores tienen el mismo peso. En cuanto a la dirección del impacto en el valor catastral de suelo, algunos de los indicadores tiene una dirección positiva y otros actúan de manera negativa sobre el valor de suelo. El cuadro siguiente muestra la dirección de cada uno:

Cuadro 3.2. Dirección de los indicadores con relación al valor de suelo

Indicadores	Dirección del indicador	Comportamiento del indicador con relación al valor de suelo
Distancia mínima del centroide de manzana a centralidad de jerarquía baja (ml)	Negativa	A menor valor del indicador, mayor es el valor de suelo
Distancia mínima del centroide de manzana a centralidad de jerarquía media (ml)	Negativa	A menor valor del indicador, mayor es el valor de suelo
Distancia mínima del centroide de manzana a centralidad de jerarquía alta (ml)	Negativa	A menor valor del indicador, mayor es el valor de suelo
Distancia mínima del centroide de manzana a vialidad principal (ml)	Negativa	A menor valor del indicador, mayor es el valor de suelo
Distancia mínima del centroide de manzana a preescolar (ml)	Negativa	A menor valor del indicador, mayor es el valor de suelo
Distancia mínima del centroide de manzana a primaria (ml)	Negativa	A menor valor del indicador, mayor es el valor de suelo
Distancia mínima del centroide de manzana a secundaria (ml)	Negativa	A menor valor del indicador, mayor es el valor de suelo
Distancia mínima del centroide de manzana a media superior (ml)	Negativa	A menor valor del indicador, mayor es el valor de suelo
Distancia mínima del centroide de manzana a superior (ml)	Negativa	A menor valor del indicador, mayor es el valor de suelo
Distancia mínima del centroide de manzana a guardería (ml)	Negativa	A menor valor del indicador, mayor es el valor de suelo
Distancia mínima del centroide de manzana a clínicas consultorios (ml)	Negativa	A menor valor del indicador, mayor es el valor de suelo
Distancia mínima del centroide de manzana a consultorios públicos (ml)	Negativa	A menor valor del indicador, mayor es el valor de suelo
Distancia mínima del centroide de manzana a hospitales generales (ml)	Negativa	A menor valor del indicador, mayor es el valor de suelo
Distancia mínima del centroide de manzana a medicina especializada (ml)	Negativa	A menor valor del indicador, mayor es el valor de suelo
Distancia mínima del centroide de manzana a oficina de gobierno (ml)	Negativa	A menor valor del indicador, mayor es el valor de suelo
Distancia mínima del centroide de manzana a un área homogénea de tipología buena (ml)	Negativa	A menor valor del indicador, mayor es el valor de suelo
Distancia mínima del centroide de manzana a un área homogénea de tipología regular (ml)	Negativa	A menor valor del indicador, mayor es el valor de suelo
Ponderación de la tipología del área homogénea	Positiva	A mayor valor del indicador, mayor es el valor de suelo
Distancia mínima centroide de manzana a la manzana más cercana en cerrada (ml)	Negativa	A menor valor del indicador, mayor es el valor de suelo

Indicadores	Dirección del indicador	Comportamiento del indicador con relación al valor de suelo
Coeficiente de ocupación del suelo (COS) (%)	Positiva	A mayor valor del indicador, mayor es el valor de suelo
Coeficiente de utilización del suelo (CUS) (%)	Positiva	A mayor valor del indicador, mayor es el valor de suelo
Número de viviendas por hectárea	Positiva	A mayor valor del indicador, mayor es el valor de suelo
Ponderación de la propiedad social	Positiva	A mayor valor del indicador, mayor es el valor de suelo
Distancia mínima centroide de manzana a la manzana más cercana con régimen de propiedad social (ml)	Positiva	A mayor valor del indicador, mayor es el valor de suelo
Distancia mínima centroide de manzana a la manzana más cercana con riesgo por eventos de remoción en masa (ml)	Positiva	A mayor valor del indicador, mayor es el valor de suelo
Distancia mínima centroide de manzana a la manzana más cercana con riesgo por inundaciones (ml)	Positiva	A mayor valor del indicador, mayor es el valor de suelo
Ponderación de riesgo por remoción en masa	Positiva	A mayor valor del indicador, mayor es el valor de suelo
Ponderación de riesgo por inundaciones	Positiva	A mayor valor del indicador, mayor es el valor de suelo

Fuente: Elaboración propia, 2018.

3.4. Fuentes de información

A partir de la definición de las variables independientes se consideró que las siguientes fuentes de información son las más adecuadas:

Cuadro 3.3. Fuentes de información

Producto	Tipo	Desagregación territorial	Formato	Fuente	Fecha
Límite municipal Áreas homogéneas Manzanas Vialidades	Cartográfico	Nivel municipal	Dwg, dgn	Restitución a partir de información catastral	2016
Infraestructura urbana Vialidades Servicios	Cartográfico	Nivel municipal	Shp	INEGI	2015
Equipamiento urbano	Cartográfico	Nivel municipal	Shp	IGECEM	2016
DENUE	Cartográfico	Nivel municipal	Shp	INEGI	2014

Fuente: Elaboración propia, 2018.

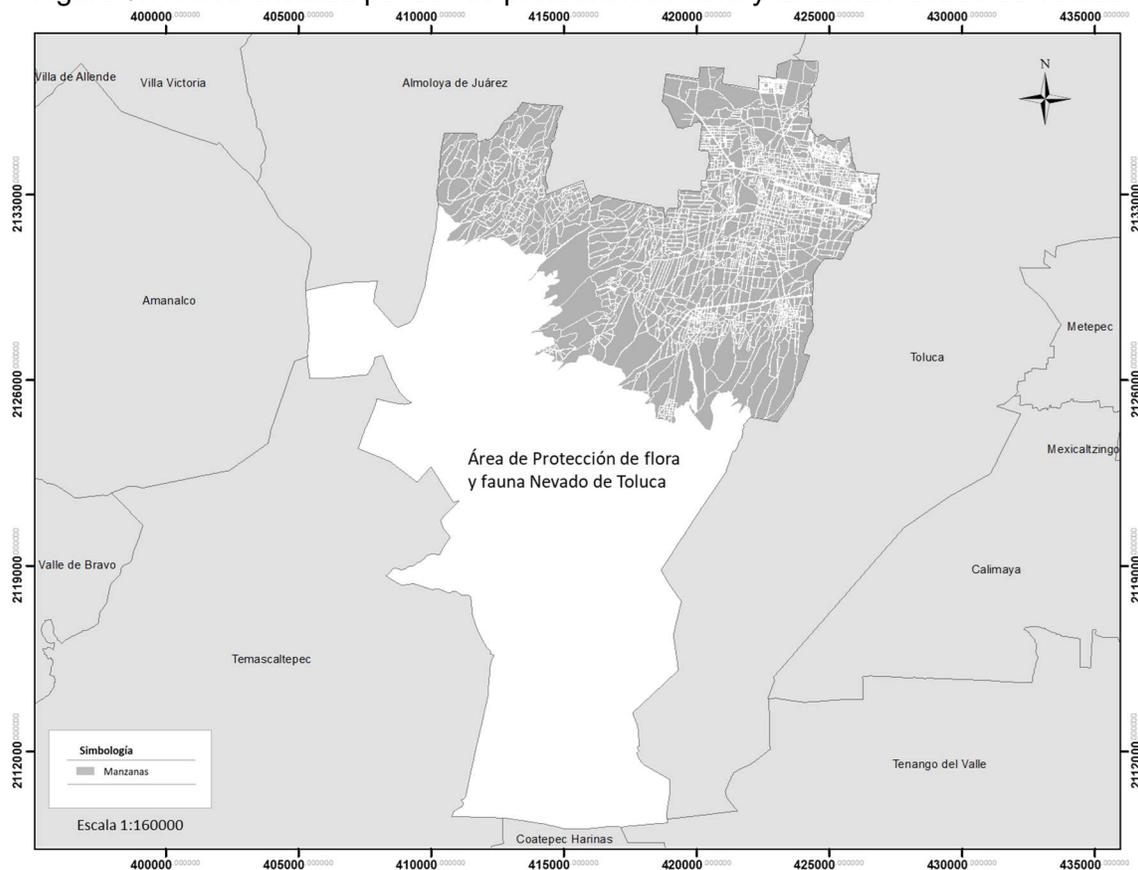
3.5. Integración cartográfica de los datos

Tanto la información obtenida de las fuentes de información como la de elaboración propia fueron integradas en el software ArcGis versión 10.3 en formato vectorial, en una capa para cada tipo de dato.

3.6. Procesos

Este trabajo considera como el universo a todo el territorio municipal. Excluye al Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca establecida por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), la cual se muestra en color blanco en la figura 3.7. La zona de estudio resultante se muestra en la figura 3.8.

Figura 3.7. Área excluida por ser de protección de flora y la fauna Nevado de Toluca



Fuente: Elaboración propia con datos de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2016.

Figura 3.8. Zona de estudio municipio de Zinacantepec, Estado de México



Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) 2017.

La integración cartográfica de la información relativa al límite municipal, áreas homogéneas, manzanas, vialidades, equipamiento urbano, servicios públicos, unidades económicas, usos de suelo y zonas de riesgos está contenida en el Anexo A.

3.6.1. Proceso para la generación de los valores de los indicadores

A partir de la integración cartográfica de los datos y aplicando funcionalidades y herramientas geoespaciales, se calcularon los valores de los indicadores correspondientes a las variables independientes (valores derivados).

En el caso de las variables relativas a las distancias, se calculó la menor distancia euclidiana en metros lineales del centroide de cada manzana a cada elemento de interés (indicadores), mediante el software QGis versión 2.18.6. En lo que respecta al uso de suelo se consideró lo establecido en el Plan Municipal de Desarrollo Urbano vigente del municipio de Zinacantepec. La identificación de las centralidades y su jerarquización se llevó a cabo mediante la aplicación del método de doble umbral¹⁰, el cual utiliza dos umbrales de referencia: la magnitud del empleo y la densidad del empleo, considerando como subcentros (centralidades) las concentraciones de empleo que estén por encima de estos dos umbrales; del resultado de esta información se calcularon las distancias del centroide de cada manzana al centroide de centros de importancia.

En lo concerniente a la clasificación de la manzana, la ponderación fue asignada con base en la descripción de cada uno de los 13 tipos de áreas homogéneas que existen en la zona de estudio, la cual está establecida en el artículo 47 del Reglamento del Título Quinto del Código Financiero del Estado de México. En lo que referente al régimen de propiedad, la propiedad social se demeritó con respecto a la propiedad privada. En lo concerniente a las zonas de riesgos, se aplicaron deméritos con base en el nivel de riesgo.

3.6.2. El modelo de Precios Hedónicos

Por sus especificidades (entorno, externalidades, localización, etcétera), el mercado del suelo se ha abordado desde diversos enfoques. Entre ellos se encuentra el método de precios hedónicos, el cual está relacionado con las preferencias reveladas y tiene un carácter retrospectivo ya que analiza hechos consumados (Humarán, 2010); se basa en la idea de que el conjunto de características que componen un bien inmueble tienen un reflejo en su precio de mercado. Considera al suelo y a los inmuebles urbanos como un bien compuesto descrito por un conjunto de

¹⁰ Propuesto por Guiliano y Small (1990) con mejoras incorporadas por Garrocho y Campos (2007) con el fin de que sea aplicable a ciudades mexicanas (Garrocho y Campos, 2007).

características físicas, de localización y entorno principalmente, cada una de las cuales contribuye en mayor o menor medida al valor del suelo o del bien. En este sentido, el modelo asume que el precio de un bien puede ser descompuesto en función de sus diferentes atributos y, por tanto, se puede asignar un precio implícito a cada uno de dichos atributos (Humarán I., 2010). Esta contribución estará en función de la naturaleza de los atributos del suelo urbano, y mediante la aplicación de un modelo econométrico, es posible estimar el valor implícito de cada atributo y su impacto en el valor total.

En el presente trabajo, las variables a analizar a nivel de manzana para determinar el grado de influencia de los atributos del suelo urbano en su valor catastral, corresponden a los cuatro vectores de características (atributos) que fueron establecidos en el objetivo general.

El modelo de precios hedónicos tiene varias limitaciones teóricas, por ejemplo que asume que al adquirir un inmueble se identifican plenamente las ventajas que su ubicación proporcionará, cuando en la realidad no es posible anticipar los beneficios que los atributos locacionales brindarán; considera que en caso de que no se cumplieran las expectativas puede vender inmediatamente el bien inmueble y buscar otro, lo cual no ocurre en la realidad debido a los costos de una nueva transacción inmobiliaria; y asume que al adquirir un inmueble se tienen disponibles en el mercado todos los atributos buscados (Humarán, 2010). Sin embargo, a pesar de estas limitaciones, ha sido el método más utilizado en la estimación de los valores de los atributos de bienes inmuebles.

Sobre la base de lo antes planteado, el valor del suelo tendría que ser la integración del valor de cada elemento según se especifica en la siguiente función, donde la variable P es el valor del suelo y las covariables k_1, k_2, \dots, k_n son sus atributos:

$$P = f(K_1, K_2, \dots, K_n)$$

Donde

P= Precio de un bien inmueble

$K_1, K_2, \dots, K_n =$ Atributos del bien inmueble

Partiendo de lo anterior, los valores marginales pueden ser estimados mediante la especificación de una forma funcional apropiada, teniendo en cuenta el supuesto de que el mercado de suelo se encuentra en equilibrio. Las formas funcionales más utilizadas en el modelo de precios hedónicos son la lineal Box-Cox, Log-lineal o regresión logística, Semi-log (semilogarítmica) y la lineal (Mendieta, 2005). En este trabajo se utiliza la forma funcional semilogarítmica, considerando que es la más utilizada en la literatura porque contribuye a normalizar la distribución de valores, a partir de la siguiente expresión (Humarán, 2010):

$$\text{Valorm}^2 = \ell^{\{\sum_i(\beta_{Ai}x_{Ai} + \beta_{Ji}x_{Ji} + \beta_{Ei}x_{Ei} + \beta_{Ti}x_{Ti}) + \varepsilon + e\}}$$

Donde:

Valorm^2 es el valor catastral de suelo por metro cuadrado

ℓ es la base del logaritmo natural¹¹

β_{Ai} son los coeficientes de cada atributo (x_{Ai}) correspondiente a las características de accesibilidad de las manzanas.

β_{Ji} son los coeficientes de cada atributo (x_{Ji}) correspondiente a las características de jerarquización social de las manzanas.

β_{Ei} son los coeficientes de cada atributo (x_{Ei}) correspondiente a las características de externalidades urbanísticas de las manzanas.

β_{Ti} son los coeficientes de cada atributo (x_{Ti}) correspondiente a las características de elementos intrínsecos de las manzanas.

x_{Ai} son los atributos de accesibilidad de las manzanas.

x_{Ji} son los atributos de jerarquía social de las manzanas.

¹¹ Logaritmo natural (ln) es un logaritmo que tiene como base al número e , el cual es un número irracional que tiene como valor aproximado a 2.71828182845904523536. Así, el logaritmo natural de un número es la potencia a la cual debe ser elevado el número e para lograr conseguir el valor de dicho número:

$$\ln X = Y \iff e^Y = X$$

Fuente: <https://logaritmo.org/logaritmo-natural>, consultado el 15 de junio de 2018.

- X_{Ei} son los atributos de externalidad urbanística de las manzanas.
- X_{Ti} son los atributos intrínsecos de las manzanas.
- ε es la parte que no se puede explicar de la ecuación.
- e es el error de aproximación del modelo.

Una vez definidos los atributos, es necesario convertir la expresión del modelo de precios hedónicos a términos lineales, a fin de poder utilizar la regresión lineal múltiple con el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO). Así se llega a la siguiente expresión:

$$\ln(\text{Valorm}^2) = \sum_i (\beta_{A_i} x_{A_i} + \beta_{J_i} x_{J_i} + \beta_{E_i} x_{E_i} + \beta_{T_i} x_{T_i}) + \varepsilon + e$$

A fin de mejorar la normalización de la distribución de los valores catastrales de suelo y de atender a la forma funcional establecida para el modelo de precios hedónicos, se trabajó con la función logarítmica de la variable dependiente.

Posteriormente del universo de manzanas se verificó si existen algunas de ellas cuyo valor por metro cuadrado se aleja significativamente del resto de los valores. Para minimizar esta tendencia y aproximar la distribución del valor por metro cuadrado a la normal, se excluyen las manzanas con valores extremos bajo el siguiente criterio:

$$\overline{\text{Valorm}^2} - 2\sigma < \text{Valorm}^2 < \overline{\text{Valorm}^2} + 2\sigma$$

Donde

$\overline{\text{Valorm}^2}$ es el valor por metro cuadrado promedio de la manzana

σ es la desviación estándar

Una vez redefinido el universo de manzanas del área de estudio y atendiendo la ecuación en términos lineales del modelo de precios hedónicos, se aplicó el modelo de regresión lineal múltiple con el método de mínimos cuadrados ordinarios.

Modelo de Regresión Lineal Múltiple (MRLM)

La regresión lineal múltiple es una técnica que permite identificar las relaciones entre una variable “respuesta” o variable dependiente y un conjunto de variables exógenas o independientes. En este caso se conoce la variable respuesta o dependiente (es el logaritmo natural del valor catastral de suelo) y se busca conocer la importancia relativa de cada variable independiente sobre la variable dependiente, tanto en la magnitud como en la dirección de la relación.

En la regresión lineal múltiple el modelo elegido debe demostrar tanto significación teórica como estadística (Bello, 2005). Esto es, la elección de las variables independientes debe tener un sustento teórico que indique que éstas son determinantes en el valor de la variable dependiente; mientras que el modelo indicará su significación estadística: el peso que tienen en la variable dependiente.

A partir de la forma funcional del modelo de precios hedónicos, se estimó la correlación entre las variables independientes y la variable dependiente, mediante la correlación de Pearson. A los indicadores que resultaron con una correlación significativa se les aplicó el modelo de regresión lineal múltiple.

Tomando en cuenta el máximo nivel de explicación (R^2) de los modelos resultantes y una vez que se comprobó que los indicadores respectivos no presenten multicolinealidad¹² (eliminando del modelo los indicadores que tienen valores del factor de inflación de la varianza -VIF- superiores a 4¹³), además de que no presente coeficientes con signo invertido respecto a la correlación con la variable dependiente, se seleccionó el mejor modelo. A los coeficientes de los indicadores resultantes de

¹² Según Bello (2005), la multicolinealidad se presenta cuando existe correlación entre las variables independientes del modelo. Es indeseable porque reduce el poder predictivo de cualquier variable independiente individual en la medida en que ésta esté correlacionada con otras variables independientes.

¹³ El Factor de Inflación de la Varianza (FIV) mide el grado en que cada variable independiente se explica por otras variables independientes del mismo modelo. Según Mandeville (2008), “Valores del VIF mayores que 4 sugieren la existencia de multicolinealidad, y valores mayores que 10 indican la existencia de multicolinealidad grave”.

este modelo se les aplicó la técnica de clasificación de clúster a fin de ordenarlos en tres categorías de acuerdo al valor absoluto de su coeficiente: muy importante, importante y poco importante.

De esta forma se aplicó el modelo de precios hedónicos para identificar los indicadores que más contribuyen en la composición del valor del suelo, seleccionando el modelo óptimo. Cabe resaltar que no obstante que este modelo proporciona un mecanismo que provee información sobre la disposición a pagar por los atributos de suelo o sobre las características de éste que se consideran deseables, utiliza técnicas econométricas tradicionales en datos que son de naturaleza espacial, dando como resultado una ecuación para todo el territorio con coeficientes que son un promedio del comportamiento, en toda el área de interés, de los indicadores analizados. Esto tiene el defecto de disfrazar las variaciones geográficas que se presentan en las relaciones entre los indicadores, ya que parten del supuesto de que las relaciones entre los indicadores son estacionarias sin considerar la posibilidad de que existan variaciones locales a causa de la heterogeneidad propia del espacio.

Anselin (1988 citado en Duque et al., 2011) resume los defectos de las técnicas econométricas tradicionales en dos problemas: no consideran la dependencia espacial entre las variables (autocorrelación espacial) ni la heterogeneidad espacial, según la cual “las formas funcionales varían de acuerdo con la localización de los datos”, por lo tanto los coeficientes obtenidos con el modelo de precios hedónicos no son estacionarios, sino inestables en el espacio¹⁴ (Duque, 2011), sin tomar en cuenta que el valor del suelo se “presenta de manera diferenciada en el territorio, o sea de manera segmentada, discontinua, heterogénea” (Humarán, 2010), de tal forma que el territorio está segmentado en zonas con diferentes valores de suelo.

¹⁴ Según Duque (2011), esto es común en el mercado de suelo, ya que una característica de éste puede ser primordial en una zona y no ser significativa en otra.

Partiendo de que los datos analizados son de naturaleza espacial, sólo en caso de existir autocorrelación espacial y/o heterogeneidad espacial será necesario aplicar métodos de regresión espacial. Para probar la autocorrelación espacial se utilizó el Índice de Morán. Este índice mide la autocorrelación espacial basada en las ubicaciones y los valores de las entidades simultáneamente. Dado un conjunto de entidades y un atributo asociado, evalúa si el patrón expresado está agrupado, está disperso o es aleatorio.

Considerando que en el análisis espacial la hipótesis nula significa ausencia de un patrón espacial (Vilalta, 2005) se establecieron las siguientes hipótesis:

H₀: No existe autocorrelación espacial (los valores de suelo están distribuidos en forma aleatoria en el área de estudio)

H₁: Existe autocorrelación espacial

En lo que respecta a la heterogeneidad espacial, ésta se presenta cuando se analiza un fenómeno que se distribuye de manera distinta en el espacio analizado (Chasco, 2004). Según Anselin (2001 citado en Chasco, 2004), la heterogeneidad espacial puede ser definida como la “inestabilidad estructural en forma de varianza no constante de los residuos de una regresión (heteroscedasticidad)¹⁵ o en los coeficientes del modelo”, de lo cual se deduce que la heterocedasticidad es una manifestación de la heterogeneidad espacial en un modelo de regresión lineal múltiple (Charo, 2004) y si la heterogeneidad espacial está presente, es necesario utilizar técnicas que tomen en cuenta el componente espacial.

Considerando lo anterior, se identificó la heterogeneidad espacial al comprobar la presencia de heterocedasticidad en el modelo obtenido mediante pruebas estadísticas: las pruebas de Breusch-Pagan y de Koenker-Bassett, y la prueba

¹⁵ En los modelos de regresión lineales se dice que hay heterocedasticidad cuando la varianza de los errores no es igual en todas las observaciones realizadas (<http://economipedia.com/definiciones/heterocedasticidad.html>).

general de heterocedasticidad de White¹⁶. De esta forma se pudo establecer que el modelo es heterocedástico y, por lo tanto, espacialmente heterogéneo.

3.6.3. Regresión Geográficamente Ponderada (GWR)

Una vez identificada la existencia de autocorrelación espacial y de heterogeneidad espacial propias del mercado de suelo, se utilizó el método de Regresión Geográficamente Ponderada (en adelante GWR), el cual permite construir modelos que incorporan estos dos elementos al considerar la existencia de coeficientes de regresión que varían en el espacio.

Este método se basa en la ponderación espacial de los atributos que resultaron significativos, para cada elemento de la muestra, lo que permite relacionar a cada elemento con su entorno de influencia (entornos vecinales), estableciendo modelos particulares en función de estas relaciones (Humarán, 2010). Un ejemplo de lo anterior son las características de un inmueble que pueden ser de gran importancia en una zona determinada y no serlo en otra zona de características diferentes. En este caso la metodología econométrica tradicional arroja coeficientes que son promedios de los datos, mientras que la GWR arroja coeficientes ponderados de cada una de las características analizadas, proporcionando información más precisa sobre la realidad del caso de estudio.

La ecuación de la GWR es la siguiente (Humarán, 2010):

$$y(u,v) = \beta_0(u,v) + \beta_1(u,v)x_1 + \dots + \beta_n(u,v)x_n + \varepsilon(u,v)$$

¹⁶ En ambas pruebas se parte de que la hipótesis nula establece que el modelo presenta homocedasticidad y la hipótesis alternativa establece que el modelo es heterocedástico. La prueba de Breusch Pagan servirá para aceptar o descartar la presencia de formas lineales de heterocedasticidad debida a un conjunto de variables, el cual debe ser necesariamente pequeño, sin identificar la variable que genera la heterocedasticidad; dado que la prueba de Breusch Pagan es sensible a muestras pequeñas, se usa también la prueba de Koenker-Bassett o “prueba generalizada Breusch Pagan”. Por otro lado, la prueba de White es la más general para detectar la heterocedasticidad de un modelo (De Arce y Mahía, 2008; Moreno et al. S/F).

Donde y es la variable dependiente (en este caso el valor catastral de suelo), x_1, \dots, x_n son los atributos analizados, $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n$ son los parámetros a ser estimados, ε es el error de la ecuación, y (u, v) son las coordenadas de la posición de cada elemento de la muestra. El modelo genera una estimación de los parámetros de la ubicación y un valor previsto o estimado aplicando ponderación geográfica de tal forma que a “los datos o muestras más cercanos (u, v) se les da un mayor peso en el modelo que de datos o muestras más alejados” (Humarán, 2010).

En este sentido, se aplicó la técnica GWR al grupo de indicadores que resultaron significativos en el modelo seleccionado, obteniéndose un conjunto de valores (coeficientes de los indicadores) para cada elemento de la muestra. Al estar los elementos de la muestra distribuidos por todo el territorio, la regresión de cada uno de ellos puede considerarse un micro modelo, de tal forma que cada uno tendrá un comportamiento distinto de los indicadores, en magnitud y probablemente en dirección.

La evaluación de la calidad del ajuste del método GWR se realizó por medio de dos medidas de bondad de ajuste: 1) la r cuadrada (R^2 , considerada el nivel explicativo del modelo) la cual está determinada por la parte sistemática de la ecuación de regresión y mide la variabilidad de la variable dependiente $y(u, v)$; y 2) el término correspondiente al error estándar de la regresión:

$$y(u, v) = \underbrace{\beta_0(u, v) + \beta_1(u, v)x_1 + \dots + \beta_n(u, v)x_n}_{\text{Parte sistemática}} + \underbrace{\varepsilon(u, v)}_{\text{Error estándar}}$$

Cuando se mide la bondad de ajuste se “divide” la ecuación en la parte sistemática (el pronóstico, la parte de la ecuación que se puede explicar en función de x) y el error estándar (la parte de la ecuación que no se puede explicar a partir de los atributos considerados) a fin de conocer la importancia de estos dos elementos para explicar la variación de $y(u, v)$. La r cuadrada mide qué proporción de la variación de la variable dependiente es explicada por la parte sistemática de la ecuación y al ser

una proporción se mide en valores de 0 a 1. El error estándar trata de estimar la variabilidad del componente de la ecuación que no se puede explicar (ε). Entre mejor sea el ajuste, mayor debería ser la r cuadrada y menor el error estándar.

En la GWR, además de ser importante los indicadores introducidos, es importante la forma en que éstos deben ser considerados: global o localmente. Para identificar los indicadores que tienen un comportamiento global se utilizó la prueba de Monte Carlo en el software GWR; los indicadores que en esta prueba resultaron sin variabilidad espacial en el territorio de estudio se considera que tienen un comportamiento global, estacionario. Posteriormente se realizó la calibración del modelo utilizando también el software GWR, en la cual se diferenciaron los indicadores que varían en el espacio y los que son espacialmente estacionarios.

Esta técnica proporcionó elementos para conocer el nivel explicativo del método y los errores estándar a nivel local, así como para comprobar la significancia estadística del modelo resultante de la GWR. Finalmente, se utilizó el software ArcGis versión 10.3 para graficar tanto los coeficientes de los indicadores generados por el modelo como la significancia estadística de éstos, y el nivel explicativo de los modelos locales.

Síntesis del capítulo

La metodología atendida se basa principalmente en el modelo de precios hedónicos y el método de regresión geográficamente ponderada. Partiendo de la ecuación de precios hedónicos y de su forma funcional se verificó la correlación de los indicadores con la variable dependiente y se eliminaron los que presentaron correlación no significativa; se aplicó la regresión lineal múltiple y se seleccionó el modelo con la mayor R^2 y con el menor error estándar, asegurando la no presencia de multicolinealidad.

De esta forma se obtuvo un modelo general del territorio con los indicadores que más contribuyen en la formación del valor de suelo. Dicho modelo no considera la dependencia espacial entre las variables (autocorrelación espacial) ni la heterogeneidad espacial, lo cual es un inconveniente en datos que son de naturaleza espacial. Para resolver este problema es necesario utilizar métodos de regresiones espaciales previa comprobación de autocorrelación espacial y heterogeneidad espacial.

Para comprobar la existencia de autocorrelación espacial se utilizó el Índice de Morán. La heterogeneidad espacial se comprobó mediante pruebas estadísticas de heterocedasticidad, ya que ésta es considerada una manifestación de la heterogeneidad espacial. Posteriormente se aplicó la técnica GWR al grupo de indicadores que resultaron significativos en el modelo global: a partir de la identificación de los indicadores con comportamiento global y de aquellos que tienen comportamiento local, se obtuvo una ecuación de regresión para cada elemento de la muestra.

La variabilidad espacial del comportamiento de cada uno de los indicadores considerados en el modelo se demuestra gráficamente. Se evidencia la heterogeneidad espacial de éstos al mostrar que sus valores varían dependiendo de la ubicación en el territorio, confirmando que el valor del suelo no es homogéneo y se presenta de manera segmentada y discontinua.

Capítulo 4. Resultados

Se expone la modelación de la composición del valor catastral de suelo. Inicia con la obtención de los valores de cada uno de los indicadores definidos (variables independientes). Posteriormente se aplicó la técnica de regresión lineal múltiple y se seleccionó el mejor modelo, identificando así las variables explicativas de mayor relevancia en la conformación del valor catastral de suelo con los respectivos valores de sus coeficientes, los cuales se clasificaron en tres categorías cualitativas en términos de la importancia en función de su contribución, cumpliendo de esta forma con el primer objetivo específico de la investigación.

Se comprobó la autocorrelación espacial y la heterogeneidad espacial de los indicadores del modelo obtenido, logrando así el segundo objetivo específico de este trabajo. A continuación se aplicó el método de regresión geográficamente ponderada (GWR) a las variables independientes que integran el modelo obtenido de la regresión lineal múltiple y se identificaron los indicadores que son espacialmente estacionarios y los que tienen dependencia espacial. El análisis concluyó con la obtención de un modelo por cada una de las manzanas que integra la muestra analizada y con la demostración gráfica de la variabilidad espacial de los indicadores del modelo general, consiguiendo con esto el tercer objetivo específico de esta investigación.

4.1. Generación de los valores de los indicadores

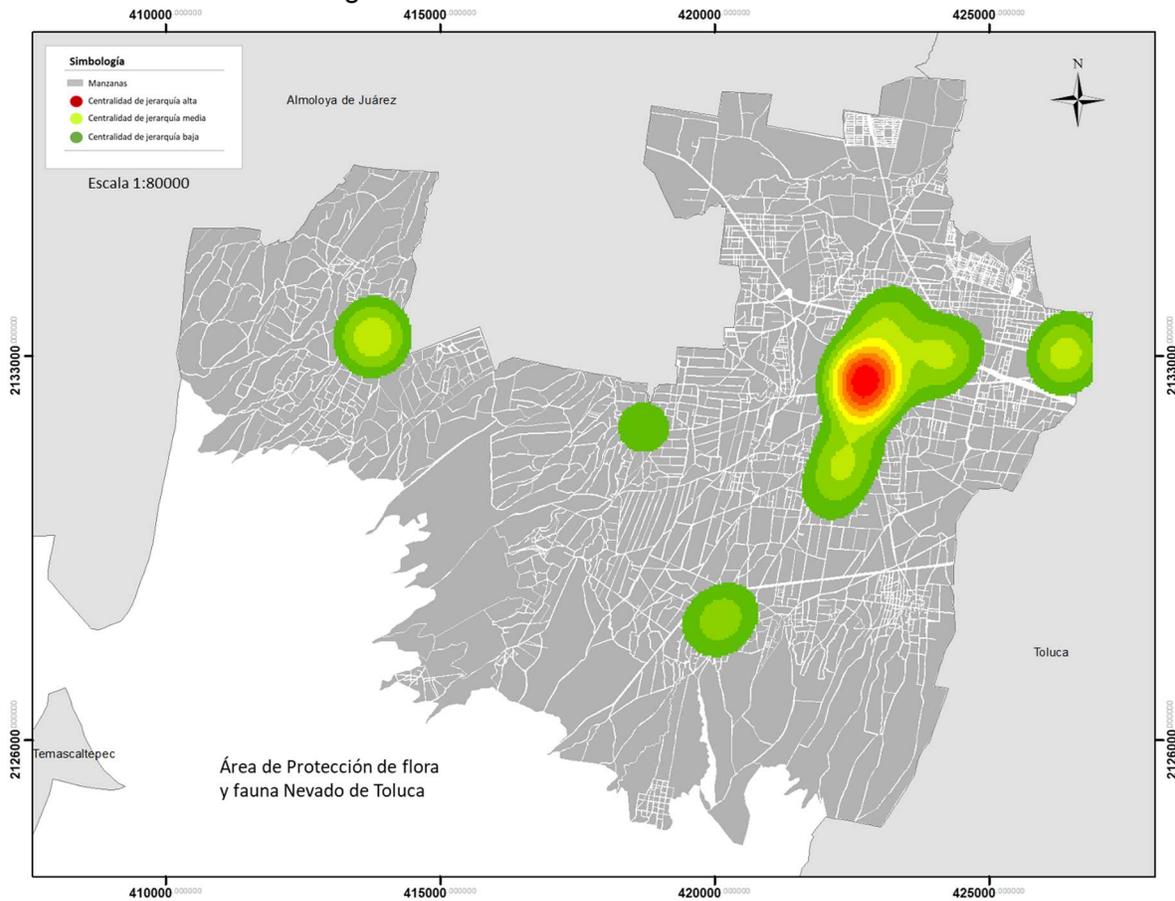
A partir de la integración cartográfica de los datos se obtuvieron los valores de los 28 indicadores definidos. Para identificar los centros de importancia (centralidades) se utilizó el método de doble umbral con información del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) 2014 se tomaron las unidades económicas ubicadas en el municipio de estudio y se calculó el promedio de personas ocupadas por cada una de ellas, considerándose el resultado como el empleo generado por cada una. Con

esta información, se creó una tabla con agregación sectorial, en la cual se calcula la densidad del empleo por cada sector económico, dividiendo el número de empleos concentrados por manzana entre el área de ésta en hectáreas, y se estimó la media por sector económico. Para calcular la magnitud del empleo, se sumaron los empleos de cada sector económico en cada manzana, y se estimó la media y la desviación estándar.

Se creó una tabla con las claves de las manzanas como filas y los sectores económicos como columnas, y se colocó un valor de 1 en las celdas en las que se cumplió la condición que la densidad del empleo fuera mayor a la media del sector económico y la magnitud del empleo fuera mayor a la media más la desviación estándar del mismo sector, y cero cuando esta condición no se satisface. Esta tabla fue importada desde el software ArcGis versión 10.3 y unida a la capa de manzanas. Se generaron los centroides de esta capa de manzanas y al aplicar la herramienta de análisis de densidad kernel al atributo de manzanas de la capa resultante, se obtuvo la superficie de densidad a partir de los centroides de las manzanas. De esta forma, los centros de importancia fueron clasificados en función de su importancia: alta, media y baja.

Las centralidades identificadas a nivel de análisis de manzana se muestran en la figura 4.1.

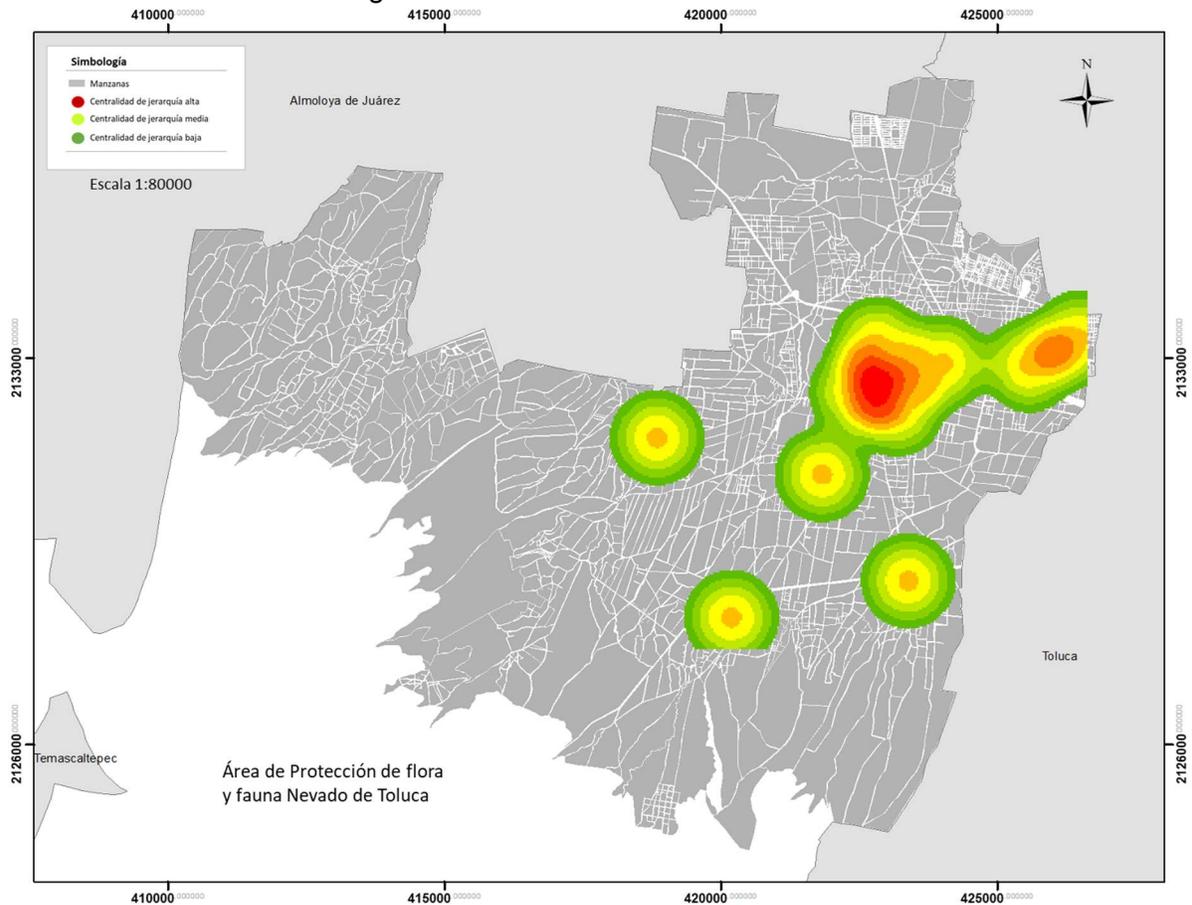
Figura 4.1. Centralidades a nivel manzana



Fuente: Proceso propio, 2017.

Este mismo procedimiento fue realizado a nivel de Área Geoestadística Básica (AGEB); sin embargo, dado que las centralidades resultantes a nivel de manzana reflejan de manera más fiel el comportamiento de las actividades económicas del municipio, será a este nivel que se consideren para los pasos posteriores.

Figura 4.2. Centralidades a nivel AGEB

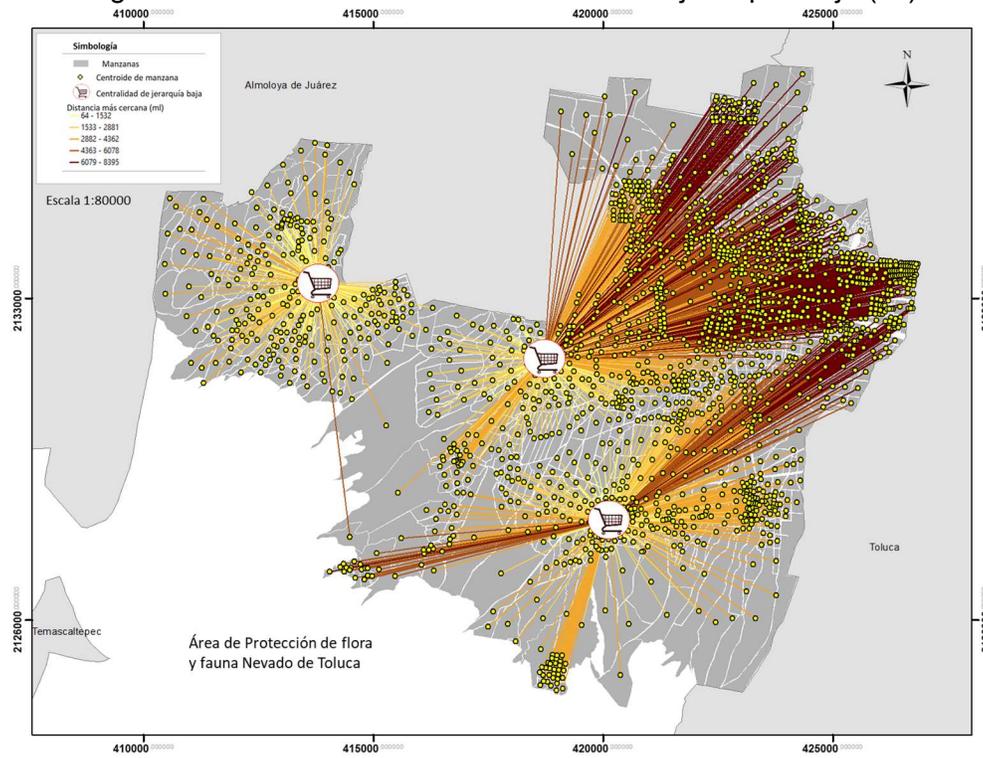


Fuente: Proceso propio, 2017.

Una vez identificadas las centralidades, para obtener los valores relativos a las distancias se utilizó la función *Cerca de*, del software ArcGis versión 10.3.

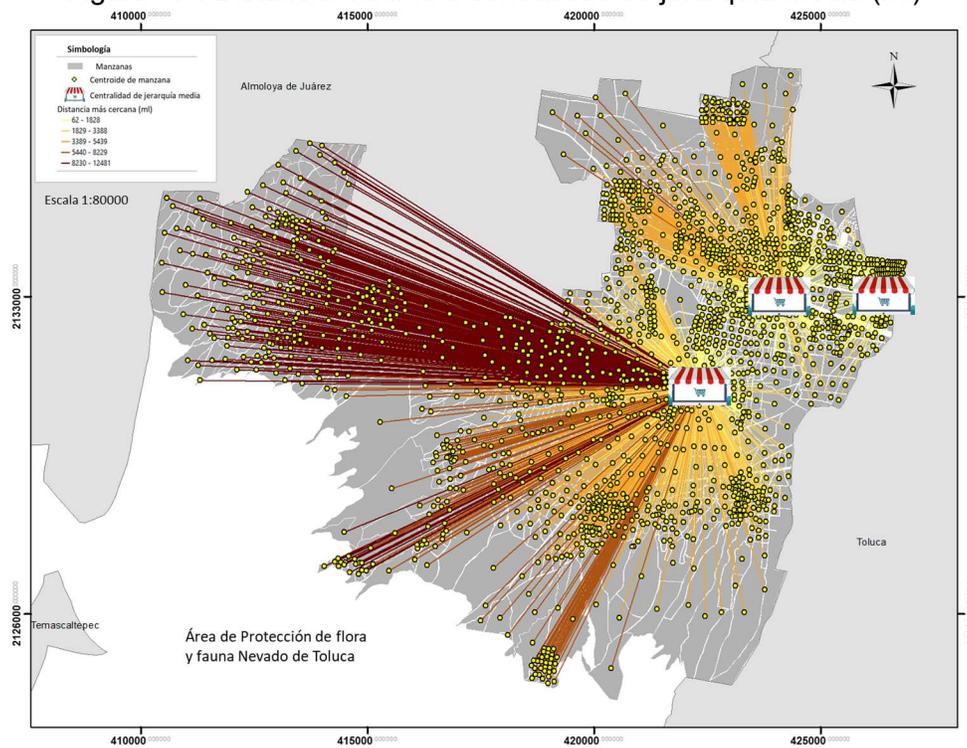
De lo anterior se obtuvieron los resultados mostrados en las figuras 4.3 a 4.22, graficadas mediante el software QGis versión 2.18.6:

Figura 4.3. Distancia mínima a centralidad de jerarquía baja (ml)



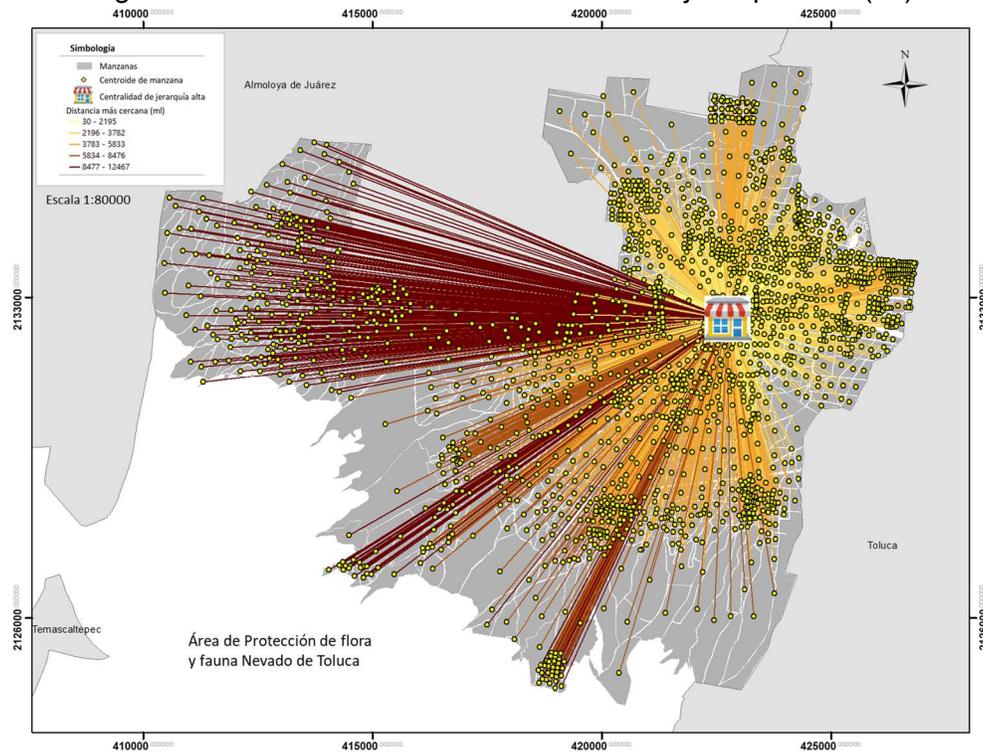
Fuente: Proceso propio, 2018.

Figura 4.4. Distancia mínima a centralidad de jerarquía media (ml)



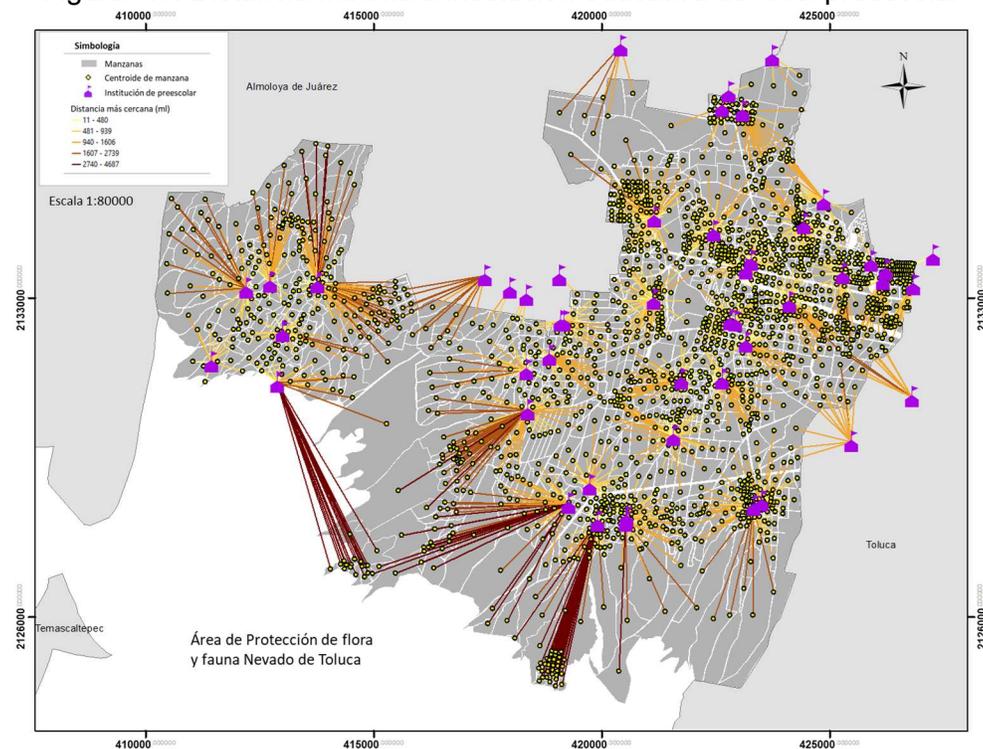
Fuente: Proceso propio, 2018.

Figura 4.5. Distancia mínima a centralidad de jerarquía alta (ml)



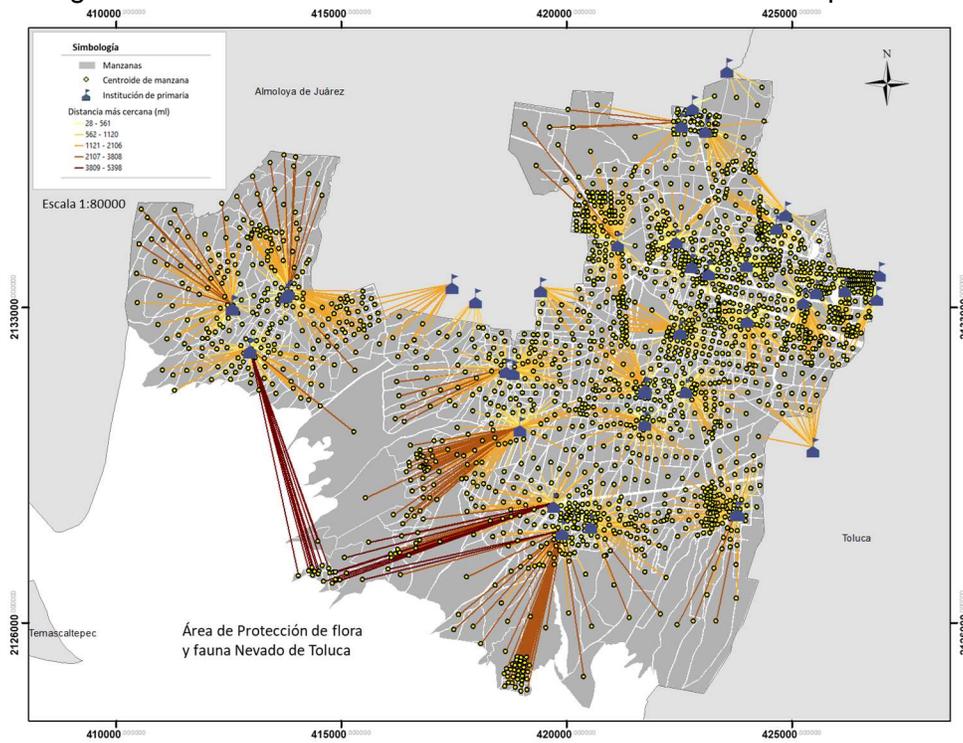
Fuente: Proceso propio, 2018.

Figura 4.6. Distancia mínima a institución educativa de nivel preescolar



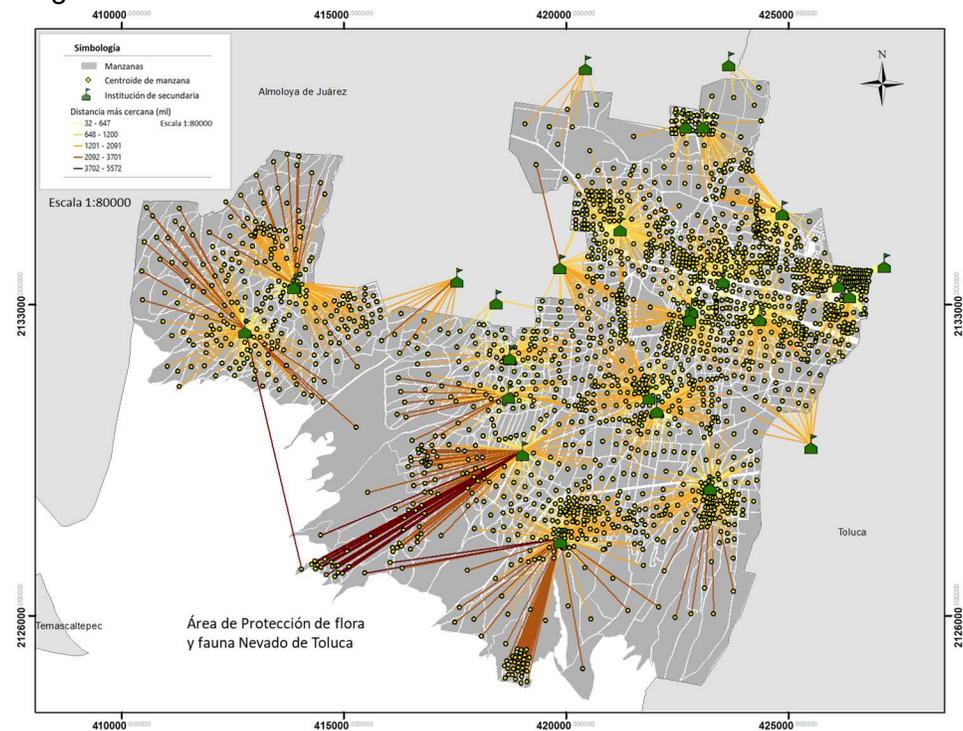
Fuente: Proceso propio, 2018.

Figura 4.7. Distancia mínima a institución educativa de nivel primaria



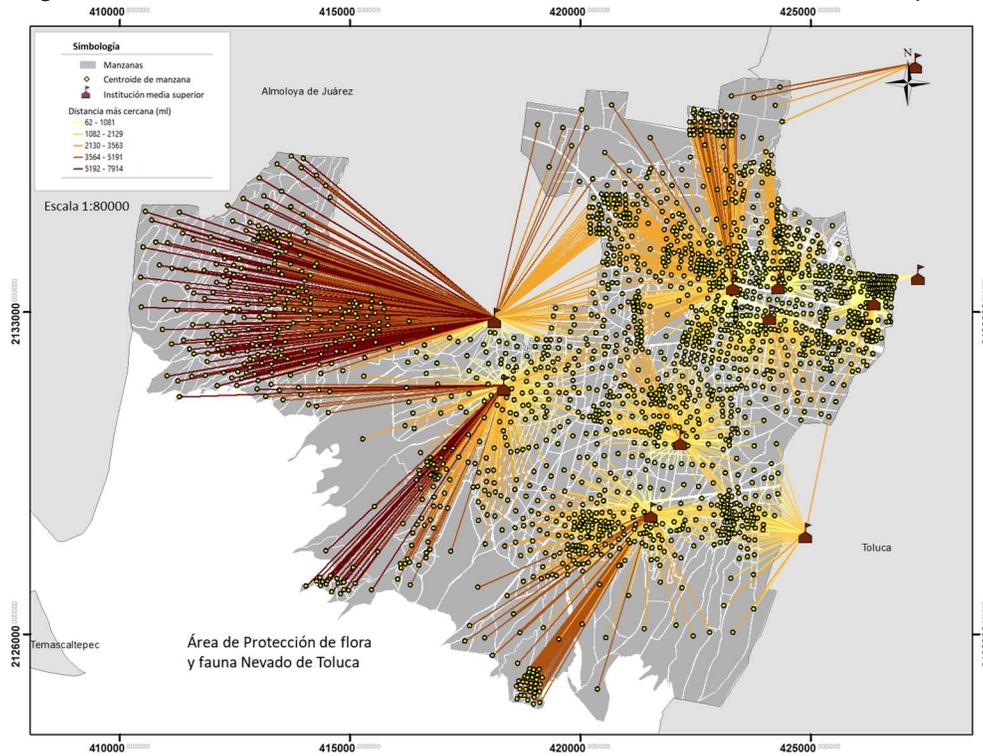
Fuente: Proceso propio, 2018.

Figura 4.8. Distancia mínima a institución educativa de nivel secundaria



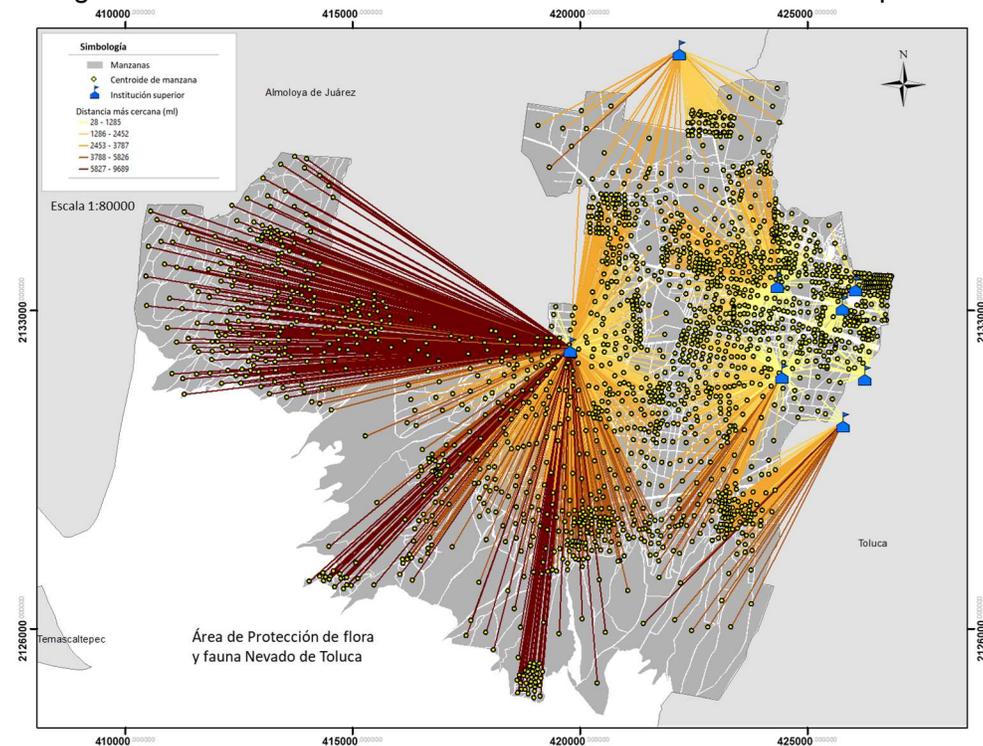
Fuente: Proceso propio, 2018.

Figura 4.9. Distancia mínima a institución educativa de nivel medio superior



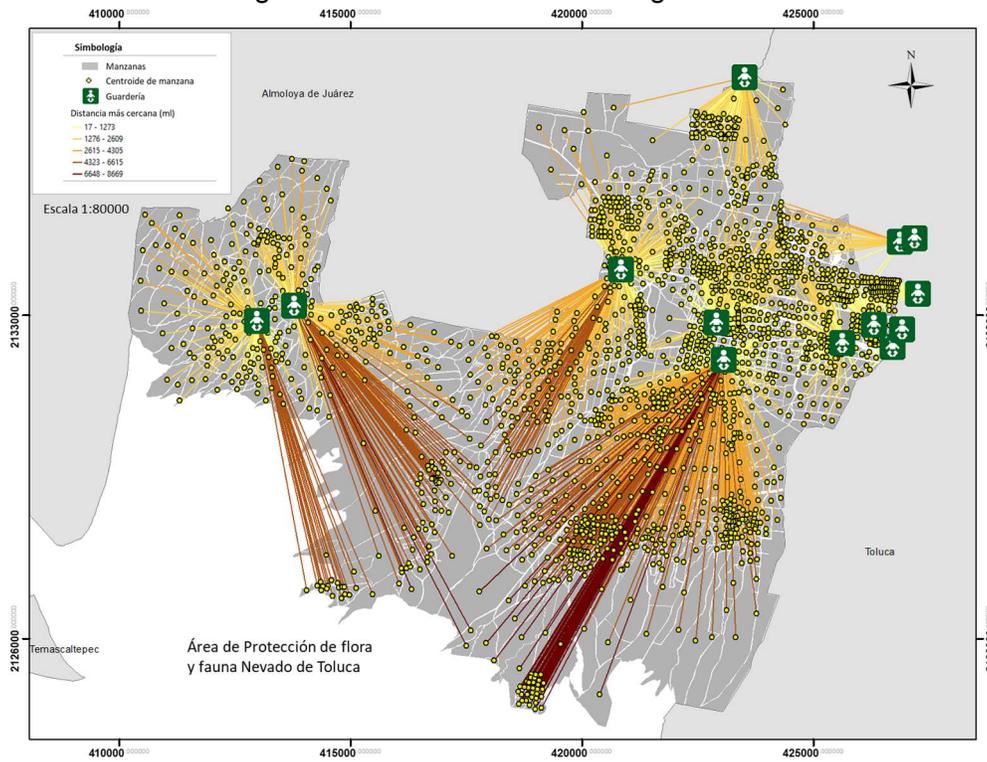
Fuente: Proceso propio, 2018.

Figura 4.10. Distancia mínima a institución educativa de nivel superior



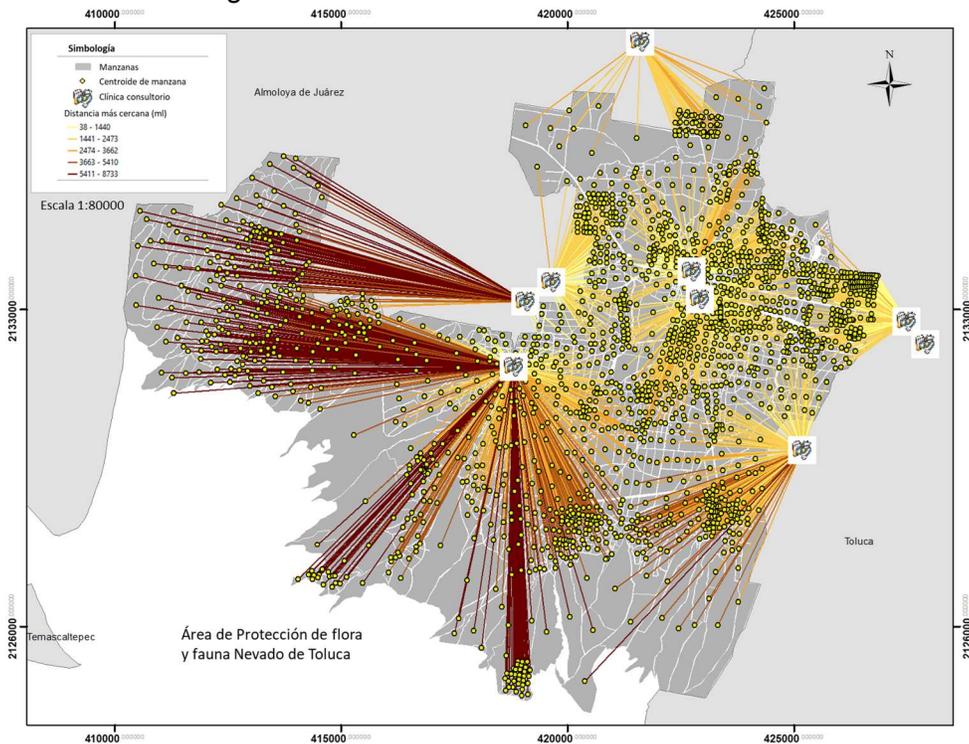
Fuente: Proceso propio, 2018.

Figura 4.11. Distancia mínima a guardería



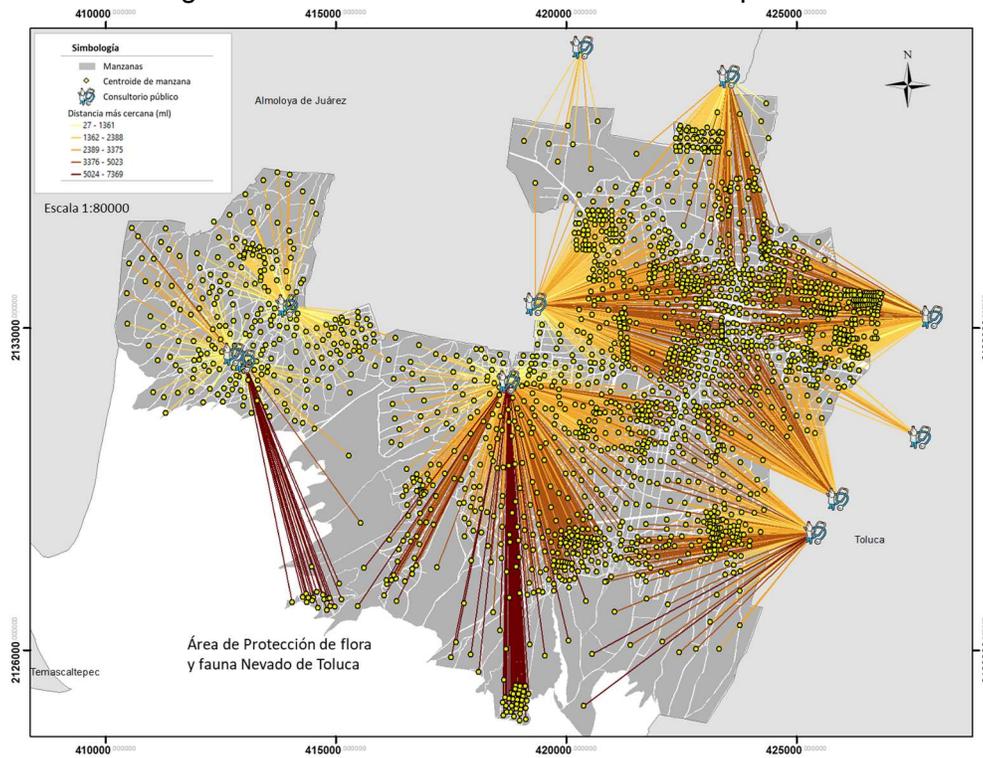
Fuente: Proceso propio, 2018.

Figura 4.12. Distancia mínima a consultorios



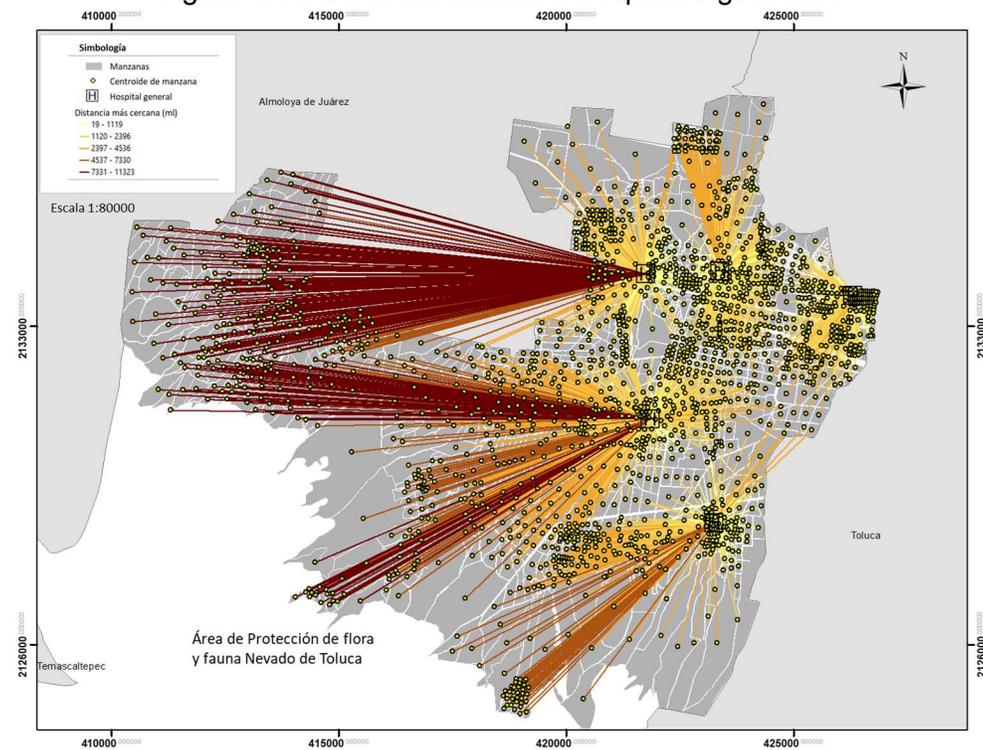
Fuente: Proceso propio, 2018.

Figura 4.13. Distancia mínima a consultorios públicos



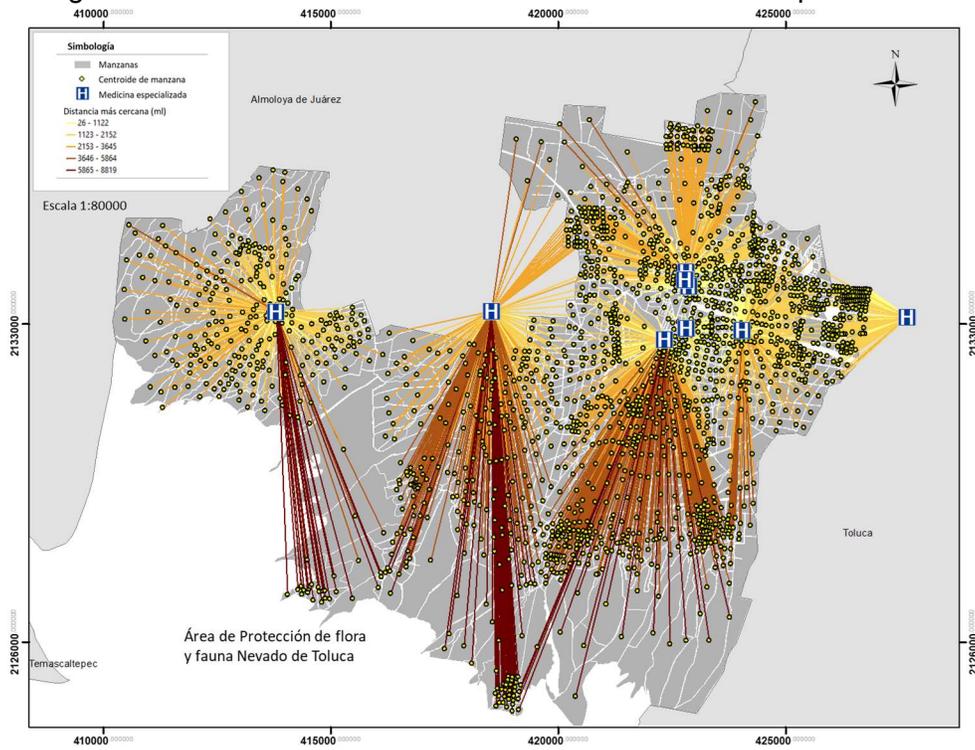
Fuente: Proceso propio, 2018.

Figura 4.14. Distancia mínima a hospitales generales



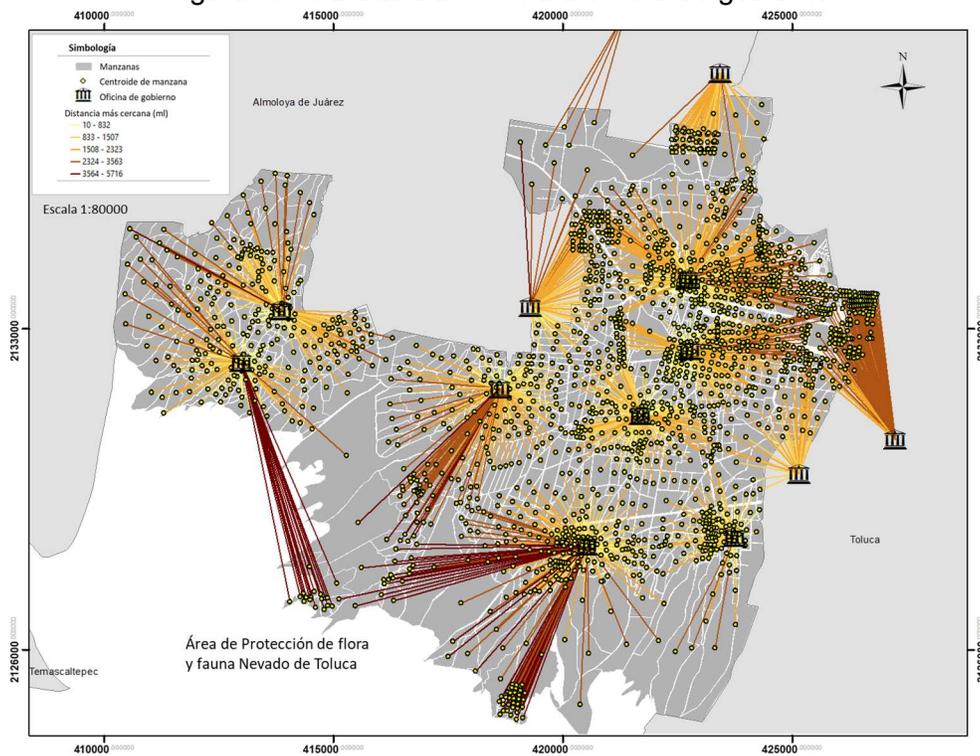
Fuente: Proceso propio, 2018.

Figura 4.15. Distancia mínima a institución de medicina especializada



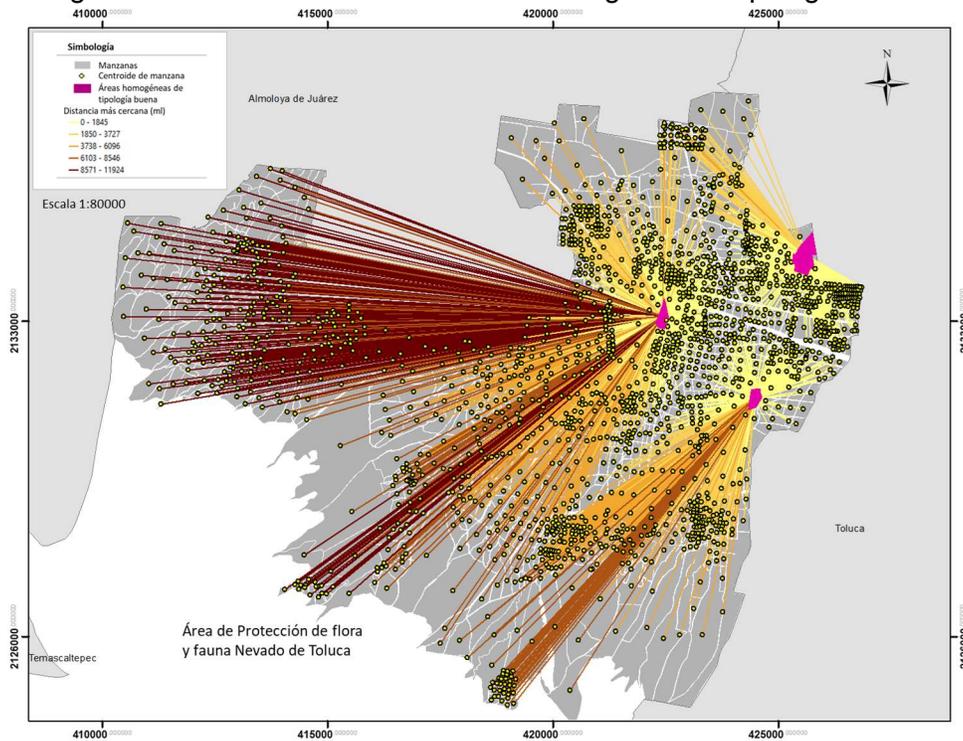
Fuente: Proceso propio, 2018.

Figura 4.16. Distancia mínima a oficina de gobierno



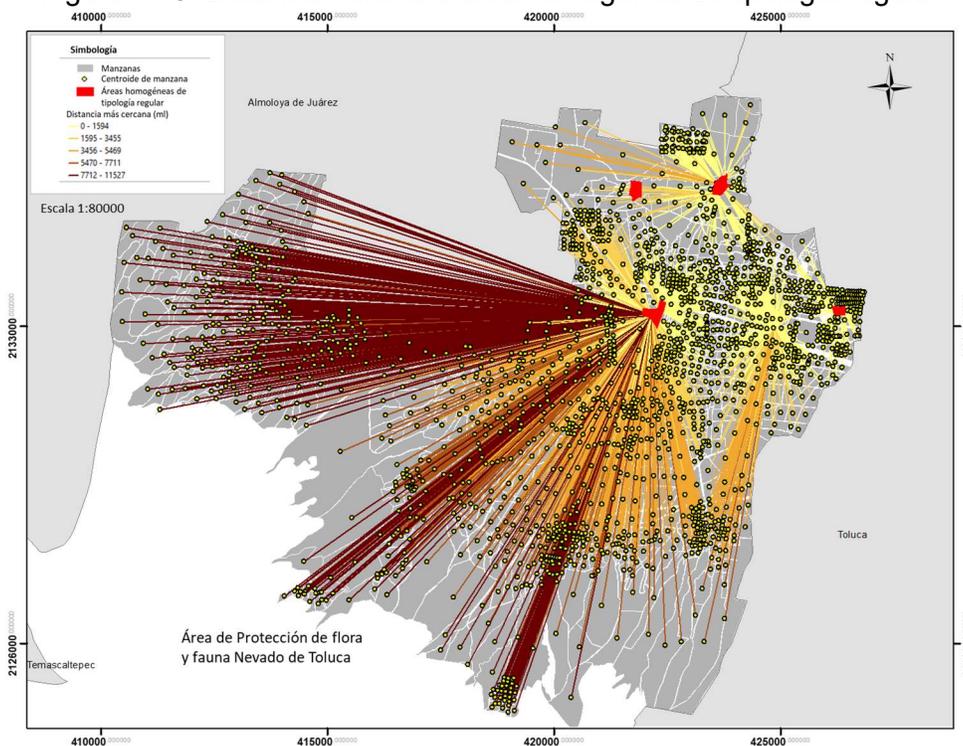
Fuente: Proceso propio, 2018.

Figura 4.17. Distancia mínima a área homogénea de tipología buena



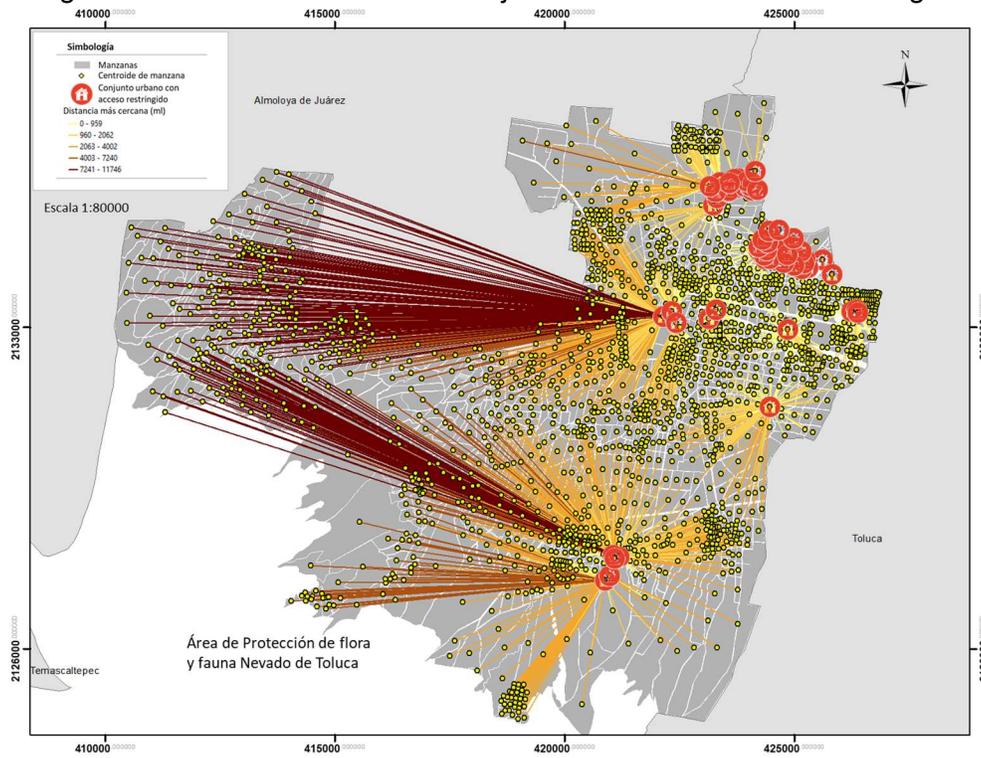
Fuente: Proceso propio, 2018.

Figura 4.18. Distancia mínima a área homogénea de tipología regular



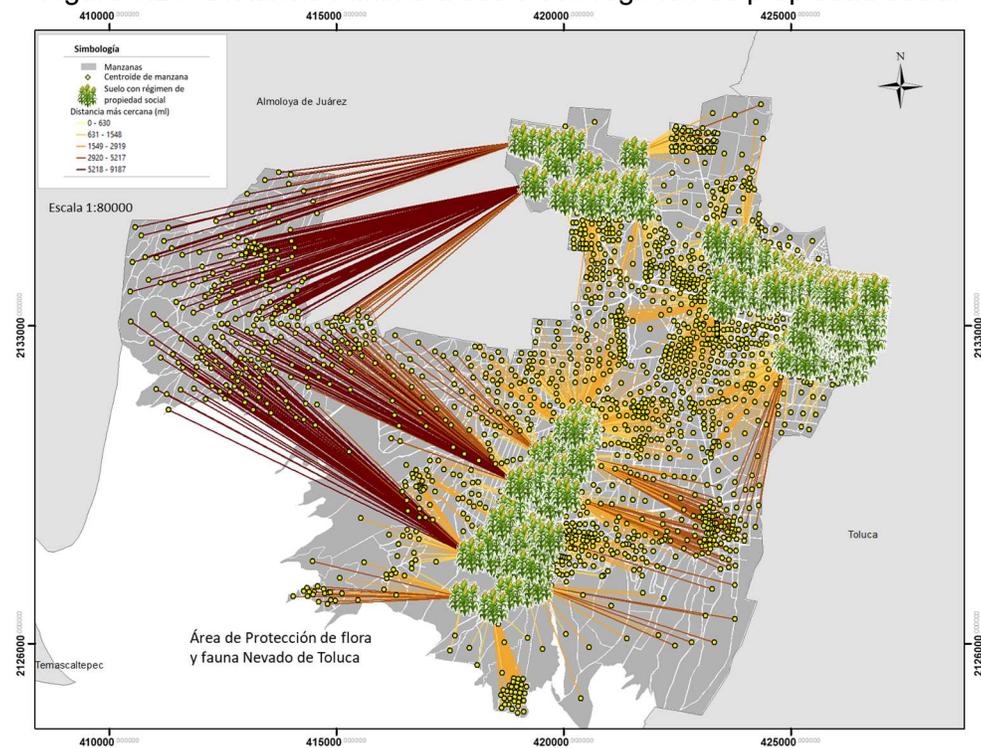
Fuente: Proceso propio, 2018.

Figura 4.19. Distancia mínima a conjunto urbano con acceso restringido



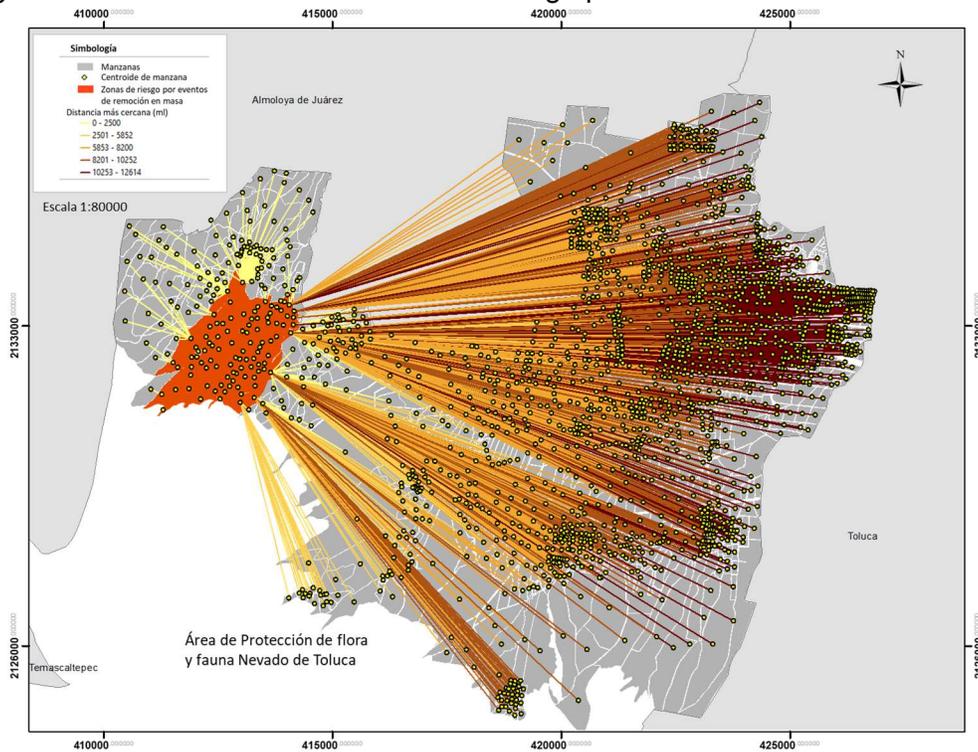
Fuente: Proceso propio, 2018.

Figura 4.20. Distancia mínima a suelo con régimen de propiedad social



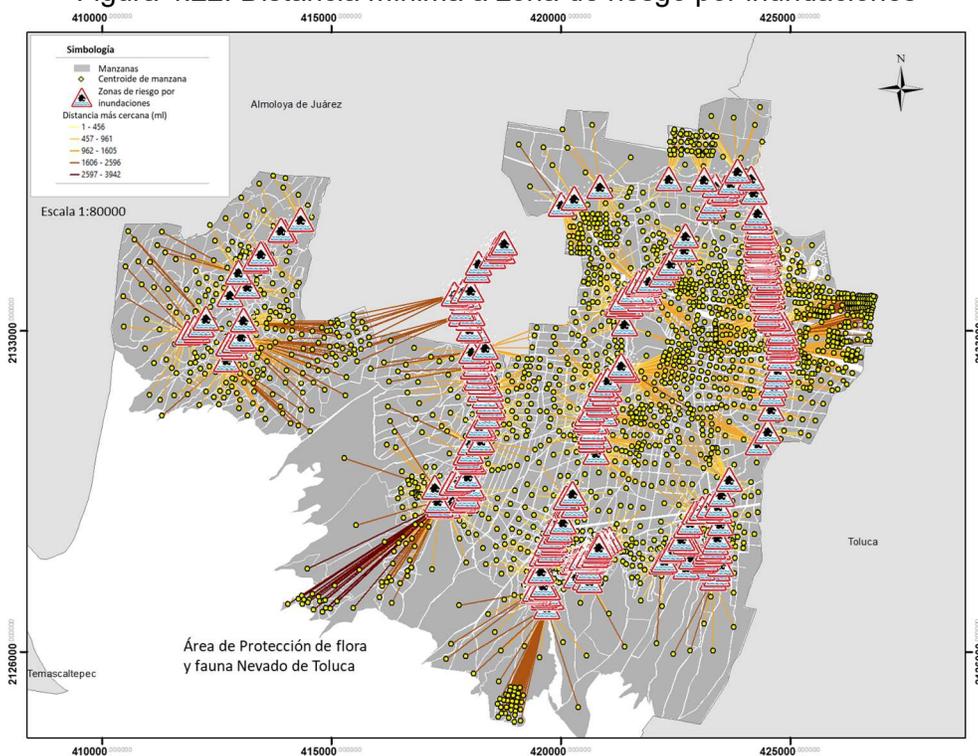
Fuente: Proceso propio, 2018.

Figura 4.21. Distancia mínima a zona de riesgo por eventos de remoción en masa



Fuente: Proceso propio, 2018.

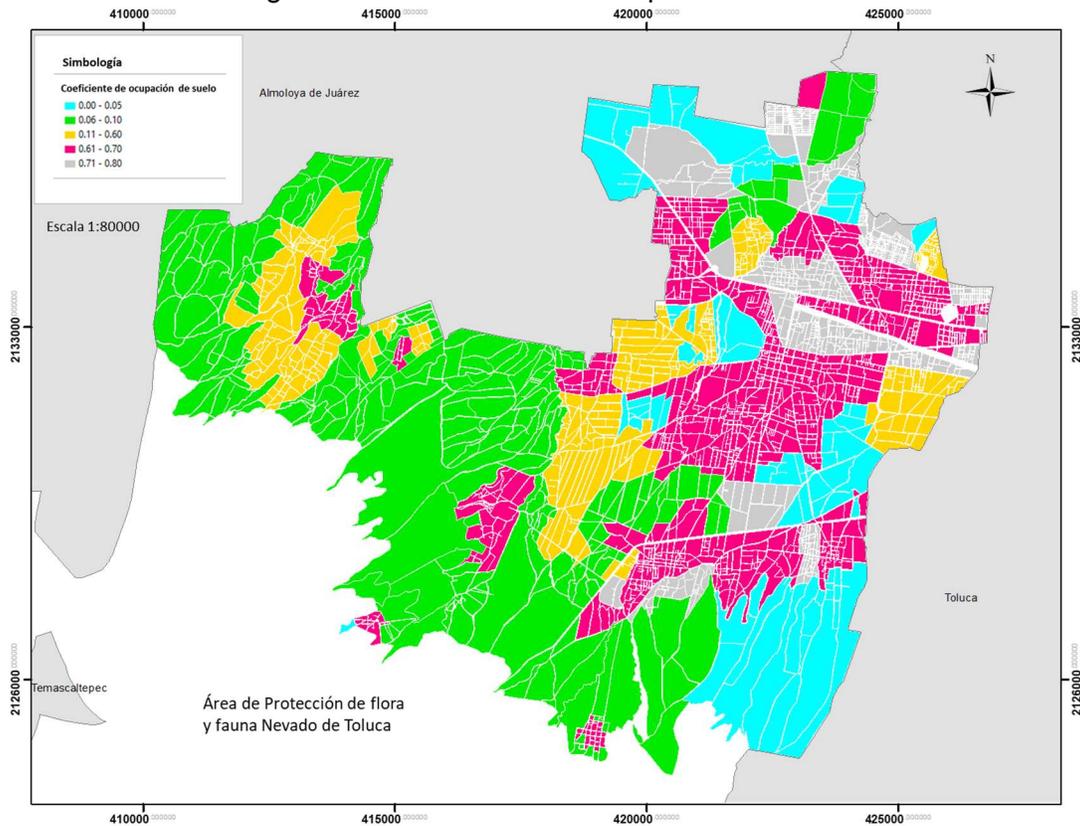
Figura 4.22. Distancia mínima a zona de riesgo por inundaciones



Fuente: Proceso propio, 2018.

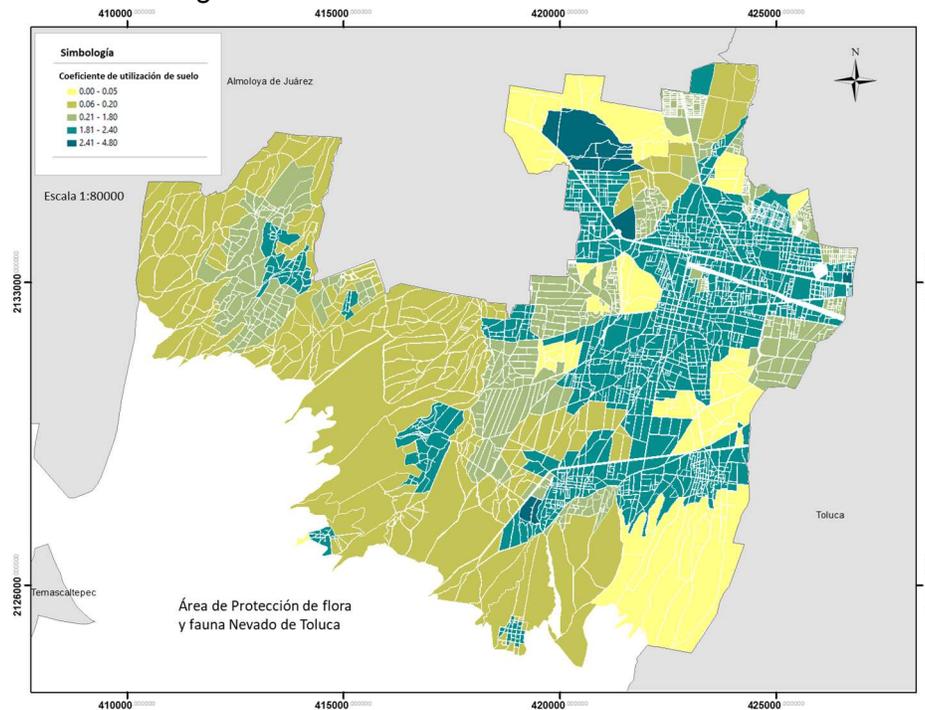
En lo referente al coeficiente de ocupación del suelo, al coeficiente de utilización del suelo y al número de viviendas por hectárea se consideró lo establecido en el Plan Municipal de Desarrollo Urbano del municipio de Zinacantepec.

Figura 4.23. Coeficiente de ocupación de suelo



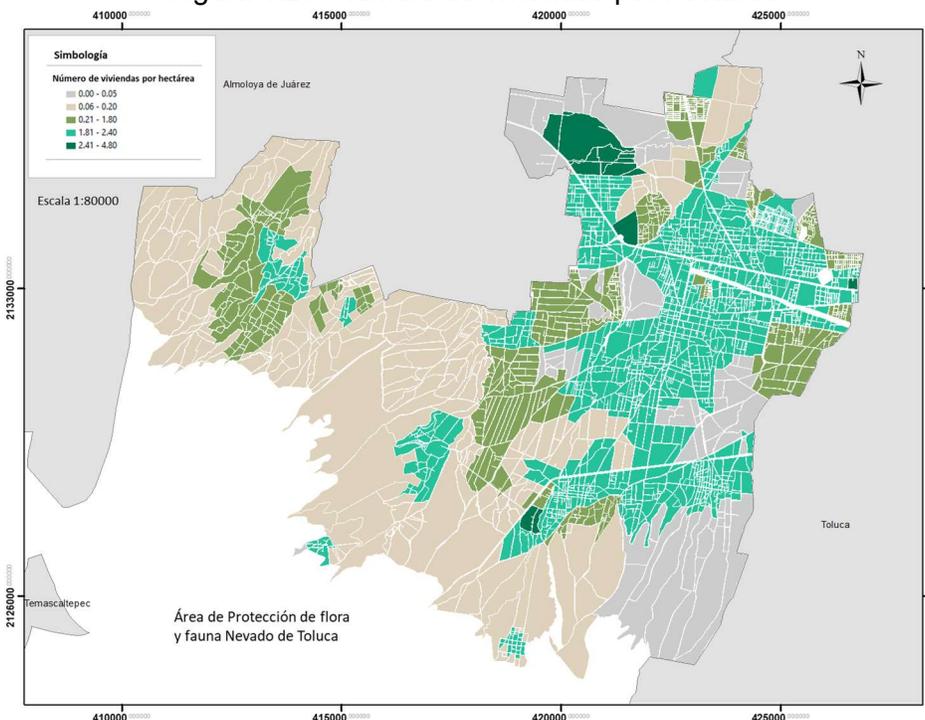
Fuente: Proceso propio con datos del Plan Municipal de Desarrollo Urbano del municipio de Zinacantepec 2016.

Figura 4.24. Coeficiente de utilización de suelo



Fuente: Proceso propio con datos del Plan Municipal de Desarrollo Urbano del municipio de Zinacantepec 2016.

Figura 4.25. Número de viviendas por hectárea



Fuente: Proceso propio con datos del Plan Municipal de Desarrollo Urbano del municipio de Zinacantepec 2016.

En cuanto a la clasificación de las manzanas se asignó una ponderación que va de cero a seis, en donde seis es la de mayor valor, tomando en cuenta las características de localización y de edificación del área homogénea que corresponde a cada una de ellas. Cabe resaltar que estas dos características forman parte de la descripción de los tipos de área homogénea que se encuentran definidos en los ordenamientos que regulan la actividad catastral, concretamente en el artículo 47 del Reglamento del Título Quinto del Código Financiero del Estado de México.

Las descripciones de las tipologías, las características de localización y edificación, y la ponderación asignada se muestran en el cuadro 4.1.

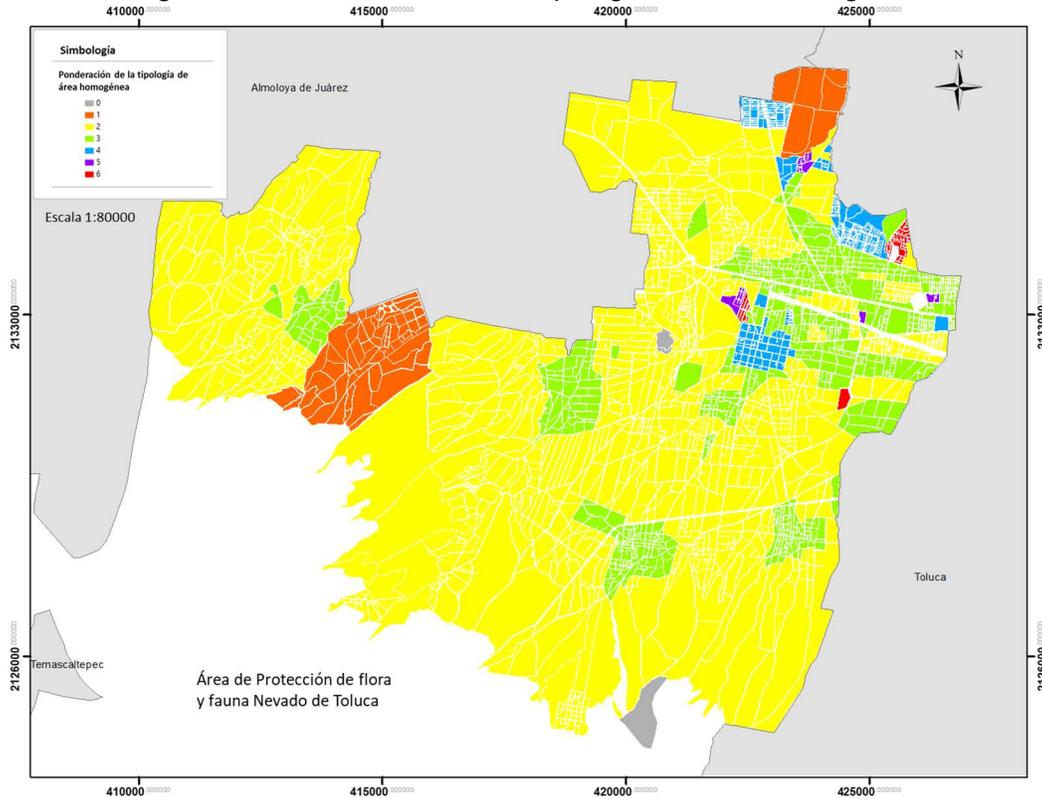
Cuadro 4.1. Valores asignados a las tipologías de las áreas homogéneas del caso de estudio

Tipología	Descripción de la tipología	Características del área homogénea		Ponderación
		Localización	Edificación	
A1	Agrícola	Periferias de ciudades o pueblos	Económica	2
A2	Agrícola de riego	Periferias de ciudades o pueblos	Precaria	1
A4	Agrícola de temporal	Periferias de ciudades o pueblos	Precaria	1
C2	Comercial regular	Plazas y centros comerciales; zonas comerciales consolidadas	Regular	4
E1	Equipamiento	Fuera y dentro de centros urbanos	Regular	3
H1	Habitacional precaria	Asentamientos irregulares	Precaria	2
H2	Habitacional económica	Asentamientos espontáneos	Económica	3
H3	Habitacional interés social	Generalmente fuera de zonas consolidadas	Interés social	4
H4	Habitacional regular	Zonas consolidadas	Regular	5
H5	Habitacional buena	Zonas consolidadas	Buena	6
I1	Industrial económica	En forma aislada	Económica	2
I2	Industrial ligera	Conjuntos urbanos mixtos, parques industriales	Regular	3
L3	Especial	Reservas naturales	Invaluable	0

Fuente: Elaboración propia con base en lo establecido en el Reglamento del Título Quinto del Código Financiero del Estado de México 2016.

En la siguiente figura se muestra gráficamente la distribución de la ponderación del área homogénea establecida:

Figura 4.26. Ponderación de la tipología del área homogénea



Fuente: Proceso propio, 2017.

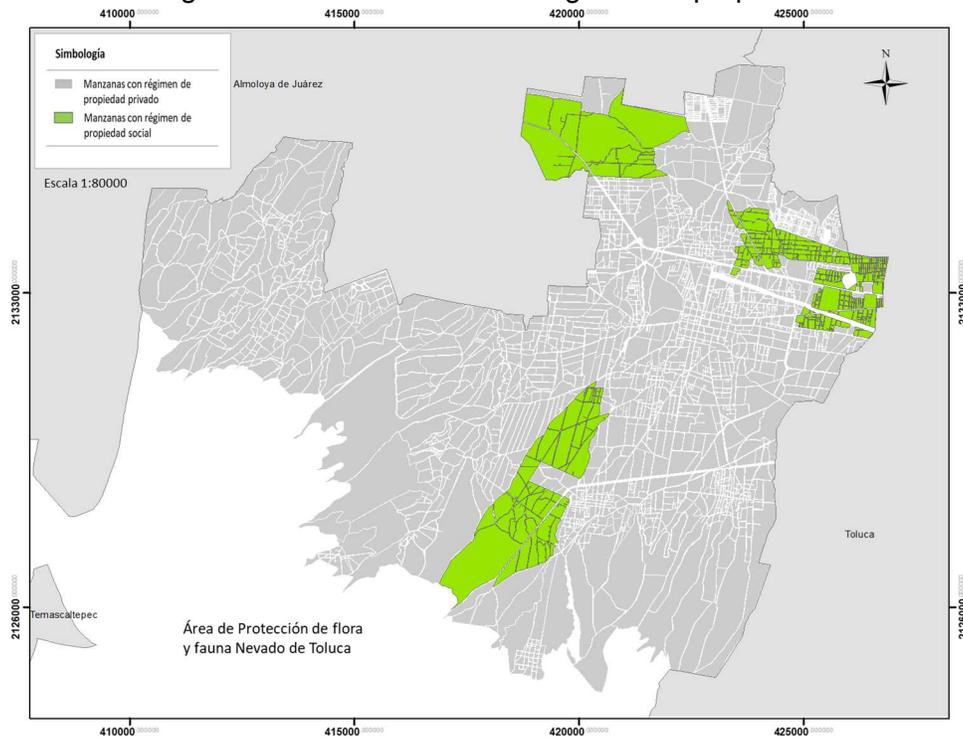
En el caso de las manzanas con régimen de propiedad social se aplicó un demérito del 30% con respecto a las manzanas con régimen de propiedad privado. Esto es, a las 338 manzanas identificadas con régimen de propiedad social se les asignó un valor de 0.7, mientras que a las 1,709 manzanas restantes se les asignó el valor de uno.

Cuadro 4.2. Ponderación del régimen de propiedad

Régimen	Ponderación
Propiedad privada	1
Propiedad social	0.7

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Figura 4.27. Ponderación del régimen de propiedad



Fuente: Proceso propio, 2017.

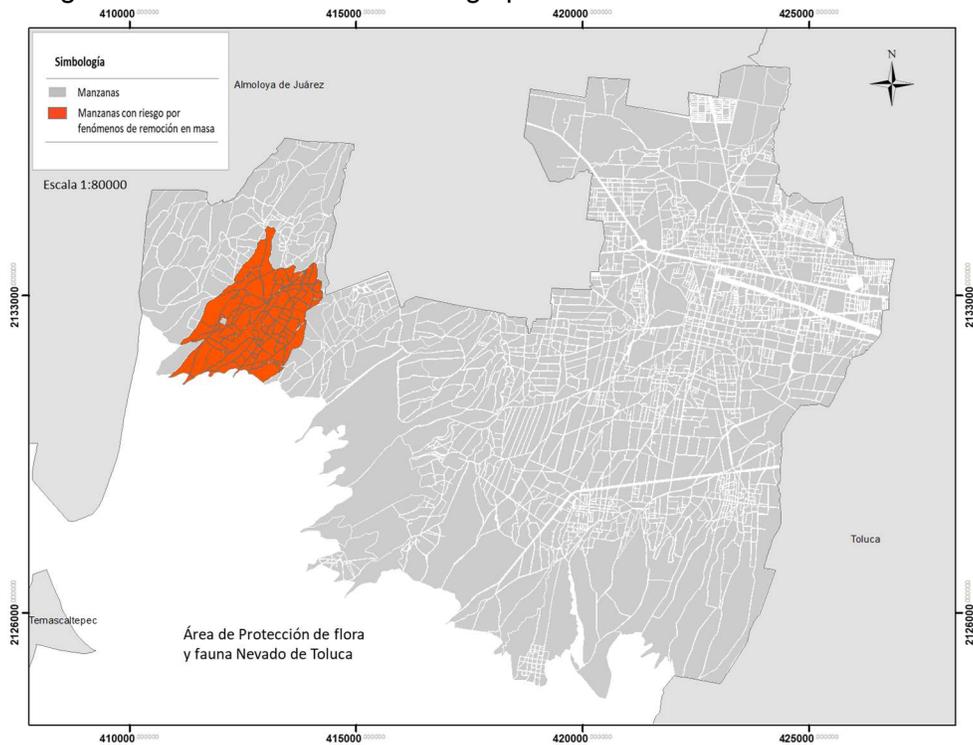
En cuanto a las zonas de riesgo, de acuerdo al Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Zinacantepec (2013), los mayores riesgos para la población son la remoción en masa y las inundaciones. En el caso del riesgo de fenómenos de remoción en masa se identifican 97 manzanas que presentan este tipo de riesgo, a las cuales se les asignó un valor de 0.7 con base en el criterio de que su valor se demerita 30% con respecto a las manzanas que no presentan este tipo de riesgo, a las cuales se les asignó el valor de uno.

Cuadro 4.3. Ponderación del riesgo por fenómenos de remoción en masa

Riesgo	Ponderación
Sin riesgo	1
Con riesgo	0.7

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Figura 4.28. Ponderación del riesgo por eventos de remoción en masa



Fuente: Proceso propio, 2017.

En el caso de riesgo por inundaciones se identificaron 252 manzanas con riesgo medio, alto y muy alto. La ponderación fue asignada con base en el nivel de riesgo, quedando como se muestra en el cuadro siguiente:

Cuadro 4.4. Ponderación del riesgo por inundaciones

Riesgo	Ponderación
Sin riesgo	1
Riesgo medio	0.9
Riesgo alto	0.7
Riesgo muy alto	0.5

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Figura 4.29. Ponderación del riesgo por inundación



Fuente: Proceso propio, 2017.

Una vez obtenidos los valores de los 28 indicadores, por medio del software SPSS versión 23 se obtuvieron sus estadísticos descriptivos, los cuales se muestran en el cuadro siguiente:

Cuadro 4.5. Estadísticos descriptivos de los indicadores

INDICADOR	N	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
VALOR_COM	2047	1	3712	1015.46	616.787
VALOR_CAT	2047	1	2285	282.96	252.754
LN_VALCOM	2047	0.00	8.22	6.5547	1.31787
LN_VALCAT	2047	0.00	7.73	5.0698	1.39059
CUS	2047	0.00	4.80	1.7271	.76577
COS	2047	0.00	.80	.6031	.24345
VIV_HA	2047	0	100	32.53	25.695
POND_TIPOL	2047	0	6	2.50	.752
POND_EJIDO	2047	.70	1.00	.9505	.11141
POND_RRM	2047	.70	1.00	.9858	.06375
POND_RINU	2047	.50	1.00	.9667	.10334
D_CENT_ALT	2047	30	12467	4199.15	2735.441

INDICADOR	N	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
D_CENT_MED	2047	62	12481	3422.83	2843.962
D_CENT_BAJ	2047	64	8395	3803.74	2199.522
D_OFIC_GOB	2047	10	5716	1542.97	981.096
D_VIALIDAD	2047	8	3316	784.91	726.772
D_MED_ESP	2047	26	8819	2363.13	1729.127
D_HOSP_GRA	2047	19	11323	2779.88	2674.947
D_CONSULTO	2047	27	7369	2670.65	1267.013
D_CLINICA	2047	38	8733	2597.11	1768.435
D_GUARDERI	2047	17	8669	2241.18	1794.719
D_PRIMARIA	2047	28	5398	908.10	814.744
D_SUPERIOR	2047	28	9689	2799.72	2140.868
D_MEDIA_SU	2047	62	7914	2024.90	1587.461
D_SECUNDAR	2047	32	5572	1018.85	765.348
D_PREESCOL	2047	8	3316	784.91	726.772
D_AH_H4	2047	0	11527	3376.93	2970.983
D_AH_H5	2047	0	11924	3424.34	2933.314
D_CERRADA	2047	0	11746	2494.98	2741.247
D_EJIDOS	2047	0	9187	1778.79	2002.172
D_RINUN	2047	1	3942	768.91	628.590
D_RRM	2047	0	12614	7424.06	3373.148
N VÁLIDO (POR LISTA)	2047				

Fuente: Proceso propio, 2018.

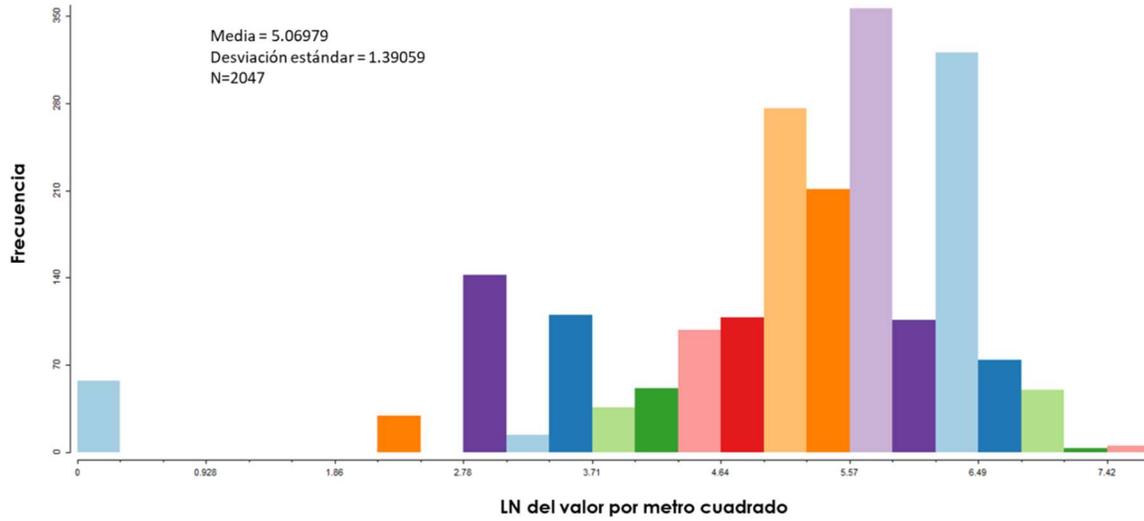
A fin de mejorar la normalización de la distribución de los valores catastrales de suelo y de atender a la forma funcional establecida para el modelo de precios hedónicos, se trabajó con la función logarítmica de la variable dependiente *valor catastral por metro cuadrado*, obteniéndose los siguientes estadísticos descriptivos:

Cuadro 4.6. Estadísticos descriptivos del universo original, valor catastral

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Valor catastral en \$	2047	1	2285	282.96	252.754
N válido	2047				

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Figura 4.30. Histograma del logaritmo natural del valor catastral de suelo por metro cuadrado



Fuente: Proceso propio, 2018.

Cuadro 4.7. Estadísticos descriptivos del universo original, logaritmo natural del valor catastral

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Ln(valor por metro cuadrado)	2047	0.00	7.73	5.06979	1.39059
N válido	2047				

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Como se observa en la Figura 4.31, existen manzanas cuyo valor por metro cuadrado se aleja significativamente del resto de los valores. Para minimizar esta tendencia y aproximar la distribución del valor por metro cuadrado a la normal, se excluyeron las manzanas con valores extremos bajo el criterio siguiente:

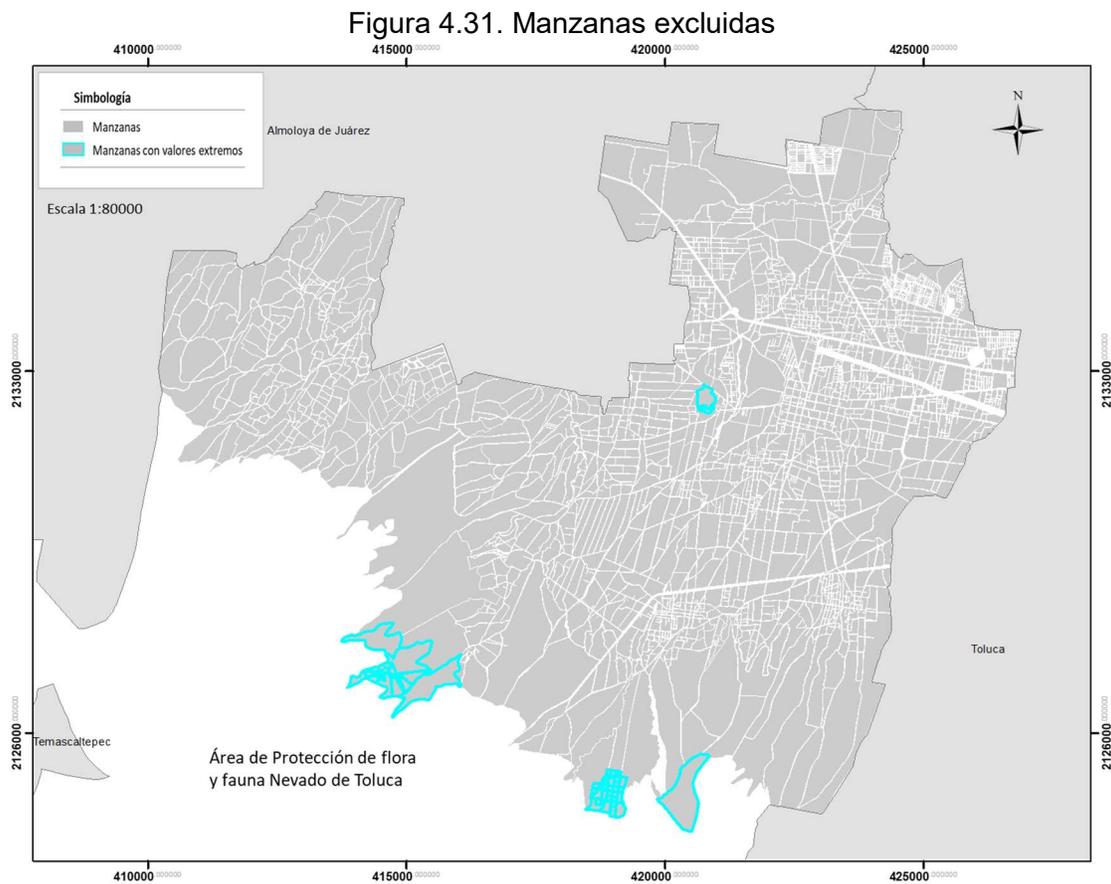
$$\overline{\text{Valorm}^2} - 2\sigma < \text{Valorm}^2 < \overline{\text{Valorm}^2} + 2\sigma$$

Donde

$\overline{\text{Valorm}^2}$ es el valor por metro cuadrado promedio de la manzana

σ es la desviación estándar

De esta forma quedaron excluidas las manzanas con valores unitarios igual a un peso, que corresponden a la clasificación de Área No Urbanizable y Área Natural de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca, mostradas en la siguiente figura:



Fuente: Proceso propio, 2018.

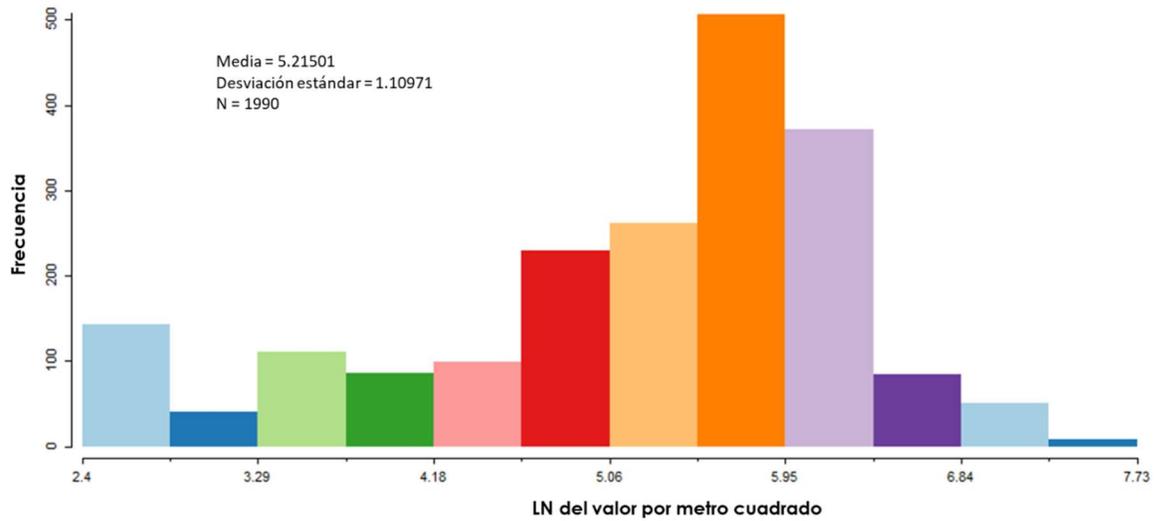
Aplicando el criterio de exclusión, el número de manzanas del área de estudio se redujo a 1990. A continuación se muestran los estadísticos descriptivos de este universo filtrado:

Cuadro 4.8. Estadísticos descriptivos del universo filtrado

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Valor catastral en \$	1990	11	2285	291.03	251.73
N válido	1990				

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Figura 4.32. Histograma del logaritmo natural del valor catastral, del universo filtrado



Fuente: Proceso propio, 2018.

Cuadro 4.9. Estadísticos descriptivos del universo filtrado, logaritmo natural del valor catastral

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Ln(valor por metro cuadrado)	1990	2.40	7.73	5.21501	1.10971
N válido	1990				

Fuente: Elaboración propia, 2018.

4.2. Indicadores con mayor relevancia en el valor catastral de suelo

Para identificar los indicadores de mayor contribución a la formación del valor de suelo y sus respectivos coeficientes, se utilizó el modelo de precios hedónicos en el universo redefinido de manzanas del área de estudio. Se aplicó la regresión lineal múltiple (MRLM) con el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) a partir de la conversión de la expresión del modelo de precios hedónicos a términos lineales:

$$\ln(\text{Valorm}^2) = \sum_i (\beta_{Ai} X_{Ai} + \beta_{Ji} X_{Ji} + \beta_{Ei} X_{Ei} + \beta_{Ti} X_{Ti}) + \varepsilon + e$$

Siguiendo la forma funcional del modelo de precios hedónicos, se estimó la correlación entre las variables independientes (los 28 indicadores definidos) y la variable dependiente (el logaritmo natural del valor catastral), mediante la correlación de Pearson¹⁷ en el software de IBM SPSS Statistics versión 23, dando como resultado la eliminación de 10 indicadores por no tener correlación significativa¹⁸: distancia a centros de importancia de jerarquía media, distancia a vialidades principales, distancia a instituciones de salud de medicina especializada, distancia a escuelas de educación superior, distancia a escuelas de nivel secundaria, distancia a escuelas de preescolar, distancia a áreas con tipología regular, distancia a áreas con tipología buena, distancia a guarderías y distancia a oficinas de gobierno.

A los indicadores restantes se aplicó el método de regresión lineal múltiple en el software de IBM SPSS Statistics versión 23, con la opción “por pasos sucesivos”, el cual elabora sucesivas ecuaciones de regresión en las que va añadiendo una variable independiente cada vez, y permite elegir el subconjunto de indicadores con mejor nivel de explicación para el modelo.

Se estableció como variable dependiente el logaritmo natural del valor catastral del suelo y como variables independientes los 18 indicadores con correlaciones significativas, obteniéndose los siguientes resultados para 13 modelos generados:

¹⁷ Ver resultados en el Anexo B.

¹⁸ Ver resultados en el Anexo C.

Cuadro 4.10. Resumen del modelo de regresión lineal múltiple

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	.708 ^a	.502	.501	.78365
2	.812 ^b	.660	.660	.64729
3	.842 ^c	.709	.708	.59943
4	.847 ^d	.717	.716	.59115
5	.849 ^e	.720	.720	.58748
6	.850 ^f	.722	.721	.58563
7	.850 ^g	.723	.722	.58495
8	.851 ^h	.724	.723	.58420
9	.851 ⁱ	.725	.724	.58322
10	.852 ^j	.726	.725	.58191
11	.852 ^k	.726	.725	.58182
12	.853 ^l	.727	.726	.58112
13	.853 ^m	.728	.726	.58065

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Considerando el máximo nivel de explicación (R^2) de los modelos resultantes y asegurando que los indicadores que le corresponden no presenten multicolinealidad¹⁹ (cuando el factor de inflación de la varianza -VIF- tiene valores superiores a 4²⁰), además de que no presente coeficientes con signo invertido respecto a la correlación con la variable dependiente, se seleccionó el modelo 13 que explica 72.7% el valor catastral de suelo, con las siguientes variables independientes (indicadores estandarizados): la ponderación de la tipología del área homogénea con valor de 0.434, la distancia a zonas de riesgo por eventos de remoción en masa con valor de 0.334, la distancia a centros de importancia de jerarquía alta con valor de -0.161, la distancia a consultorios médicos con valor de -0.052, la distancia a suelo con régimen de propiedad social con valor de 0.71, la

¹⁹ Según Bello (2005), la multicolinealidad se presenta cuando existe correlación entre las variables independientes del modelo. Es indeseable porque reduce el poder predictivo de cualquier variable independiente individual en la medida en que ésta esté correlacionada con otras variables independientes.

²⁰ El Factor de Inflación de la Varianza (FIV) mide el grado en que cada variable independiente se explica por otras variables independientes del mismo modelo. Según Mandeville (2008), "Valores del VIF mayores que 4 sugieren la existencia de multicolinealidad, y valores mayores que 10 indican la existencia de multicolinealidad grave".

distancia a escuelas de educación media superior con valor de -0.048, la distancia a centro de importancia de jerarquía baja con valor de -0.039, el coeficiente de ocupación de suelo con valor de 0.267, el número de viviendas por hectárea con valor de -0.090 y la ponderación del riesgo por inundaciones con valor de 0.030; el error estándar de este modelo es 0.58065.

Cuadro 4.11. Coeficientes del modelo seleccionado

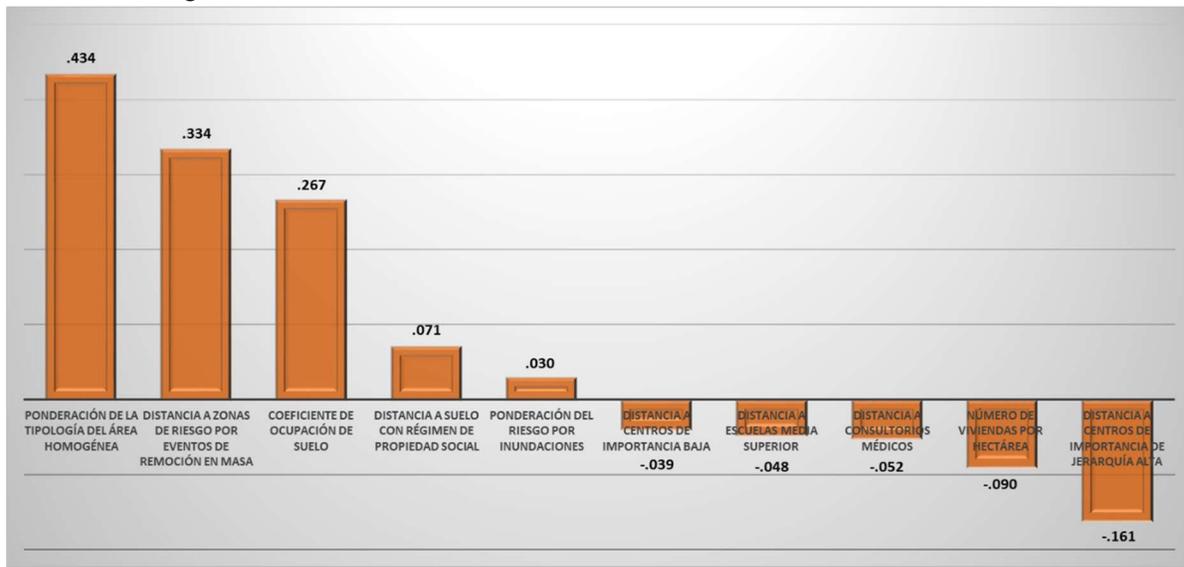
Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.	Estadísticas de colinealidad	
	B	Error estándar	Beta			Tolerancia	VIF
13 (Constante)	5.192	.013		397.131	0.000		
zpond_tipo	.482	.017	.434	28.125	.000	.579	1.728
zd_rrm	.367	.024	.334	15.044	.000	.280	3.570
zd_cent_al	-.184	.025	-.161	-7.485	.000	.297	3.364
zd_consult	-.058	.014	-.052	-4.158	.000	.881	1.135
zd_ejidos	.078	.023	.071	3.452	.001	.322	3.106
zd_media_s	-.053	.014	-.048	-3.713	.000	.840	1.190
zd_cent_ba	-.043	.014	-.039	-3.065	.002	.831	1.203
Zcos	.299	.020	.267	14.927	.000	.431	2.319
zviv_ha	-.099	.022	-.090	-4.624	.000	.362	2.761
zpond_rinu	.032	.014	.030	2.394	.017	.902	1.108

Variable dependiente: ln_valcat

Fuente: Elaboración propia, 2018.

En la siguiente gráfica se muestra la magnitud y la dirección de los coeficientes de los indicadores del modelo seleccionado, los cuales corresponden a los indicadores con mayor relevancia en el valor catastral de suelo, cumpliendo de esta forma el primer objetivo específico de esta investigación:

Figura 4.33. Relevancia de los indicadores del modelo seleccionado

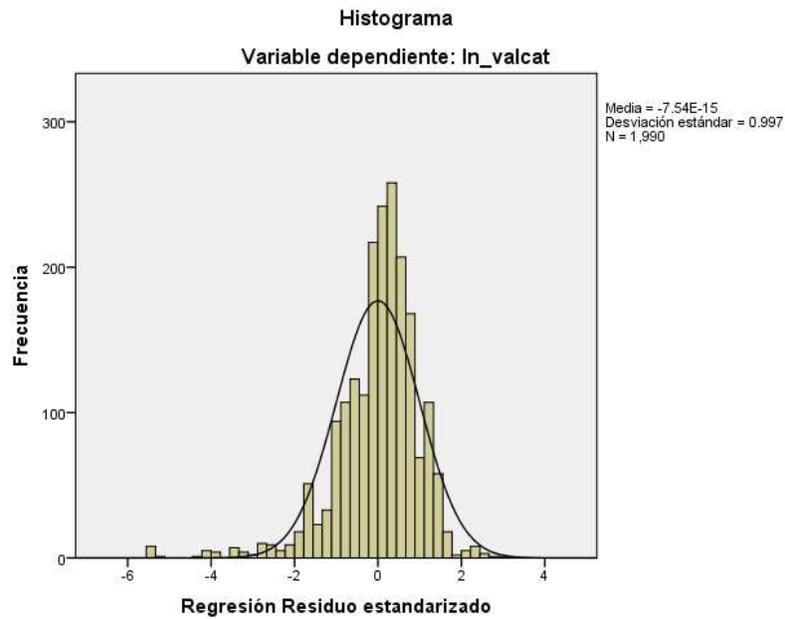


Fuente: Elaboración propia, 2018.

Los signos de los coeficientes indican: a mayor ponderación de la tipología del área homogénea, mayor es el valor de suelo; conforme aumenta la distancia a zonas de riesgo por eventos de remoción en masa, aumenta el valor de suelo; mientras mayor es el coeficiente de ocupación de suelo, mayor es el valor de éste; cuando aumenta la distancia a suelo con régimen de propiedad social, aumenta también el valor de suelo; a mayor ponderación de riesgo por inundaciones, mayor es el valor de suelo; mientras aumenta la distancia a centros de importancia de jerarquía baja, disminuye el valor de suelo; a mayor distancia a escuelas de nivel medio superior, menor es el valor de suelo; conforme aumenta la distancia a consultorios médicos, disminuye el valor de suelo; a mayor número de viviendas por hectárea menor es el valor de suelo; y mientras aumenta la distancia a centros de importancia de jerarquía alta, disminuye el valor de suelo.

El modelo se muestra gráficamente por medio del histograma de los residuos estandarizados, en donde se observa que la distribución de éstos es aproximadamente normal ya que, según Humarán (2010), en una distribución normal la media es igual a cero y la desviación estándar es igual a uno.

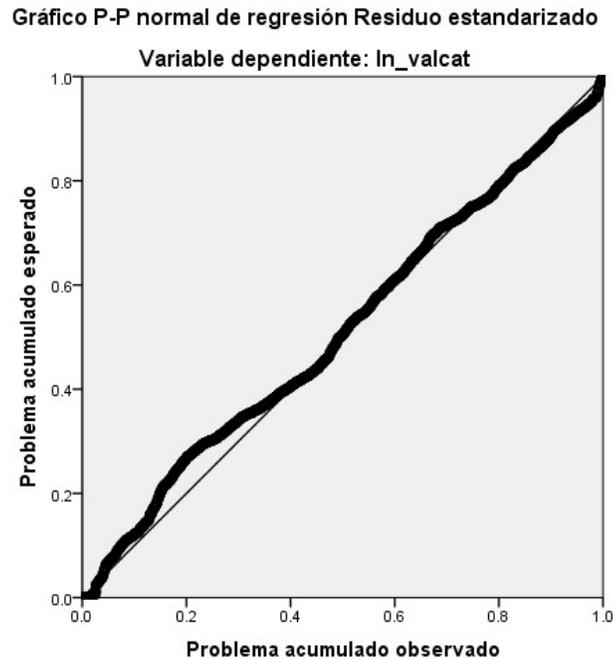
Figura 4.34. Histograma de los residuos



Fuente: Resultado de proceso, 2018

El ajuste del modelo se muestra en la figura siguiente:

Figura 4.35. Ajuste del modelo



Fuente: Resultado de proceso, 2018

Al aplicar la técnica de clasificación de clúster en el software SPSS versión 23, los indicadores del modelo seleccionado se clasificaron en tres categorías de acuerdo al valor absoluto de su coeficiente, resultando la jerarquía mostrada en el cuadro 4.12.

Cuadro 4.12 Jerarquía de los indicadores significativos en el modelo seleccionado

Indicador	Coefficiente	Valor absoluto del coeficiente	Jerarquía
Ponderación de la tipología del área homogénea	.434	.434	Muy importante
Distancia a área de riesgo por eventos de remoción en masa	.334	.334	Importante
Coefficiente de ocupación de suelo	.267	.267	Importante
Distancia a centro de importancia de jerarquía alta	-.161	.161	Poco importante
Número de viviendas por hectárea	-.090	.090	Poco importante
Distancia a suelo con régimen de propiedad social	.071	.071	Poco importante
Distancia a consultorios médicos	-.052	.052	Poco importante
Distancia a escuelas de nivel medio superior	-.048	.048	Poco importante
Distancia a centro de importancia de jerarquía baja	-.039	.039	Poco importante
Ponderación de riesgo por inundaciones	.030	.030	Poco importante

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Indicadores *muy importantes*:

Cuadro 4.13. Atributos del indicador muy importante

Atributo	Indicador
Jerarquización social	Ponderación de la tipología del área homogénea

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Indicadores *importantes*:

Cuadro 4.14. Atributos de los indicadores importantes

Atributo	Indicador
Elementos intrínsecos	Distancia a área de riesgo por eventos de remoción en masa
Externalidades urbanas	Coefficiente de ocupación de suelo

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Indicadores *poco importantes*:

Cuadro 4.15. Atributos de los indicadores poco importantes

Atributo	Indicador
Externalidades urbanas	Número de viviendas por hectárea
	Distancia a suelo con régimen de propiedad social
Accesibilidad	Distancia a centro de importancia de jerarquía alta
	Distancia a consultorios médicos
	Distancia a escuelas de nivel medio superior
	Distancia a centro de importancia de jerarquía baja
Elementos intrínsecos	Ponderación de riesgo por inundaciones

Fuente: Elaboración propia, 2018.

4.3. Autocorrelación espacial y heterogeneidad espacial de los indicadores con mayor relevancia en el valor catastral de suelo

La relevancia de comprobar la presencia de autocorrelación espacial y heterogeneidad espacial en los indicadores que resultaron ser los más relevantes en la conformación del valor de suelo, radica en que si estos dos elementos están presentes es necesario aplicar métodos de regresión espacial a fin de obtener modelos locales para cada una de las muestras.

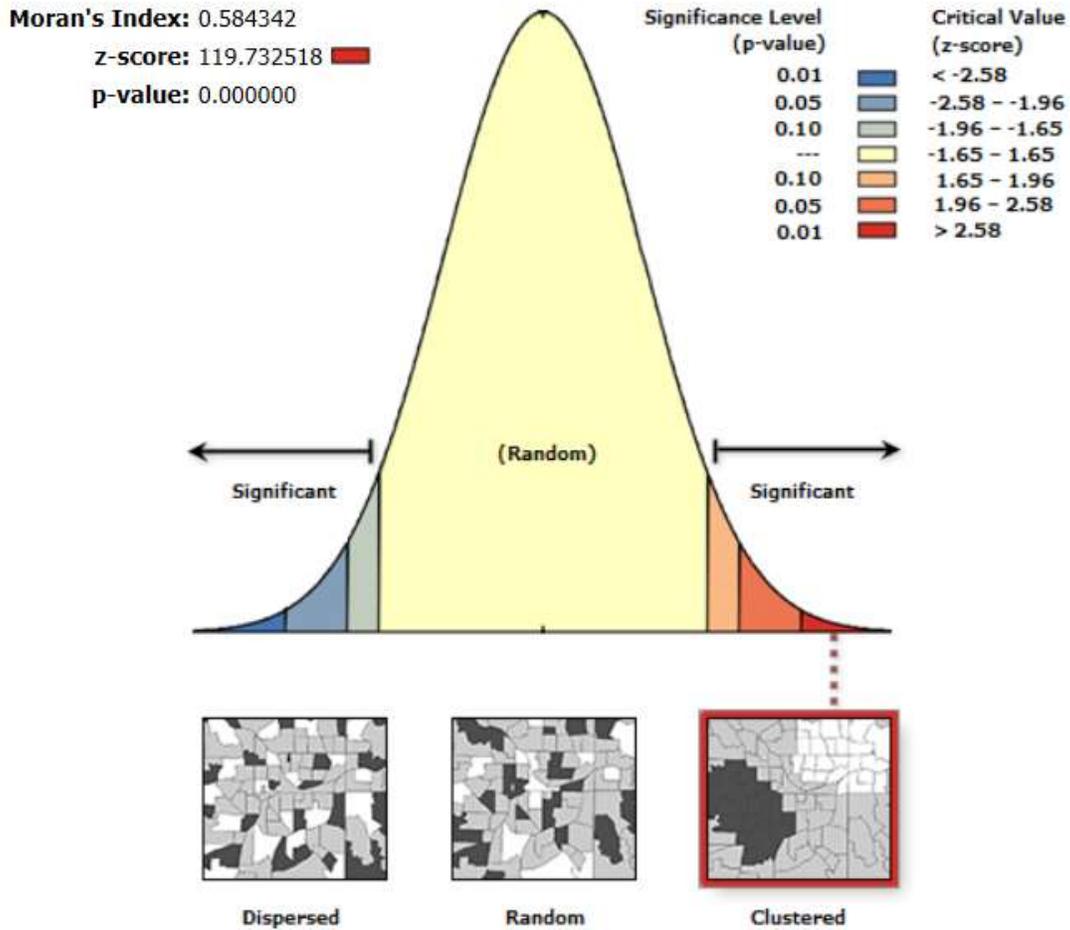
Para comprobar la existencia de autocorrelación espacial en el modelo seleccionado se utilizó el Índice de Morán, el cual mide la autocorrelación espacial basada en las ubicaciones y los valores de las entidades y evalúa si el patrón expresado está agrupado, disperso o es aleatorio.

Se aplicó el índice de Morán en el software ArcGis 10.3 a partir de las siguientes hipótesis:

H_0 : No existe autocorrelación espacial (los valores de suelo están distribuidos en forma aleatoria en el área de estudio).

H_1 : Existe autocorrelación espacial.

Figura 4.36. Resultado de la autocorrelación espacial mediante el índice de Morán



Fuente: Proceso propio, 2018.

El resultado señala que la distribución de los valores es agrupada (clustered) e indica que dado el valor $p = 0.01$ (el valor p correspondiente al área marcada con color rojo en la figura 4.36) hay una probabilidad de 1% de que este patrón agrupado pueda ser el resultado de una distribución aleatoria. Puede afirmarse que la concentración no es aleatoria, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existe autocorrelación espacial.

En cuanto a la heterogeneidad espacial, considerando que la heterocedasticidad es una manifestación de la heterogeneidad espacial en un modelo de regresión lineal múltiple (Charo, 2004), se identificó la heterocedasticidad del modelo mediante las

pruebas de hipótesis de Breusch-Pagan, Koenker-Bassett y de White, en las cuales resulta un valor p menor al nivel de significancia establecido como 0.01, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula que establece que el modelo presenta homocedasticidad y se concluye que el modelo es heterocedástico.

Cuadro 4.16. Pruebas de heterocedasticidad

DIAGNÓSTICO PARA HETEROCEDASTICIDAD			
PRUEBA	DF	VALOR	PROB
Breusch-Pagan	10	173.6656	0.00000
Koenker-Bassett	10	50.3990	0.00000
White	65	330.7592	0.00000

Fuente: Proceso propio en el software GeoDa versión 1.6.6, 2018.

Con la identificación de la presencia de autocorrelación espacial y de heterogeneidad espacial se alcanza el segundo objetivo específico de este trabajo y se concluye que es indispensable aplicar técnicas de regresión espacial, como el método GWR, a fin de obtener modelos que muestren el comportamiento local de los indicadores de mayor influencia en el valor de suelo.

4.4 Regresión Geográficamente Ponderada (GWR)

En la aplicación de este método se consideraron los diez indicadores resultantes de la técnica de regresión lineal múltiple. Se utilizó el software GWR (Fotheringham et al., 2002) primero para identificar los indicadores que tienen variabilidad espacial y aquellos a los que se deberá de dar un tratamiento de indicadores globales (los que son espacialmente estacionarios). Mediante la prueba de Monte Carlo se identificaron los indicadores que son variables en el espacio y los que son estacionarios. Al medir la significancia, esta prueba señala los indicadores significativos con base en el valor p. El cuadro 4.17 muestra el resultado de esta. Los indicadores que son estacionarios en el espacio se señalan con la etiqueta “n/s” y los que presentan variabilidad espacial se señalan con “****”.

Cuadro 4.17. Prueba de significancia de Monte Carlo

Prueba de variabilidad espacial		
Prueba de significancia de Monte Carlo		
Procedimiento de Hope (1968)		
Parámetro	Valor-p	
Intercepto	0.00000	***
zcos	0.00000	***
zviv_ha	0.00000	***
zpond_ti	0.00000	***
zpond_ri	0.00000	***
zd_cen_a	0.00000	***
zd_cen_b	0.09000	n/s
zd_cons	0.00000	***
zd_media	0.00000	***
zd_ejido	0.00000	***
zd_rrm	0.00000	***

*** = significancia al nivel 0.1%

Fuente: Proceso propio, 2018.

De la prueba de Monte Carlo se identificó que el indicador *distancia a centro de importancia de jerarquía baja (zd_cen_b)* no tiene variabilidad espacial y por lo tanto debe ser considerado como fijo o estable en el espacio. Al resto de los indicadores se les dio el tratamiento de locales, ya que esta prueba señaló que son heterogéneos espacialmente.

Se aplicó la técnica semiparamétrica del método GWR. En la ejecución del método se especificó el indicador que tiene comportamiento global y los nueve indicadores con comportamiento local.

Al estar los elementos de la muestra distribuidos por todo el territorio, el resultado del método GWR es la obtención de un micro modelo para cada uno de ellos, de tal forma que cada uno tendrá un comportamiento distinto de los valores de los indicadores en cuanto a la magnitud y en algunos casos también en la dirección.

La evaluación de la calidad del ajuste del método GWR se realizó mediante el nivel explicativo del modelo (la R^2) y el error estándar de la regresión. El modelo general tiene un nivel explicativo mayor que el modelo resultante de la técnica de regresión lineal múltiple y un valor Akaike²¹ menor, lo que evidencia que es mejor modelo con respecto al obtenido de la regresión lineal múltiple:

Cuadro 4.18. Nivel explicativo y criterio de información Akaike

Modelo	Nivel explicativo	AIC
Regresión lineal múltiple	72.7%	3500.1856
GWR	81.9%	2781.5808

Fuente: Proceso propio, 2018.

En el análisis de los modelos individuales se identifica que las regresiones locales presentaron coeficientes con niveles explicativos que fluctúan en un rango de 55.46% a 84.44%. A partir de la clasificación de los valores de la R^2 de Rojo (2007), la cual se muestra en el cuadro 4.19, se concluye que a pesar de los diferentes valores del nivel explicativo de los modelos locales en todos los casos éste es bueno.

Cuadro 4.19. Clasificación de los valores de la R^2

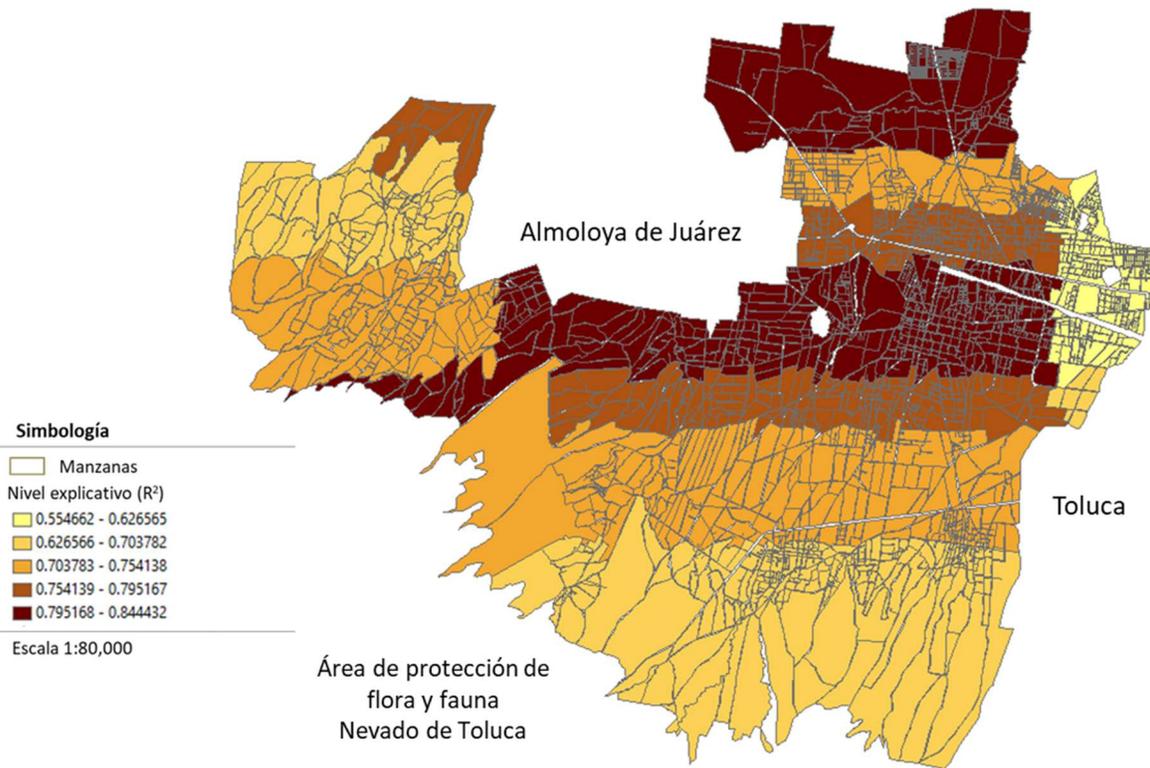
Menor de 30%	30% a 40%	40% a 50%	50% a 85%	Mayor de 85%
Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Sospechoso

Fuente: Rojo J., 2007.

La figura 4.37 muestra la distribución espacial del nivel explicativo de los modelos locales.

²¹ El criterio de información Akaike (AIC) es una medida de la bondad del ajuste del modelo que describe la relación entre la exactitud y complejidad del modelo. No es una prueba del modelo en el sentido de probar una hipótesis nula, es una herramienta para seleccionar el mejor modelo entre varios de ellos.

Figura 4.37. Nivel explicativo del modelo (R^2 local)

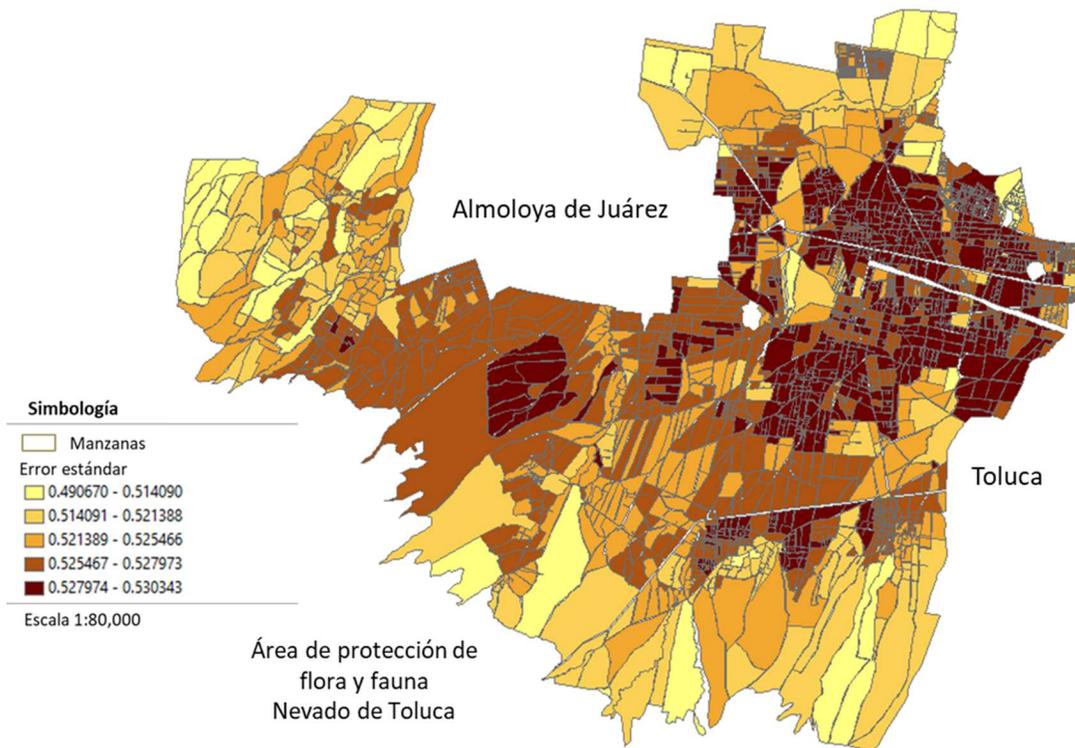


Fuente: Proceso propio, 2018.

En cuanto al error estándar, la figura 4.38 muestra la distribución de los errores locales del modelo resultante del método GWR y en ella se observa que se comporta heterogéneamente en el espacio.

Lo anterior muestra que la calidad del ajuste del método GWR depende de la ubicación de cada elemento de la muestra, ya que tanto la R^2 que mide qué proporción de la variación de la variable dependiente es explicada por los indicadores incluidos en el modelo, como el error estándar que estima la variabilidad del componente de la ecuación que no se puede explicar con los indicadores considerados, tienen valores diferentes en cada manzana.

Figura 4.38. Error estándar del modelo GWR



Fuente: Proceso propio, 2018.

4.5. Variabilidad espacial de los indicadores con mayor relevancia en el valor catastral de suelo

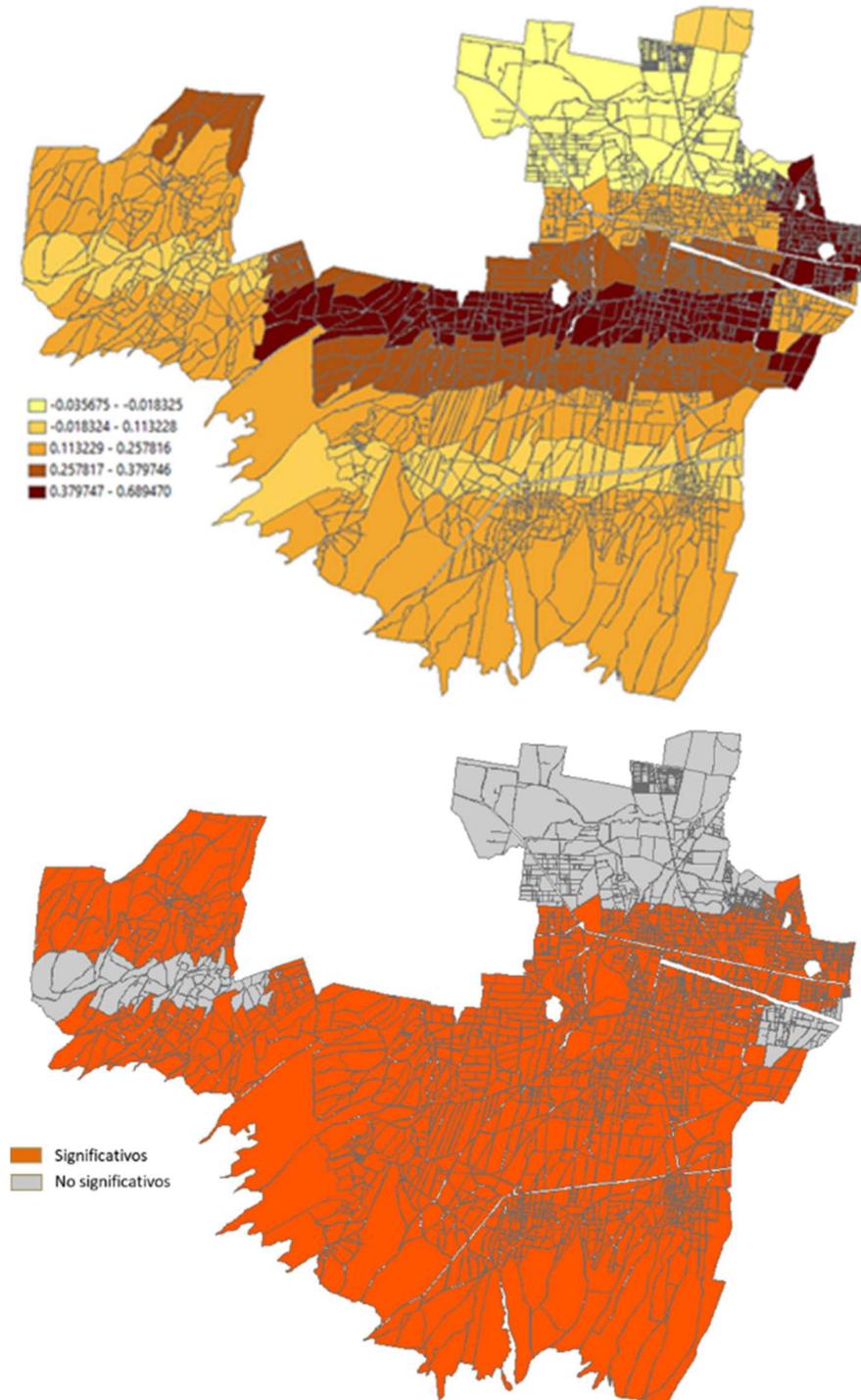
La variabilidad espacial de los diez indicadores con la contribución más significativa en el valor de suelo muestra que el aporte de cada uno de ellos al valor de suelo es diferente en cada modelo local, es decir, está en función de la ubicación de cada elemento de la muestra: el mismo indicador tiene diferente influencia en el valor catastral de suelo dependiendo de la ubicación de la manzana.

La heterogeneidad espacial de los indicadores se demuestra por medio de las gráficas del comportamiento de los coeficientes resultantes en los modelos locales obtenidos.

La figura 4.39 muestra en los incisos de a) a j) los distintos valores que toman los coeficientes locales en el territorio municipal, lo que hace visible su variabilidad espacial, seguidas de las figuras que corresponden a la significancia estadística -con un nivel de confianza de 90%- de la variabilidad de los coeficientes de los modelos locales.

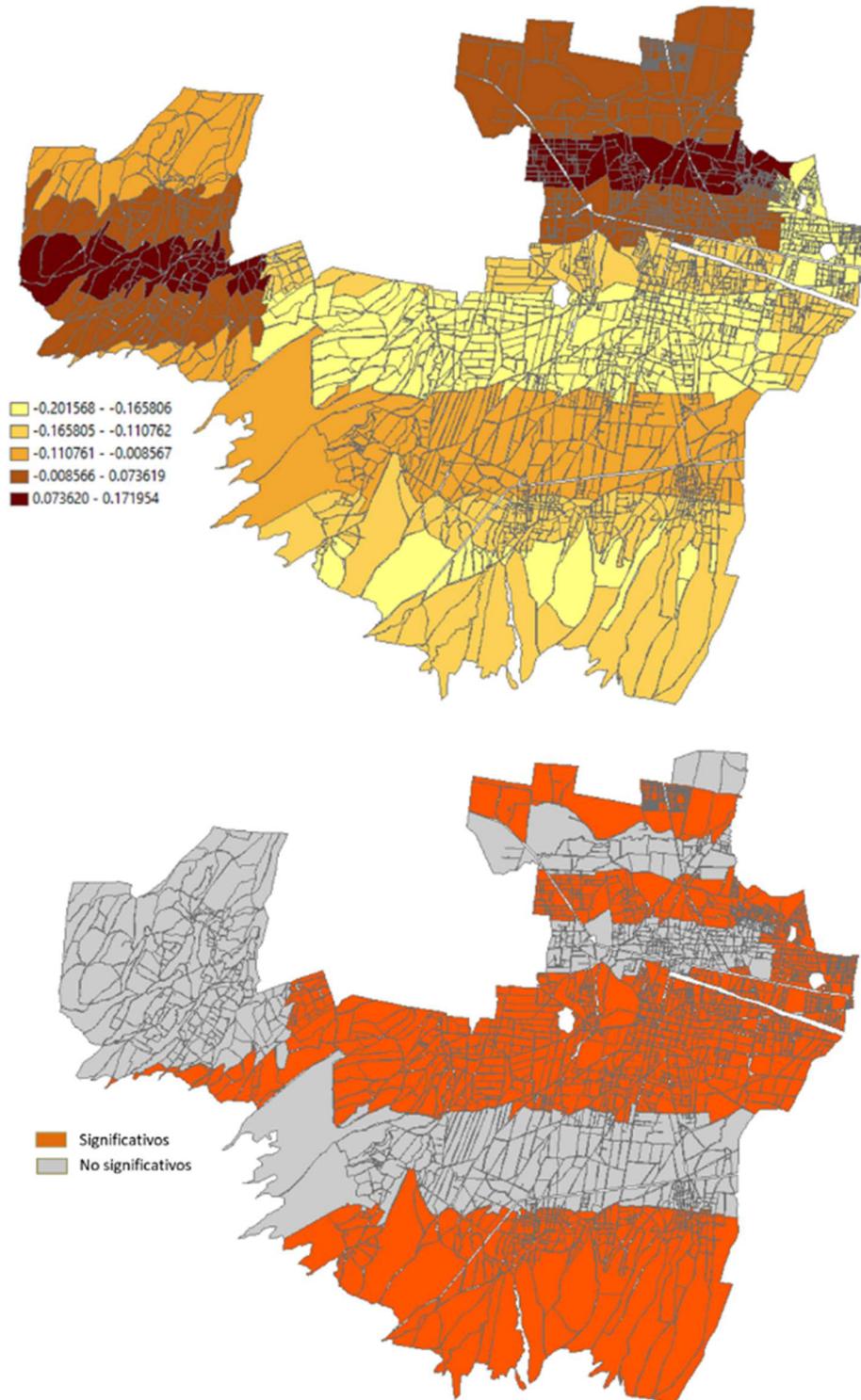
Figura 4.39. Valores de los coeficientes de cada indicador y significancia estadística

a) Coeficiente de ocupación de suelo



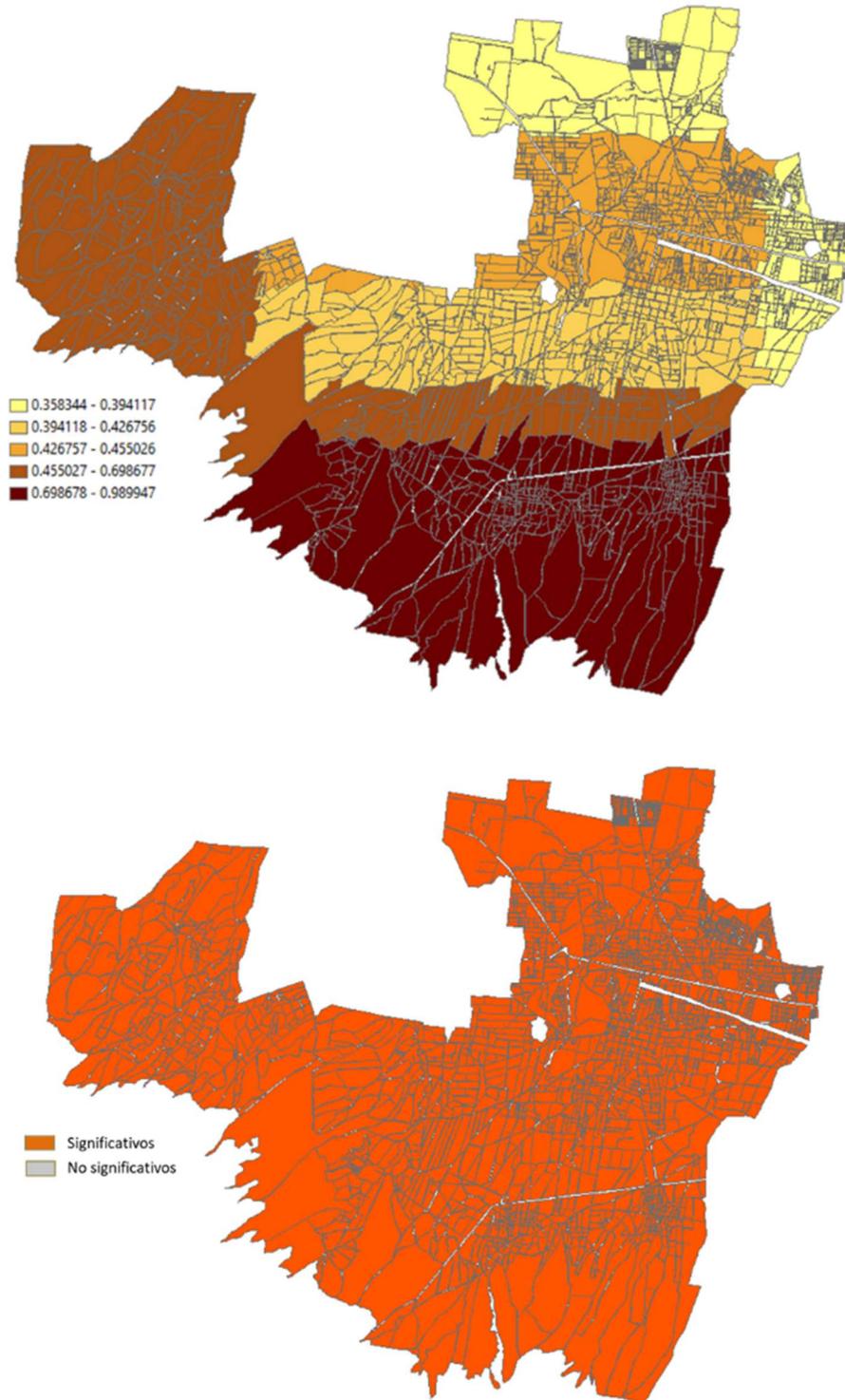
Fuente: Proceso propio, 2018.

b) Número de viviendas por hectárea



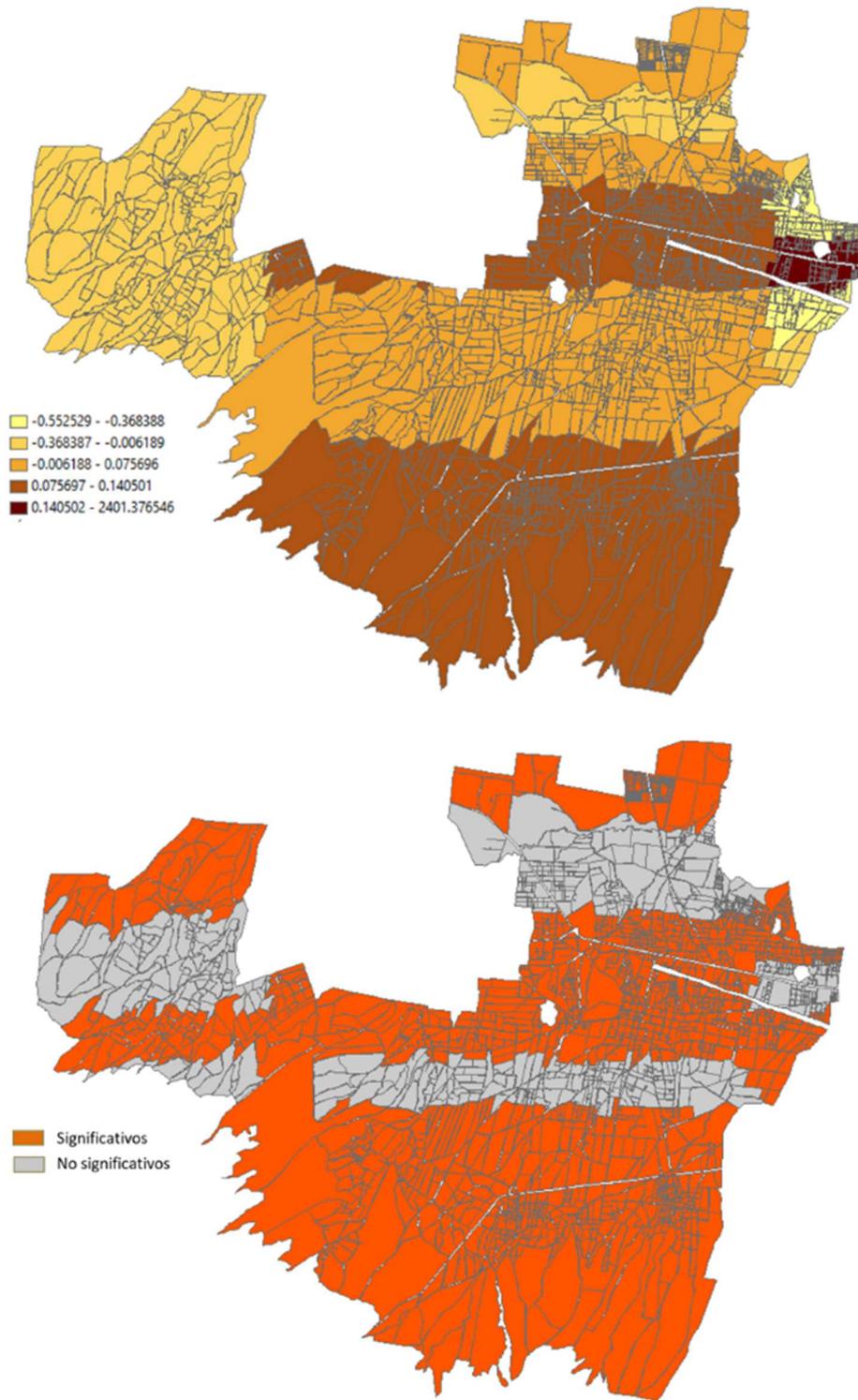
Fuente: Proceso propio, 2018.

c) Tipología del área homogénea



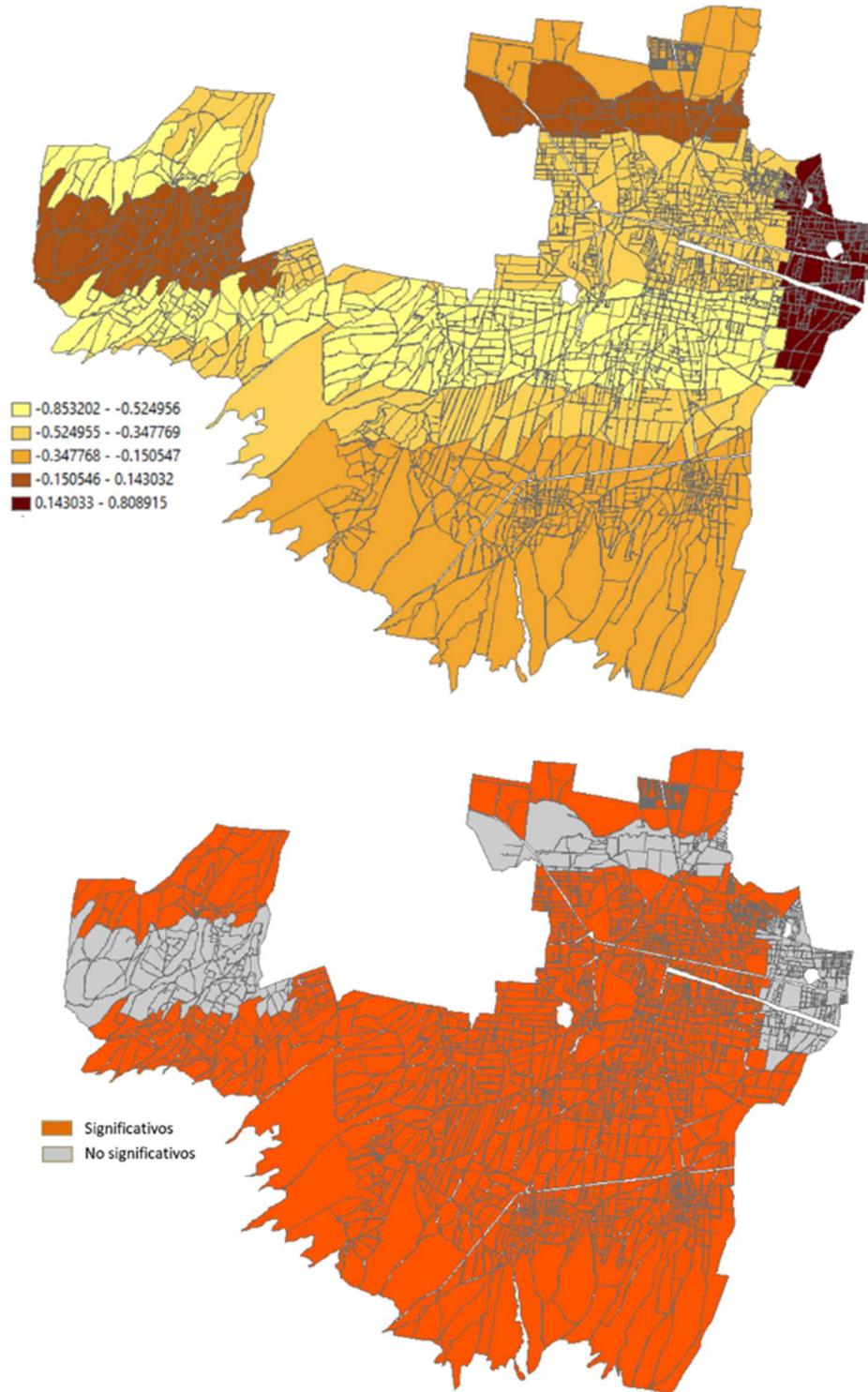
Fuente: Proceso propio, 2018.

d) Ponderación de riesgo por inundaciones



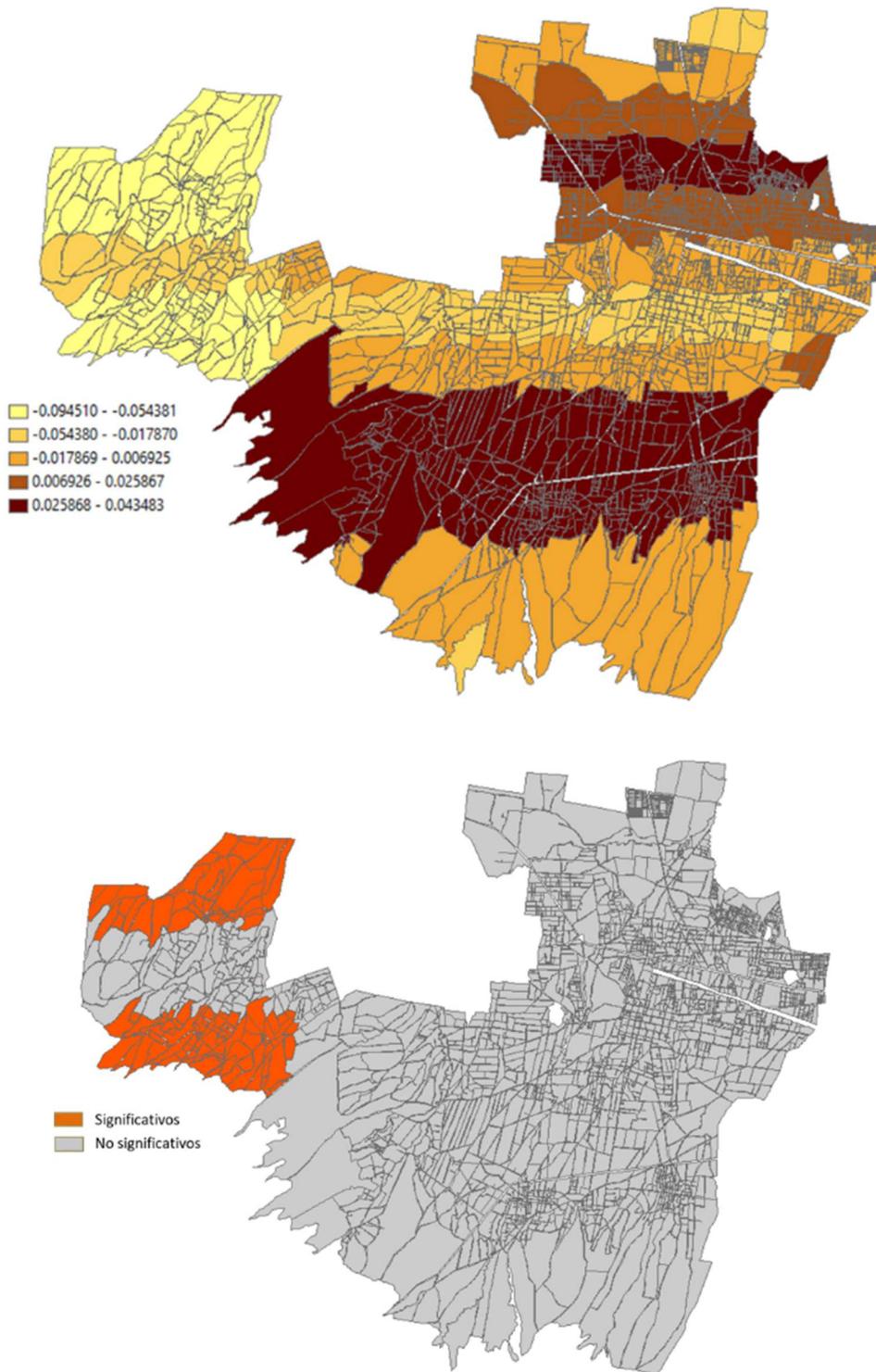
Fuente: Proceso propio, 2018.

e) Distancia a centros de importancia de jerarquía alta



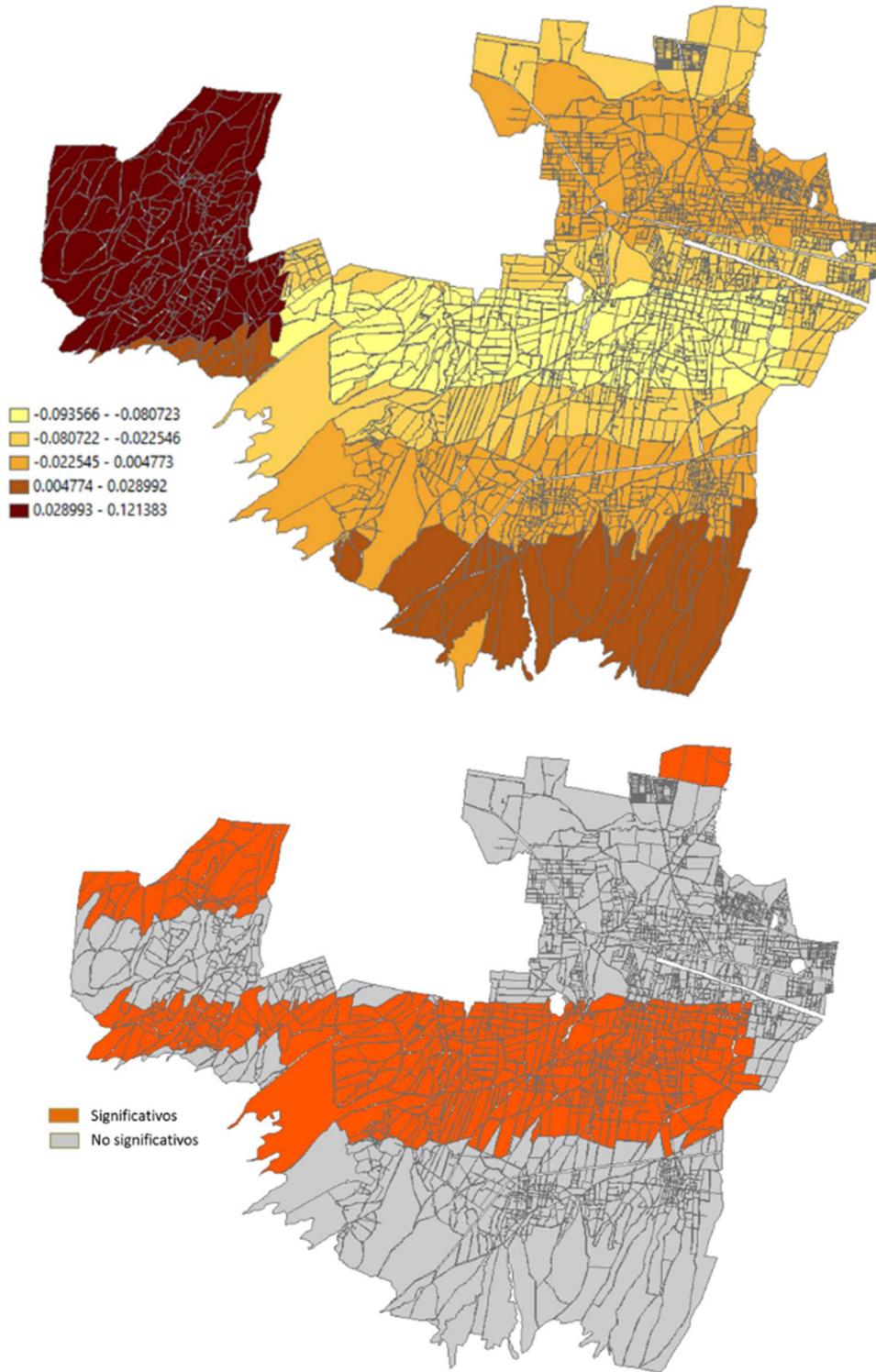
Fuente: Proceso propio, 2018.

f) Distancia a centros de importancia de jerarquía baja



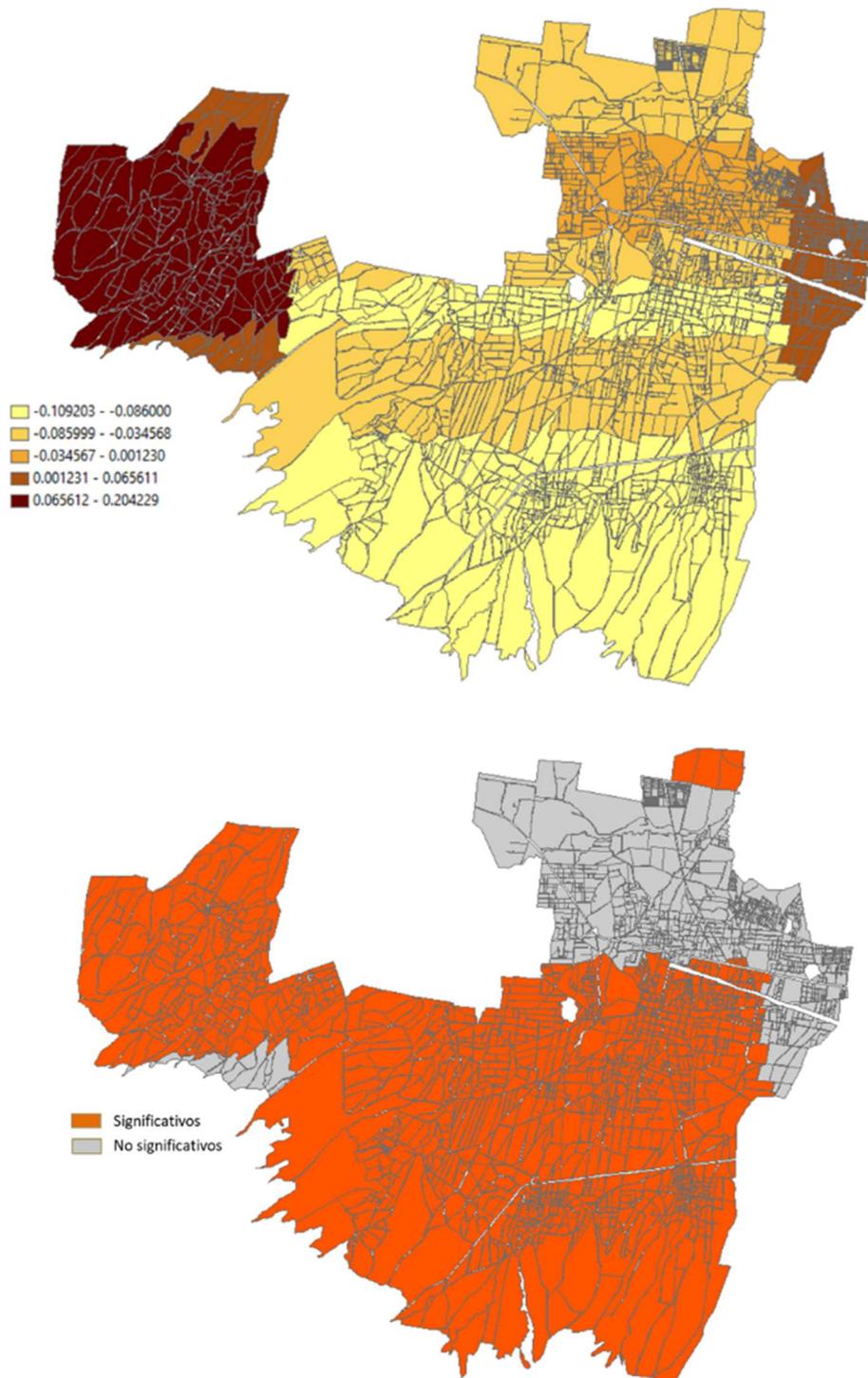
Fuente: Proceso propio, 2018.

g) Distancia a consultorio médico



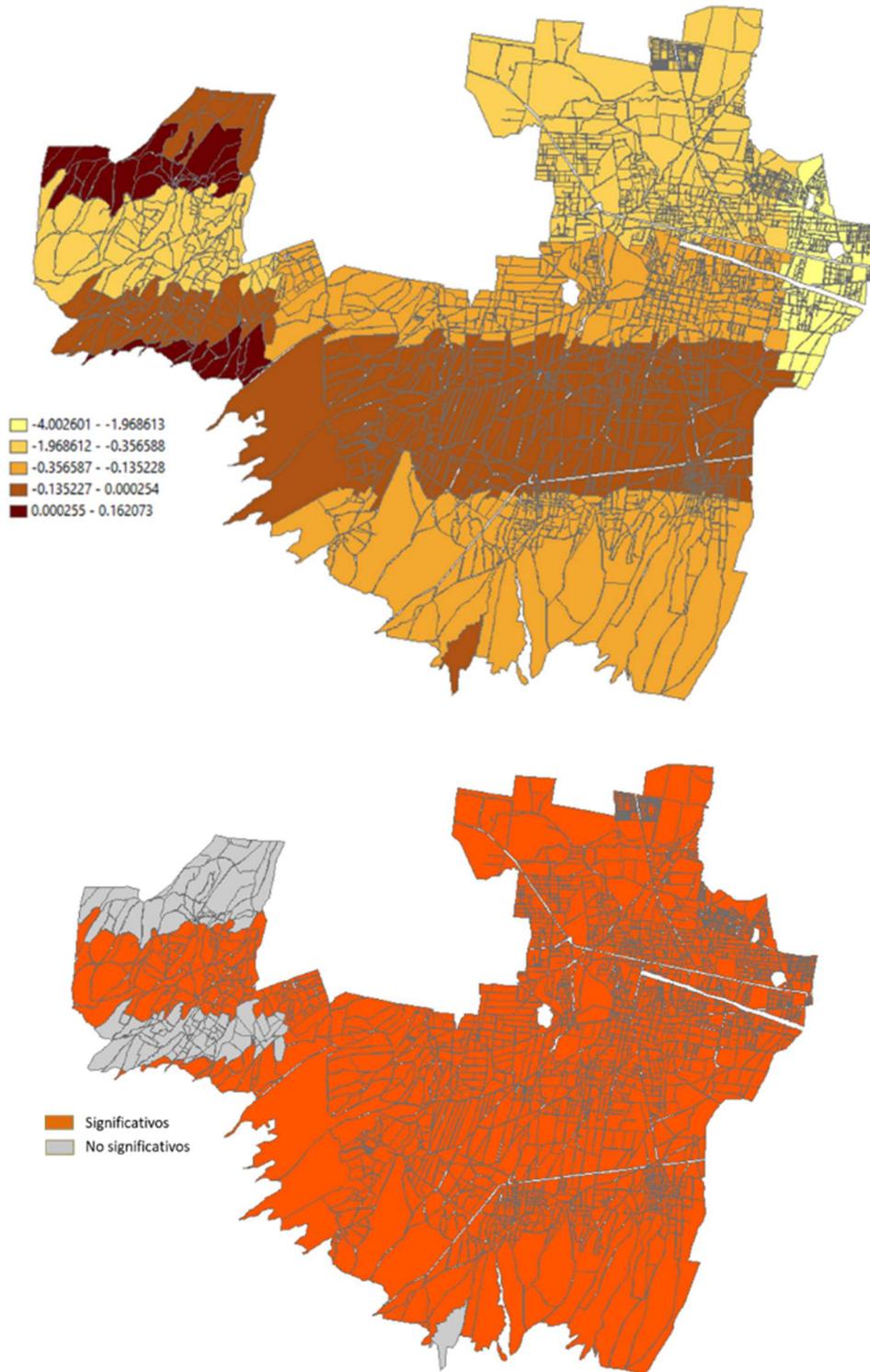
Fuente: Proceso propio, 2018.

h) Distancia a institución educativa de nivel medio superior



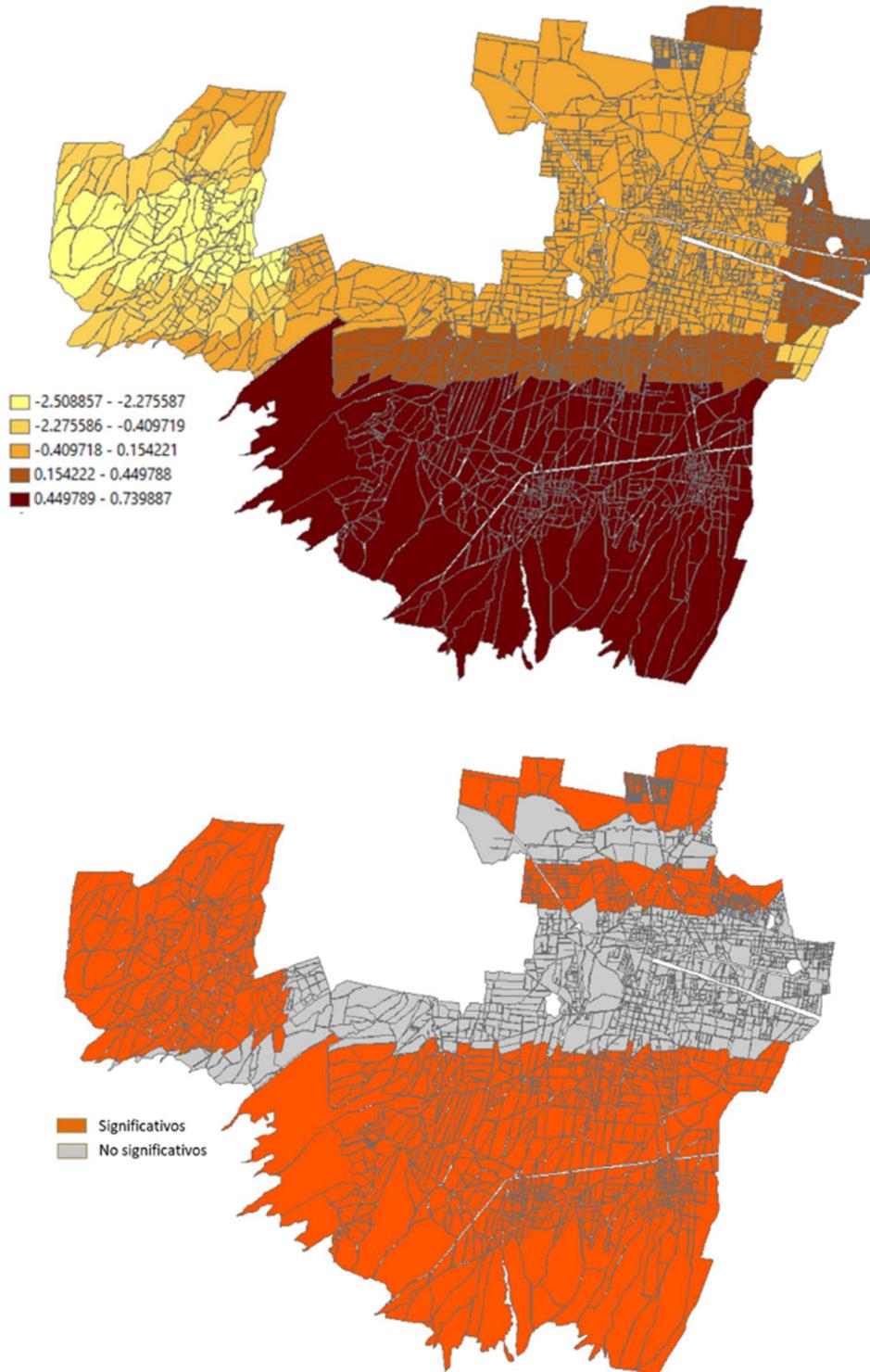
Fuente: Proceso propio, 2018.

i) Distancia a suelo de propiedad social



Fuente: Proceso propio, 2018.

j) Distancia a zonas de riesgo por eventos de remoción en masa



Fuente: Proceso propio, 2018.

Las figuras evidencian que los diez indicadores que resultaron los más significativos en la conformación del valor de suelo varían en el espacio. Esto es, sus coeficientes son distintos en magnitud y dirección dependiendo de la ubicación de la manzana a la que corresponde cada modelo local resultante del método GWR.

Con la evidencia gráfica mostrada se cumple el tercer objetivo específico de esta investigación.

Síntesis del capítulo

Para obtener los valores derivados de los 28 indicadores se aplicó el método de doble umbral y herramientas de geoprocésamiento en un sistema de información geográfica. Con estos valores se utilizó el modelo de precios hedónicos con el propósito de identificar los indicadores que mayormente contribuyen en el valor catastral de suelo. A fin de hacerla funcional, la ecuación del modelo de precios hedónicos fue transformada a una expresión semilogarítmica, la cual fue resuelta mediante el modelo de regresión lineal múltiple con la técnica de mínimos cuadrados ordinarios, resultando trece modelos de los cuales se seleccionó el mejor de ellos.

El modelo seleccionado incluye diez indicadores con un nivel explicativo de 72.7% y muestra el comportamiento promedio de los coeficientes de los indicadores más significativos en el valor catastral de suelo a nivel global. La autocorrelación espacial y la heterogeneidad espacial identificada en el modelo justificó la utilización de un método de regresión espacial: la GWR.

El método GWR fue aplicado identificando primero los indicadores con comportamiento global (los que permanecen fijos en el espacio), y los que tienen comportamiento local, es decir, que varían espacialmente. Se consideraron las dos medidas de bondad de ajuste para evaluar la calidad del modelo de regresión: la R^2 (nivel explicativo del modelo) y el error estándar. El resultado presenta un nivel

explicativo general de 81.9%; los modelos locales resultantes para cada una de las 1990 manzanas que integran la muestra analizada presentaron niveles explicativos en un rango de 55.46% a 84.44%. A partir de la clasificación de Rojo (2007), se puede afirmar que el nivel explicativo del modelo global y de los modelos locales es bueno.

En lo que respecta al error estándar, en los modelos locales éste fluctúa en un rango de 0.4906 a 0.5303 contra 0.58065 del modelo global. Si se considera que el error estándar es la parte de la ecuación de regresión que no se puede explicar con los indicadores tomados en cuenta y que a menor valor del error es mayor la calidad de ajuste del modelo, se puede aseverar que, con los mismos indicadores, los modelos locales explican mejor la variabilidad de la variable dependiente con respecto al modelo global.

En cuanto a la significancia estadística, se identifica que el indicador que menos significancia muestra es la *distancia a centros de importancia de jerarquía baja*, el cual fue identificado por el software GWR como un indicador de comportamiento global, sin variabilidad espacial significativa, lo cual coincide con la prueba estadística.

Conclusiones y recomendaciones

Se concluye que se logró el objetivo general de esta investigación, el cual consiste en la elaboración mediante análisis espacial de un modelo explicativo de la determinación del valor catastral del suelo, con base en los atributos de accesibilidad, jerarquización social, externalidades urbanísticas y elementos intrínsecos de las áreas homogéneas del municipio de Zinacantepec, Estado de México. Se sustenta en la obtención de un modelo global del territorio que toma en cuenta los atributos seleccionados y muestra la aportación de los indicadores que mayormente contribuyen en la formación del valor catastral de suelo.

Se identificaron los indicadores relativos a los atributos de accesibilidad, jerarquización social, externalidades urbanísticas y elementos intrínsecos con mayor relevancia en el valor catastral de suelo y se obtuvieron los valores de sus coeficientes; se identificó la correlación y la heterogeneidad espacial de los indicadores con mayor relevancia en el valor catastral de suelo; y se comprobó la variabilidad espacial en el territorio municipal de los indicadores más significativos en el valor catastral de suelo. Considerando lo anterior, se afirma que los objetivos específicos fueron alcanzados.

Los indicadores con mayor relevancia en el valor catastral de suelo en el municipio de Zinacantepec son los siguientes: la ponderación de la tipología del área homogénea, la distancia a zonas de riesgo por eventos de remoción en masa, la distancia a centros de importancia de jerarquía alta, la distancia a consultorios médicos, la distancia a suelo con régimen de propiedad social, la distancia a escuelas de educación media superior, la distancia a centro de importancia de jerarquía baja, el coeficiente de ocupación de suelo, el número de viviendas por hectárea y la ponderación del riesgo por inundaciones.

En el aspecto teórico

Del resultado se concluye que la ubicación es un factor sustancial en el valor de suelo, como lo afirma la teoría de la localización que atribuye la formación del valor del suelo a partir de la accesibilidad, pero no es el factor determinante sino un factor condicionante; se identifica que actualmente factores como la jerarquización social y elementos socioeconómicos adquieren una mayor relevancia, de acuerdo con la teoría de la jerarquización social que resaltan el prestigio social y diferenciación social del espacio en el valor del suelo.

Se identifican elementos que intervienen de forma significativa en el valor de suelo que hasta hace poco no habían sido considerados: las externalidades urbanísticas como los altos niveles de ruido y la contaminación visual y del medio ambiente, conforme lo establece la teoría de las externalidades urbanísticas en la cual el factor que explica el valor del suelo es la “deseabilidad”.

El modelo global obtenido muestra la preferencia esperada de las características que se buscan en el mercado de suelo y que impactan en su valor: la inclinación por la cercanía a entornos de nivel socioeconómico de medio a alto, suelo que ofrezca la posibilidad de un mayor aprovechamiento de la superficie, localizado lejos de zonas de riesgos, cercano a centros de importancia concentradores de comercios y servicios, que tenga fácil acceso a instituciones educativas y de salud y con ubicación alejada de suelo de vocación agrícola. Tanto la magnitud como la dirección de los coeficientes resultan coherentes y lógicos considerando los elementos que se privilegian en el mercado de suelo.

Los resultados de este trabajo manifiestan que el valor de suelo no es homogéneo en el territorio y que depende de múltiples factores.

En el aspecto metodológico

En relación con la metodología atendida, se partió de información georreferenciada individualmente en un sistema de información geográfica, de la cual se obtuvieron los valores de los indicadores previamente definidos, mediante herramientas de geoprocésamiento. Se analizaron 1990 manzanas de acuerdo con los indicadores que señala la normatividad estatal en materia de valuación catastral de suelo, los cuales se clasificaron en cuatro tipos de atributos: de accesibilidad, de jerarquización social, de externalidades urbanísticas y de elementos intrínsecos. Se concluye que la metodología permitió crear un modelo para explicar la contribución de ellos en la composición del valor catastral de suelo, finalizando con la obtención de un modelo general del municipio y un modelo local para cada una de las manzanas analizadas, con los indicadores más significativos

En lo que concierne a los modelos y métodos utilizados, en el modelo de precios hedónicos se consideraron 28 indicadores, de los cuales se eliminaron 10 por no tener correlación significativa con la variable dependiente; se aplicó el modelo de regresión lineal múltiple a los 18 restantes y por identificarse colinealidad fueron eliminados 8, resultando un modelo general del municipio con los 10 indicadores más significativos en la composición del valor catastral de suelo.

Tratándose de variables de naturaleza espacial, la literatura indica que es necesario comprobar la presencia de autocorrelación y heterogeneidad espacial del modelo para justificar la aplicación de métodos de regresión espacial, y una vez realizada la comprobación, se requiere identificar los indicadores que no tienen una variabilidad espacial significativa a fin de darles un tratamiento de indicadores globales en la calibración del modelo de regresión espacial, en este caso el método utilizado fue la GWR.

Se concluye que los modelos resultantes del método GWR muestran la variabilidad espacial de los coeficientes de los indicadores y manifiestan diferencias importantes

en el comportamiento de los coeficientes de los indicadores a nivel local con respecto al modelo global, tanto en la magnitud como en la dirección de los coeficientes. Lo anterior revela que en ciertas áreas del municipio se privilegian características del suelo que en otras zonas no tienen la misma importancia o que, incluso, se consideran indeseables, influyendo de manera negativa en el valor del suelo.

Se concluye que la calidad de los modelos obtenidos es buena, ya que el rango de valores de la R^2 de los modelos locales fluctúa de 55.46% a 84.44%. Este rango de valores de la R^2 expresa que el nivel en el cual los coeficientes de los indicadores explican la composición del valor catastral de suelo difiere dependiendo de la ubicación de la manzana que se trate.

Por otro lado, el valor del error estándar de los modelos locales –la parte del valor de la variable dependiente que no se puede explicar con los atributos considerados-, en todos los casos es menor que el error resultante del modelo global, lo cual significa que los modelos obtenidos del método GWR explican de mejor forma la composición del valor catastral de suelo. Es importante tomar en cuenta que el error estándar de los indicadores muestra que dentro del mismo modelo local, el método estima con mayor o menor precisión los coeficientes de los diferentes indicadores.

En el aspecto empírico

Se deduce que las manzanas que pertenecen a la misma área homogénea pero tienen niveles explicativos significativamente diferentes entre ellas no son tan homogéneas (no comparten las mismas características entre ellas).

Se infiere que la brecha en los valores del nivel explicativo de los modelos locales (de 55.46% a 84.44%) se debe a que en ciertas zonas del municipio (en las manzanas con los niveles explicativos más bajos) es necesario considerar variables

adicionales a las tomadas en cuenta a fin de obtener modelos locales que expliquen mejor la composición del valor de suelo.

Uno de los mayores retos es identificar las variables que es conveniente incluir en el análisis, ya que un número grande de ellas puede producir un modelo demasiado general y complejo, pero si con la intención de simplificar el análisis se dejan fuera de éstas variables que son importantes para explicar el evento analizado se corre el riesgo de obtener un modelo que no explique satisfactoriamente la relación entre las variables independientes y la variable dependiente.

En este sentido, es importante considerar que en la selección de las variables debe imperar tanto el sustento teórico como la significación estadística. Sin embargo, una conjetura surgida es que, si una o más variables resultaran no significativas estadísticamente (si por ejemplo no muestran una correlación significativa con la variable dependiente) pero existe un sustento teórico robusto que justifique mantenerla dentro del análisis, es conveniente conservarla, ya que las pruebas estadísticas no son infalibles.

En el aspecto estadístico se recomienda no perder de vista que un modelo es una aproximación de la realidad sin ser la realidad misma, y que muchas de las pruebas estadísticas están sujetas a criterios disímiles entre sí, por ejemplo los siguientes: a) en el caso del factor de influencia de la varianza (VIF) que evidencia la presencia de colinealidad en el modelo de regresión, algunos autores argumentan que se deben eliminar los coeficientes con VIF mayor a 4, pero otros afirman que el criterio para eliminarlos es que este valor sea mayor a 7, otros argumentan que debe ser mayor a 7.5 y otros mayor a 10; el modelo cambia significativamente de acuerdo al valor que se tome de referencia; b) ¿A partir de cuál valor el nivel explicativo (la R^2) del modelo es aceptable y cuándo se supone que no es un “buen” modelo?; c) ¿Cuándo se considera que una muestra es de tamaño pequeño y a partir de cuántos elementos es una muestra grande?; d) En el caso de los estadísticos F, Koenker - Bassett, Jarque-Bera, Breusch-Pagan, White, etcétera ¿a partir de cuál valor se

considera que son elevados y cuándo tienen valores bajos? De lo anterior se deduce que en la creación de un modelo se consideran múltiples factores, algunos de ellos son objetivos pero otros son subjetivos, dependen del criterio y decisiones que tome el investigador, lo cual puede cambiar en forma radical el resultado obtenido.

En lo relativo a la aportación en el análisis espacial en el tema de los valores catastrales, ésta se ve reflejada en la construcción de una metodología acorde al problema planteado la cual involucra herramientas de análisis espacial y de técnicas y métodos congruentes con datos de naturaleza espacial, además de contribuir a la investigación y conocimiento de la determinación de los valores catastrales, el cual es un tema muy poco explorado en el ámbito local.

En lo que respecta a los aportes de esta investigación, son importantes tanto en el ámbito de la tributación de impuestos sobre la propiedad inmobiliaria como en proveer mecanismos e instrumentos de planificación y ordenamiento territorial, ya que este trabajo evidencia la heterogeneidad espacial al interior del territorio municipal, hace visible las diferencias en infraestructura urbana y en las condiciones de accesibilidad al equipamiento urbano y a los servicios públicos, lo cual es conveniente identificar y analizar a fin de diseñar acciones que reduzcan los desequilibrios espaciales.

La validación de los resultados requiere de la opinión de expertos en el ámbito de la valuación inmobiliaria que ratifiquen el modelo obtenido, aunado a la aplicación de la metodología seguida, la cual es fácil reproducir y automatizar, en municipios con características diferentes al que se tomó como caso de estudio en cuanto a condiciones socioeconómicas, de infraestructura y equipamiento urbano, vocación, historia e idiosincrasia.

Se identifican áreas de oportunidad en lo que respecta a los aspectos que la normatividad estatal en materia de valuación catastral de suelo establece como obligatorios a tomar en cuenta: es conveniente considerar variables adicionales a las

actuales, relativas a la jerarquización social de la población. Además se recomienda incluir variables de fuentes oficiales que provean información sobre las condiciones sociales y económicas de los habitantes del municipio, lo cual impacta en el valor del suelo. Aunque no significa que a mayor número de variables analizadas resulte un mejor modelo, la diversidad de los datos de entrada seguramente enriquecerá y robustecerá el modelo resultante.

Con la metodología propuesta se abre una línea de investigación para obtener un factor de homogeneidad por cada manzana a partir del comportamiento de los coeficientes de los indicadores que resultaron significativos en los modelos obtenidos, esto con el propósito de identificar y agrupar las manzanas que son homogéneas y generar una propuesta de reconfiguración de las áreas homogéneas del territorio municipal, la cual es la base de la valuación catastral del suelo. Contando con una delimitación objetiva y confiable de las áreas homogéneas se tendrían bases sólidas y robustas para una valuación catastral de suelo más justa y equitativa.

Bibliografía

- Agudelo, J.E.; Agudelo, G.A.; Franco, L.C.; Franco, L.E. 2015. Efecto de un estadio deportivo en los precios de arrendamiento de viviendas: una aplicación de regresión ponderada geográficamente (GWR). *Ecos de Economía*. 19(40):66-80.
- Armengot, Jaime y Ramírez, Gema (2013). La incidencia del coeficiente k de mercado en la valoración catastral del suelo. *Revista CT: Catastro*, número 79, páginas 25-42. Consultado el 30 de octubre de 2016, disponible en <http://www.catastro.meh.es/documentos/publicaciones/ct/ct79/2.pdf>.
- Arias, Carlos; Ortíz, Romina; Cardozo, Olvaldo y Da Silva, Cristian (2013). Análisis de la Distribución Espacial de Actividades Económicas en la Ciudad de Resistencia, Argentina. V Seminario Internacional Sobre Políticas Urbanas, Gestión Territorial y Ambiental para el Desarrollo Local. Resistencia: Instituto de Planeamiento Urbano y Regional-Facultad de Arquitectura y Urbanismo-UNNE.
- Bello, León (2005). *Estadística como apoyo a la investigación*. Universidad de Antioquia, Colombia.
- Bernat, Jordi (2004). Los cambios en la estructura de valores en el territorio: el ejemplo de Barcelona. *Revista CT: Catastro*, número 51, páginas 41-58. Consultado el 18 de junio de 2016, disponible en http://www.catastro.minhap.gob.es/esp/ct_catastro.asp.
- Briseño, José de Jesús. (2005). *Métodos catastrales para la valuación de predios urbanos*. Tesis de Maestría en Valuación Inmobiliaria e Industrial. Instituto Tecnológico de la Construcción. Hermosillo, Sonora, México.
- Consultado el 30 de octubre de 2016, disponible en <https://www.researchgate.net/publication/237401464>.
- Buzai, Gustavo (2010). Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica: sus cinco conceptos fundamentales. En Buzai, Gustavo (ed.) *Geografía y Sistemas de Información Geográfica. Aspectos conceptuales y aplicaciones*. Universidad Nacional de Luján – GESIG. Luján. pág. 163-195. Consultado el

- 5 de octubre de 2016, disponible en <http://www.gesig-proeg.com.ar/documentos/articulos/2010-BUZAI-CAP7.pdf>.
- Buzai, Gustavo (2011). Geografía y Sistemas de Información Geográfica. Evolución teórico-metodológica hacia campos emergentes. Revista Geográfica de América Central, número especial, primer semestre, pág. 15-67. Consultado el 5 de octubre de 2016, disponible en http://www.humanas.unal.edu.co/geografia/files/6113/9326/9811/Textos_examen_de_Admision_Maestria_2014-02.pdf.
- Buzai, Gustavo y Baxendale, Claudia (2013). Aportes del análisis geográfico con sistemas de información geográfica como herramienta teórica, metodológica y tecnológica para la práctica del ordenamiento territorial. Revista Persona y Sociedad, volumen XXVII, número 2, pág. 113-141. Consultado el 5 de octubre de 2016, disponible en <http://repositorio.uahurtado.cl/bitstream/handle/11242/3529/27-2-2013-113.pdf?sequence=1>.
- Buzai, Gustavo; Cacace, Graciela; Humacata, Luis; Lanzelotti, Sonia (compiladores) (2015). Teoría y métodos de la geografía cuantitativa: libro 1: Por una geografía de lo real. Edit. MCA Libros: Mercedes, Argentina. Consultado el 30 de octubre de 2016, disponible en <http://www.gesig-proeg.com.ar/documentos/libros/Libro23.pdf>.
- Borrero, Óscar (2014). Aplicaciones de Catastro en la definición de políticas de suelo urbano. Lincoln Institute of Land Policy: Cambridge, EU.
- Caloni, Nicolás. (2012). Análisis Espacial con Evaluación Multicriterio. Madrid: Editorial Académica Española.
- Chaso, C. 2003. Métodos gráficos del análisis exploratorio de datos espaciales. Instituto de Economía Aplicada. Universidad Autónoma de Madrid. Madrid.
- Chaso, C. 2004. Modelos de heterogeneidad espacial. Universidad Autónoma de Madrid. Madrid.
- Código Financiero del Estado de México y Municipios (2016). Consultado el 14 de abril de 2016, disponible en <http://legislacion.edomex.gob.mx/legistel>.

- Collazos, Elda; Gamboa, Wilma; Prado, Pablo y Verardi, Vincenzo (2006). Análisis espacial del precio de oferta de la vivienda en el área metropolitana de Cochabamba. *Revista Latinoamericana de Desarrollo Económico*, número 6, págs. 33-62. Recuperado el 14 de octubre de 2016, disponible en http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2074-47062006000100003&lng=es&tlng=es.
- Consejo Federal del Catastro de la República de Argentina. (2015). *Métodos Valuorios en La República Argentina*. Buenos Aires: Consejo Federal del Catastro de la República de Argentina.
- Corbetta, Piergiorgio (2007). *Metodología y técnicas de investigación social*. Editorial McGraw-Hill: Madrid.
- Da Silva, Cristian; Cardozo, Osvaldo; Odriozola, Jorge y Bondar, Carlos (2013). Usos del Suelo: Distribución, Análisis y Clasificación con Sistemas de Información Geográfica (SIG). *Revista Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GESIG-UNLU, Luján)*, número 5, páginas 142-152. Consultado el 18 de junio de 2016, disponible en <http://www.gesig-proeg.com.ar/documentos/revista-geosig/2013/ARTICULO-08-DA-SILVA.pdf>.
- Da Silva, Cristian; Cardozo, Osvaldo; Odriozola, Jorge; Bondar, Carlos y Brillada, Diego (2014). Uso Comercial del Suelo y Transporte Público en el Centro de la Ciudad de Resistencia, Argentina. XVIII Congreso Panamericano de Ingeniería del Tránsito, Transporte y Logística, páginas 1-18. Santander. Consultado el 22 de junio de 2016, disponible en <http://www.gesig-proeg.com.ar/documentos/revista-geosig/2013/ARTICULO-08-DA-SILVA.pdf+&cd=2&hl=es&ct=clnk&gl=mx>.
- Da Silva, Cristian y Cardozo, Osvaldo (2015). Evaluación Multicriterio y Sistemas de Información Geográfica aplicados a la definición de espacios potenciales para uso del suelo residencial en Resistencia (Argentina). *Revista GeoFocus*, número 16, páginas 23-40. Consultado el 18 de junio de 2016, disponible en <http://www.geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/445>.

- De Arce, Rafael y Mahía, Ramón (2008). Conceptos básicos sobre la heterocedasticidad en el modelo básico de regresión lineal y tratamiento con E-VIEWS. Universidad Autónoma de Madrid.
- De Lama, Felipe (2015). Determinación de las cualidades de valor. Influencia de la renta disponible en la adquisición de la vivienda. Revista CT: Catastro, número 83, páginas 51-72. Consultado el 18 de junio de 2016, disponible en http://www.catastro.minhap.gob.es/esp/ct_catastro.asp.
- Duch, Néstor (2005). La teoría de la localización. Universidad de Barcelona. Consultado el 24 de octubre de 2016, disponible en http://www.eco.ub.es/~nduch/postgrau_archivos/Duch_localizacion.pdf.
- Duque, Juan; Velásquez, Hermilson y Agudelo, Jorge (2011). Infraestructura pública y precios de vivienda: una aplicación de regresión geográficamente ponderada en el contexto de precios hedónicos. Revista Ecos de Economía, volumen 15, año 33, páginas 95-122. Consultado el 10 de octubre de 2016, disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/ecos/v15n33/v15n33a5.pdf>.
- Eckert, Joseph (1990). Tasación de la propiedad y administración de la evaluación. Asociación Internacional de Oficiales de la Evaluación. Chicago, EU.
- Fernández, Cristina y García, Eva (2014). Urbanismo inmobiliario, la especulación como forma hegemónica de hacer ciudad. Revista GEOcrítica, XIII Coloquio Internacional de Geocrítica: El control del espacio y los espacios de control. Universidad de Barcelona. Consultado el 19 de junio de 2016, disponible en <http://www.ub.edu/geocrit/coloquio2014/Eva%20Garcia%20Perez.pdf>.
- Fotheringham, A.S.; Brunson, C.; Charlton, M.; 2002. Geographically Weighted Regression. The analysis of spatially varying relationships. John Wiley & Sons Ltd. New York.
- Franco, Sergio y Valdez, Eugenia (2003). Principios básicos de cartografía y cartografía automatizada. Universidad Autónoma del Estado de México: Toluca, México.
- García, Teresa y Vicente, Ana (2004). Propuesta metodológica para la valoración de fincas rústicas en Navarra mediante el uso de herramientas SIG. En “El empleo de los SIG y la Teledetección en Planificación Territorial”, Conesa C.

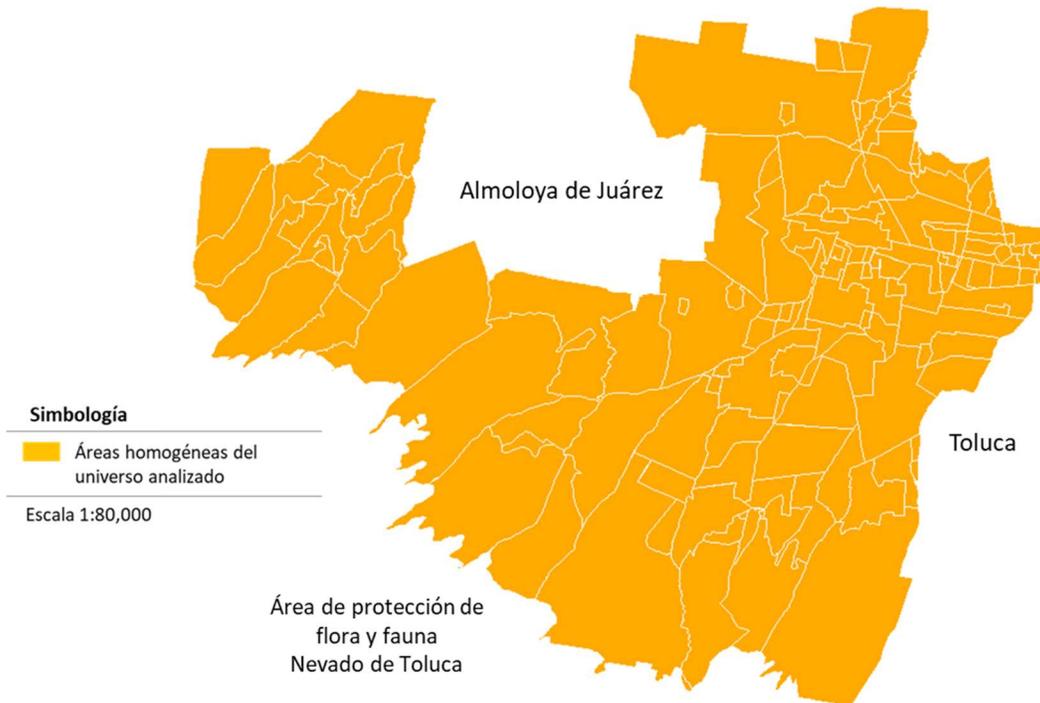
- (Edit.). Murcia: Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio y la Universidad de Murcia.
- Gargallo, P.; Miguel J.A.; Salvador, M. 2014. Filtraje Espacial Bayesiano para Modelos Hedónicos: Una Aplicación al Mercado Inmobiliario Español. International Conference on Regional Science: Financing and the role of the regions and towns in economic recovery. Facultad de Economía y Empresa y Parainfo. Universidad de Zaragoza. Zaragoza.
- Garrocho, Carlos; Chávez, Tania; Álvarez, José (2002). La dimensión espacial de la competencia comercial. El Colegio Mexiquense, A.C.; Universidad Autónoma del Estado de México: Zinacantepec, México.
- Garrocho, Carlos y Campos, Juan (2007). Dinámica de la estructura policéntrica del empleo terciario en el área metropolitana de Toluca, 1994-2004. Revista Papeles de Población, número 52, páginas 110-135, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México.
- Guimet, Jordi (2002). Valoración catastral de inmuebles urbanos. Descripción práctica. Universidad Politécnica de Catalunya: Barcelona, España.
- Gutiérrez-Puebla, J.; García-Palomares, J.C.; Daniel-Cardozo, O. 2012. Regresión Geográficamente Ponderada (GWR) y estimación de la demanda de las estaciones del Metro de Madrid. XV Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica, Madrid, AGE-CSIC. Madrid.
- Herce, Manuel (2005). Urbanización, precios del suelo y modelo territorial: la evolución reciente del área metropolitana de Barcelona. Revista EURE, volumen 31, número 93, páginas 35-51. Consultado el 11 de octubre de 2016, disponible en <https://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612005009300003>.
- Hidalgo, Silvia (2004). Teoría y criterios formativos del valor en bienes inmuebles. Tesis para obtener el grado de Maestro en Valuación Inmobiliaria. Universidad Autónoma de Nuevo León: Monterrey, México.
- Hinojosa, Luz y Valle, Martín (2003). Metodología de la valuación catastral en el estado de Sonora. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Civil. División de Ingeniería. Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora, México. Consultado el

- 22 de julio de 2016, disponible en <http://www.bidi.uson.mx/TesisIndice.aspx?tesis=13121>.
- Humarán, Iván (2010). Hacia una medida integrada del factor de localización en la valoración residencial: El caso de Mazatlán. Universidad de Cataluña: Barcelona, España.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2014). Sistema de Información Geográfica. Consultado el 8 de octubre de 2016, disponible en <http://www.gesig-proeg.com.ar/documentos/articulos/2010-BUZAI-CAP7.pdf>.
- Lever, George (1993). Metodología de precios hedónicos en el mercado inmobiliario. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Escuela de Post Grado. Universidad de Chile.
- Manual Catastral del Estado de México (2016). Consultado el 14 de abril de 2016 [en línea] <http://legislacion.edomex.gob.mx/legistel>.
- Mandeville, Peter (2008). ¿Por qué se deben centrar las covariables en regresión lineal? Revista Ciencia UANL, volumen XI, número 3, julio-septiembre 2008. Consultado el 20 de marzo de 2018, disponible en <file:///C:/Users/Proyectos/Downloads/Dialnet-Tema18PorQueSeDebenCentrarLasCovariablesEnRegresio-2663563.pdf>
- Matarrese, José-Emilio (1969). La teoría económica espacial en la historia del pensamiento económico. Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Aires.
- Módenes, J.A.; Villarraga, H.G. 2014. Variación espacial de los factores asociados a la migración interna en España: ¿influye la presencia de población extranjera?. XIV Congreso Nacional de Población, AGE. Sevilla.
- Moreno, Patricia; Rodríguez, Juan Manuel y Soberón, Alejandra (S/F). Econometría. Universidad de Cantabria. Consultado el 3 de septiembre de 2018, disponible en https://ocw.unican.es/pluginfile.php/1127/course/section/1352/Ppt_Ch6_G942_14-15.pdf.
- Moreno, Pilar; Iturrioz, Teresa y Martínez, Sandra (2014). Metodología para deducir relaciones de linaje en el Catastro de España. Revista Geofocus, número 14,

- páginas 275-300. Consultado el 20 de junio de 2016, disponible en <http://www.geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/344>.
- Ortiz, Romina; Arias, Federico; Cardozo, Osvaldo y Da Silva, Cristian (2015). Análisis Espacial del Precio del Suelo con Modelos de Regresión Lineal Múltiple (MRLM) y Sistemas de Información Geográfica (SIG), Resistencia (Argentina). Revista Geográfica de Valparaíso, número 51, páginas 57-74. Consultado el 18 de junio de 2016, disponible en http://geografiapucv.cl/wp-content/uploads/2016/05/51_4.pdf.
- Parent, Bruno. (2002). El sistema de valoración en Francia. Revista CT: Catastro, número 45, páginas 150-152. Consultado el 18 de junio de 2016, disponible en http://www.catastro.minhap.gob.es/esp/ct_catastro.asp.
- Pazos, Luis (1984). Ciencia y Teoría Económica. Editorial Diana: México.
- Ramírez, Gema (2012). Desarrollo de un Modelo de Formación del Valor Inmobiliario en áreas de crecimiento suburbano. Aplicación a la Comarca de la Vega Baja del Segura en el Litoral Alicantino. Universidad Politécnica de Madrid: Madrid, España.
- Reglamento del Título Quinto del Código Financiero del Estado de México y Municipios (2016). Consultado el 14 de abril de 2016, disponible en <http://legislacion.edomex.gob.mx/legistel>.
- Roca, Josep (1983). Teorías alternativas para la formación espacial del valor del suelo. El caso de Barcelona. Instituto de Estudios de Administración Local: Madrid, España.
- Rojo, José (2007). Regresión Lineal Múltiple. Instituto de Economía y Geografía: Madrid, España.
- Rondón, Fredy. (2013). Modelos Econométricos para la valoración masiva de terrenos. Caso Parroquia Juan Ignacio Montilla, Municipio de Valera del Estado de Trujillo. Tesis de Postgrado en Catastro y Avalúo Inmobiliario. Facultad de Ingeniería. Universidad de Zulia. Maracaibo.
- Santana, Leonardo y Núñez, Liliana (2011). Una aproximación hedónica al efecto de las preferencias por segregación en el precio del suelo urbano en Bogotá.

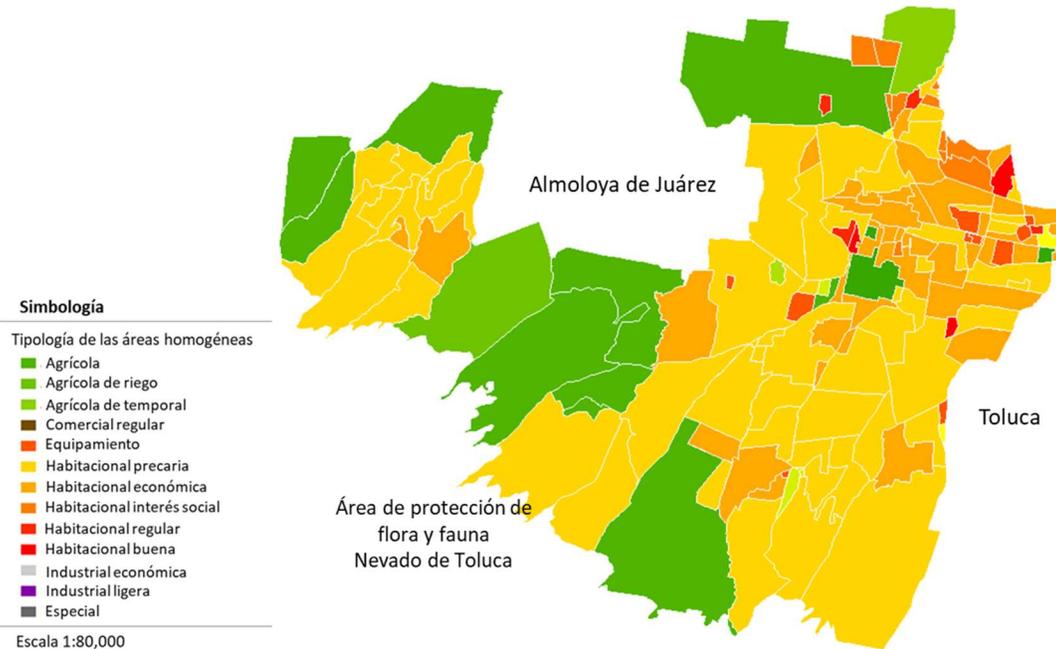
- Equidad y Desarrollo. Número 16, págs. 139-162. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Santarelli, Silvia y Campos, Marta (2002). Corrientes Epistemológicas, Metodología y Prácticas en Geografía. Propuestas de estudio en el espacio local. Universidad Nacional del Sur: Bahía Blanca, Argentina.
- Screpanti, Ernesto y Zamagni, Stefano (1997). Panorama de historia del Pensamiento Económico. Editorial Ariel: Barcelona, España.
- Sherman, Noemí. (2010). La valuación catastral de la zona Metropolitana de Guadalajara (Guadalajara, Tlajomulco, Tlaquepaque, Tonalá y Zapopan). Hacia una concurrencia y coordinación municipal. Tesis de Maestría en Política y Gestión Pública. Instituto Tecnológico y de estudios Superiores de Occidente. Guadalajara.
- Silván, Noelia. (2015). El procedimiento de valoración catastral y su regularización. Tesis de Grado en Arquitectura Técnica. ETS de Ingeniería de Edificación. Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Torres, Ariadna y Rosas, Francisco (2010). El valor del suelo habitacional y la intervención de agentes externos Valle de Bravo, Estado de México. Revista Urbano, volumen 13, número 21, páginas 56-62, Universidad del Bío Bío. Chile. Consultado el 24 de julio de 2016, disponible en <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RU/article/view/317>.
- Vilalta C. J. 2005. Cómo enseñar autocorrelación especial. Revista Economía, Sociedad y Territorio, volumen 5, número 18, páginas 323-333. El Colegio Mexiquense, A.C. Toluca.

Figura A.2. Áreas homogéneas del universo analizado



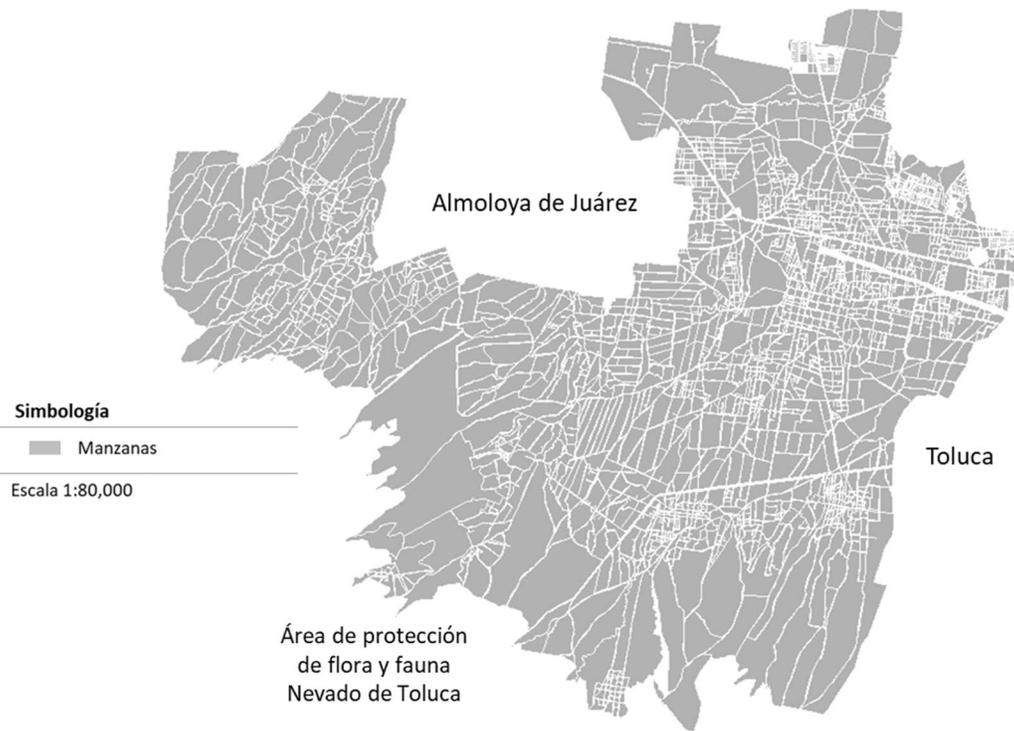
Fuente: Proceso propio en el software ArcGis versión 10.3, 2018.

Figura A.3. Tipología de las áreas homogéneas



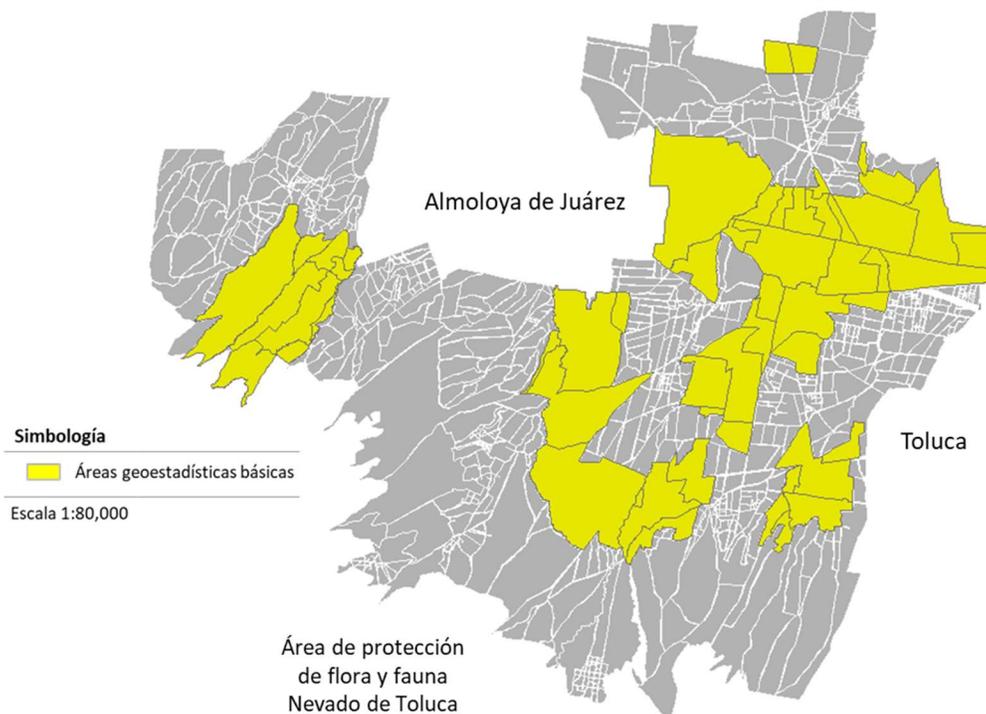
Fuente: Proceso propio en el software ArcGis versión 10.3, 2018.

Figura A.4. Manzanas



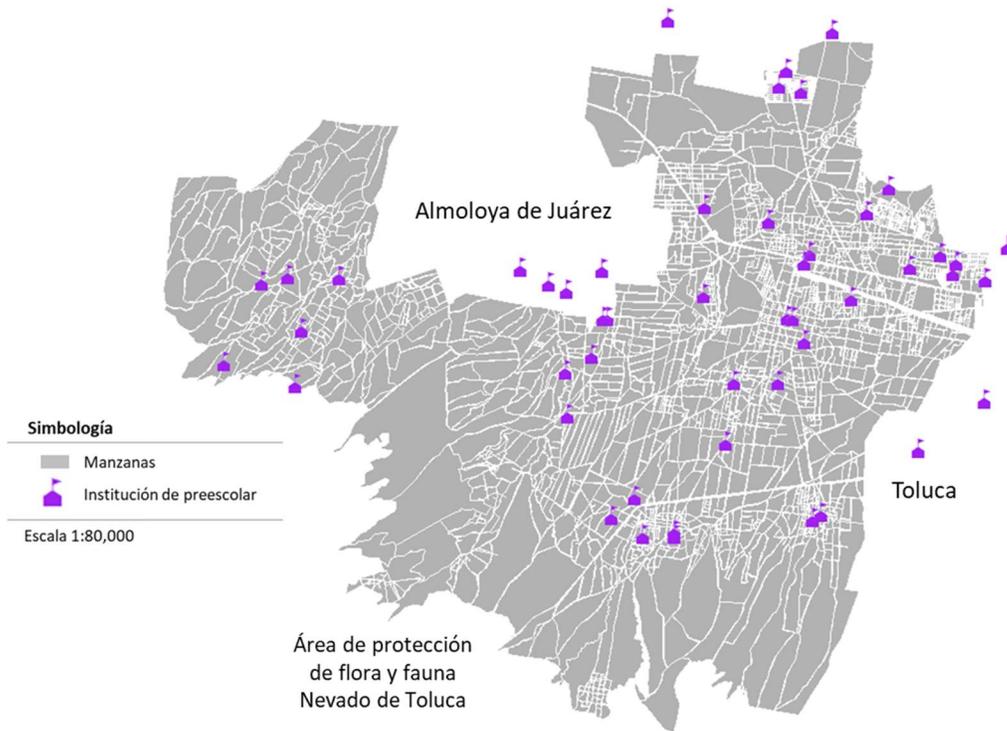
Fuente: Proceso propio en el software ArcGis versión 10.3 con datos del INEGI, 2018.

Figura A.5. Áreas geoestadísticas básicas



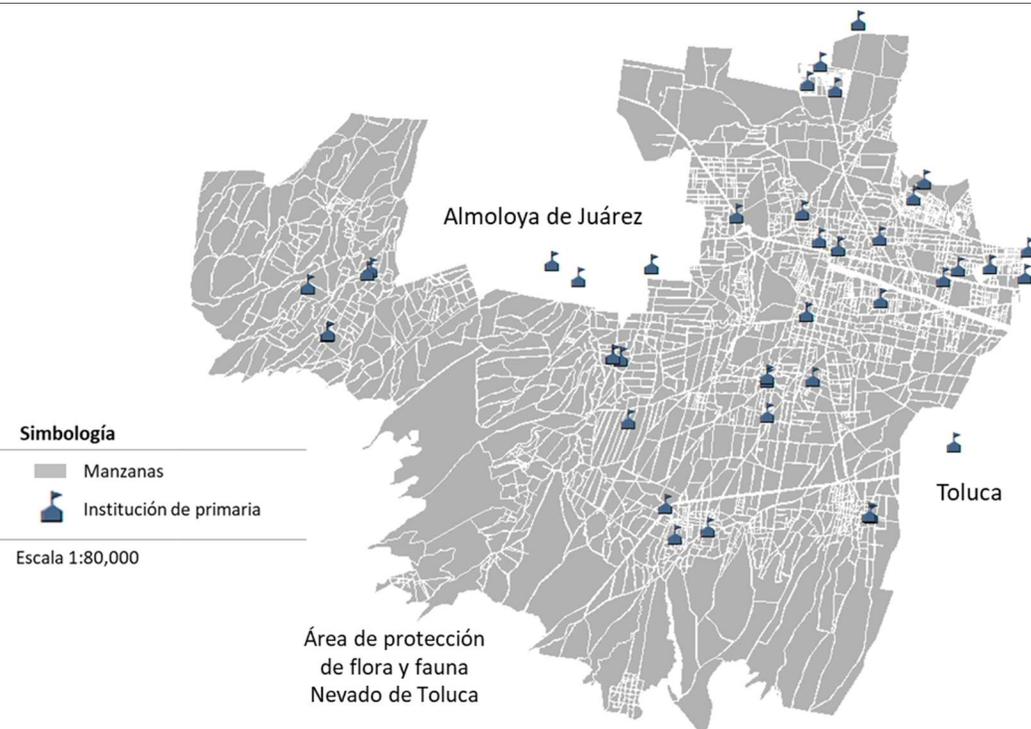
Fuente: Proceso propio en el software ArcGis versión 10.3 con datos del INEGI, 2018.

Figura A.6. Instituciones de nivel preescolar



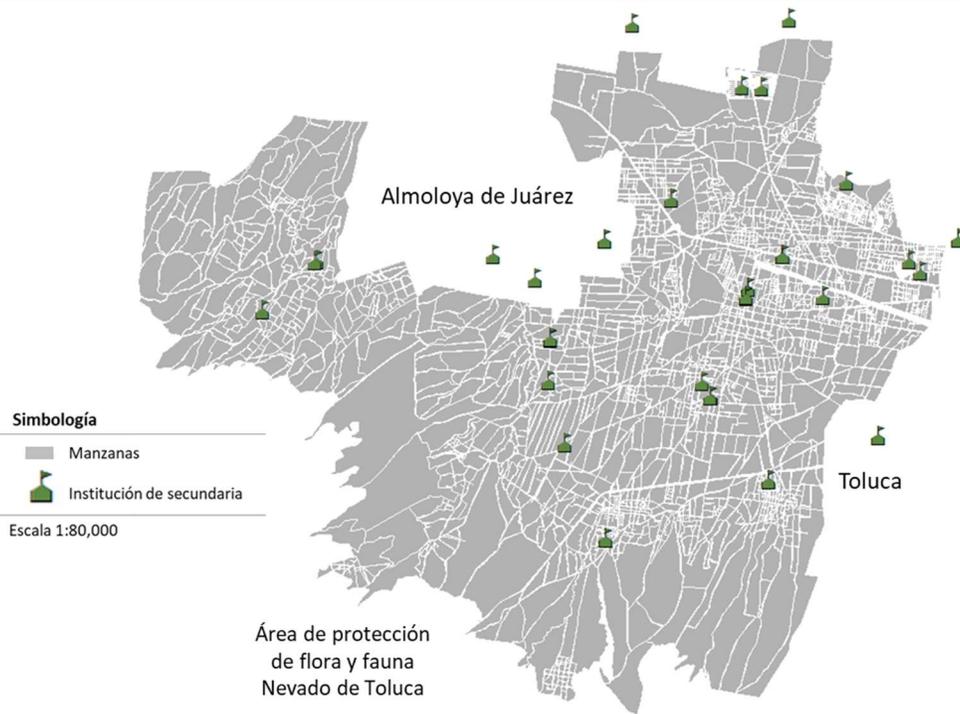
Fuente: Proceso propio en el software ArcGis versión 10.3 con datos del INEGI, 2018.

Figura A.7. Instituciones de nivel primaria



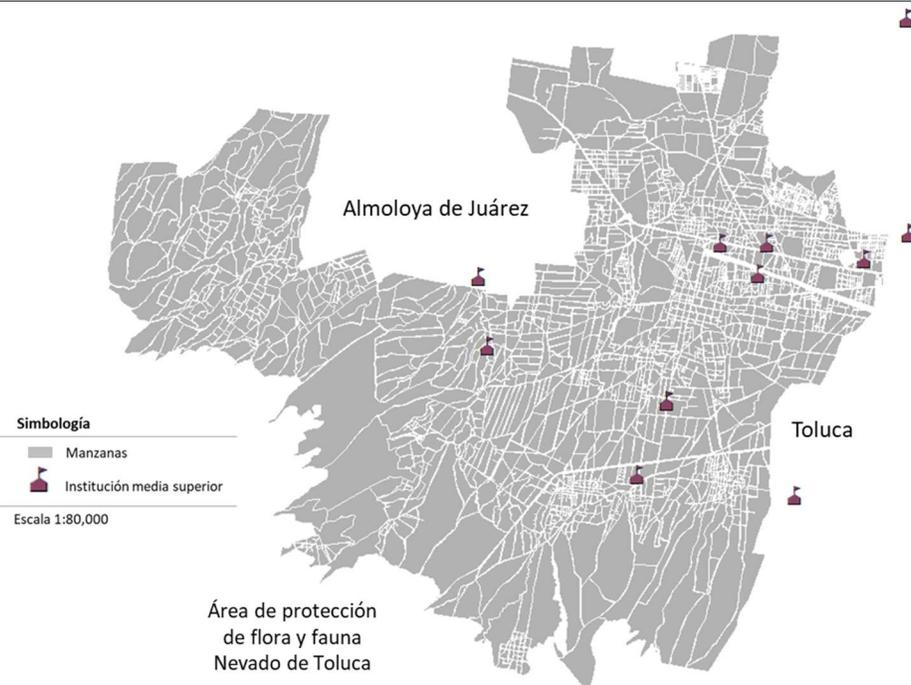
Fuente: Proceso propio en el software ArcGis versión 10.3 con datos del INEGI, 2018.

Figura A.8. Instituciones de nivel secundaria



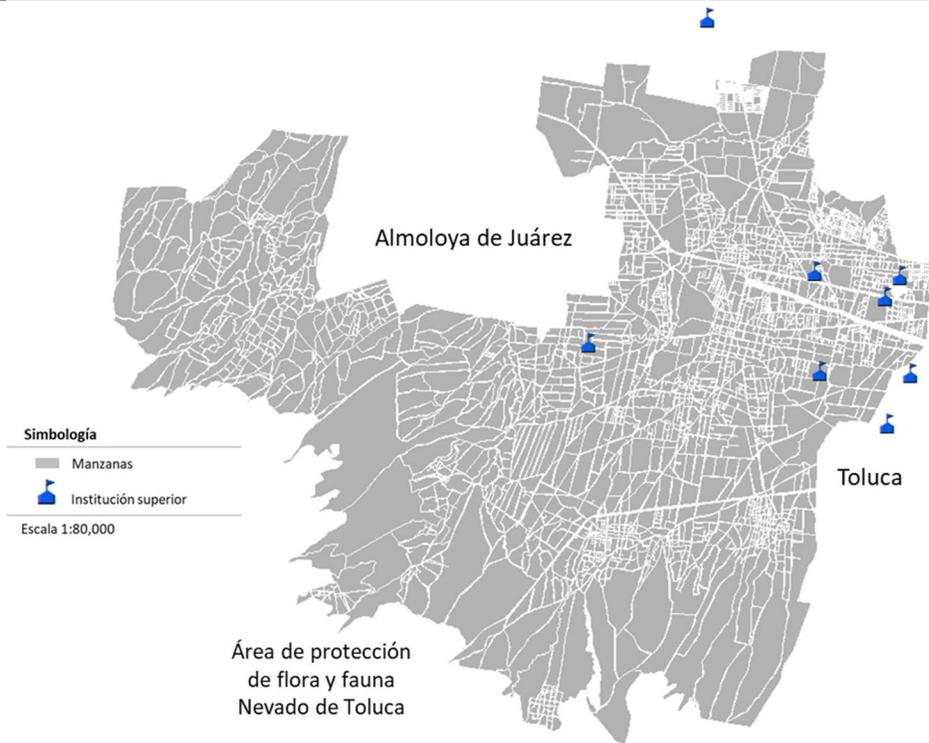
Fuente: Proceso propio en el software ArcGis versión 10.3 con datos del INEGI, 2018.

Figura A.9. Instituciones de nivel medio superior



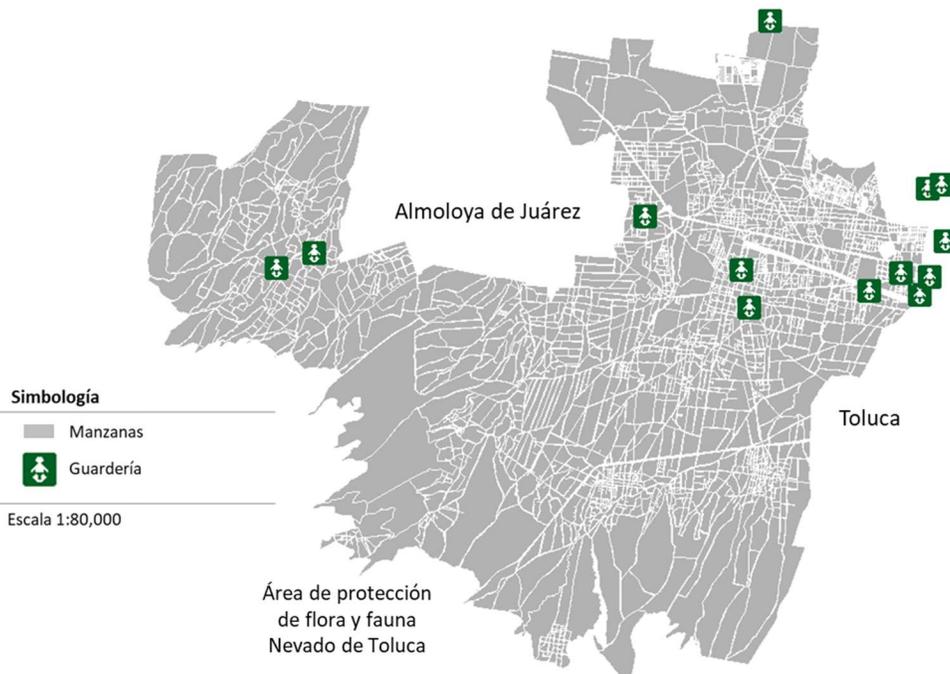
Fuente: Proceso propio en el software ArcGis versión 10.3 con datos del INEGI, 2018.

Figura A.10. Instituciones de nivel superior



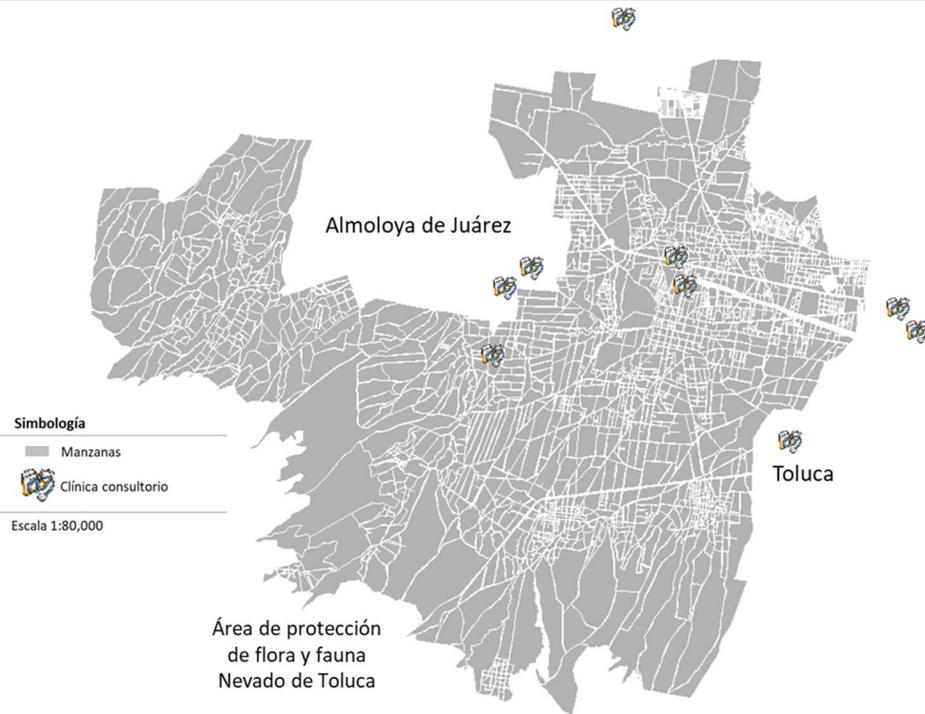
Fuente: Proceso propio en el software ArcGis versión 10.3 con datos del INEGI, 2018.

Figura A.11. Guarderías



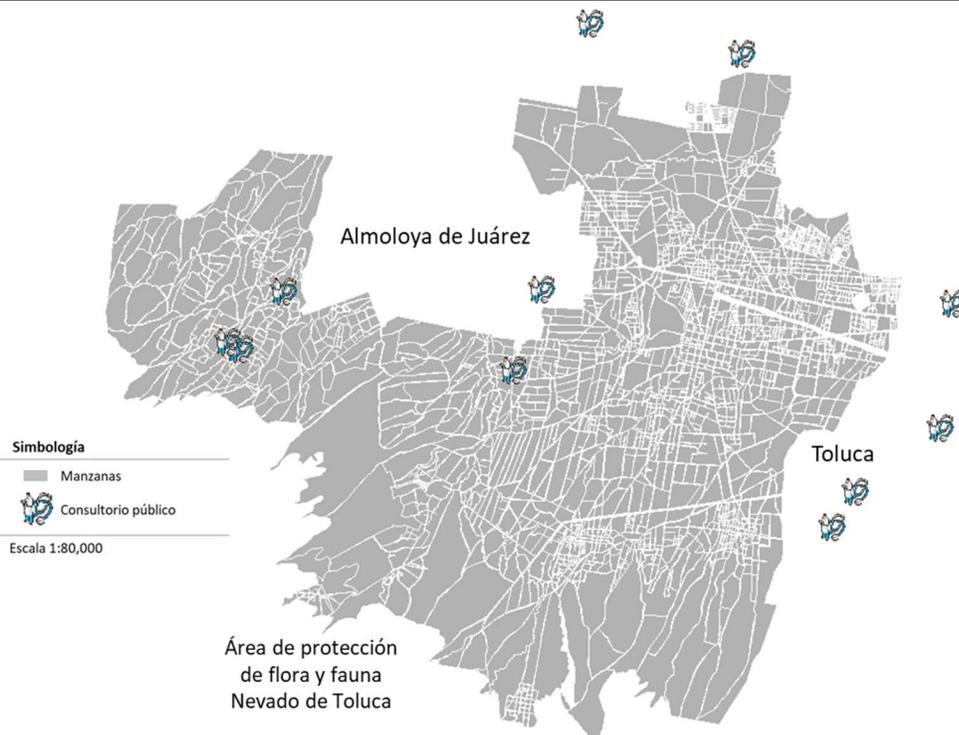
Fuente: Proceso propio en el software ArcGis versión 10.3 con datos del INEGI, 2018.

Figura A.12. Clínicas consultorios médicos



Fuente: Proceso propio en el software ArcGis versión 10.3 con datos del INEGI, 2018.

Figura A.13. Consultorios médicos públicos



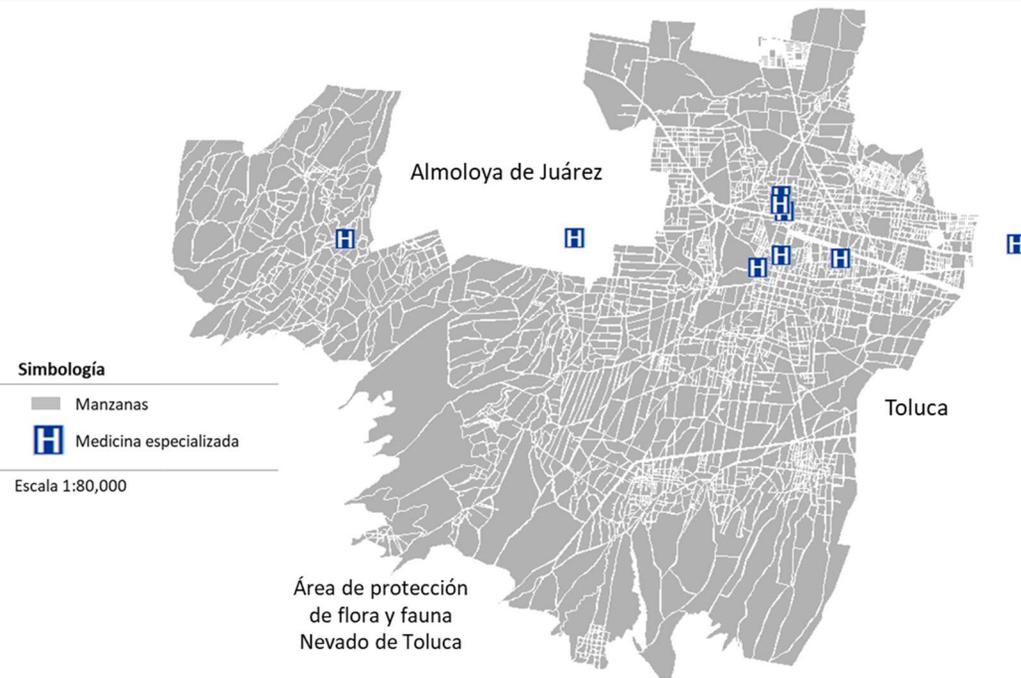
Fuente: Proceso propio en el software ArcGis versión 10.3 con datos del INEGI, 2018.

Figura A.14. Hospitales generales



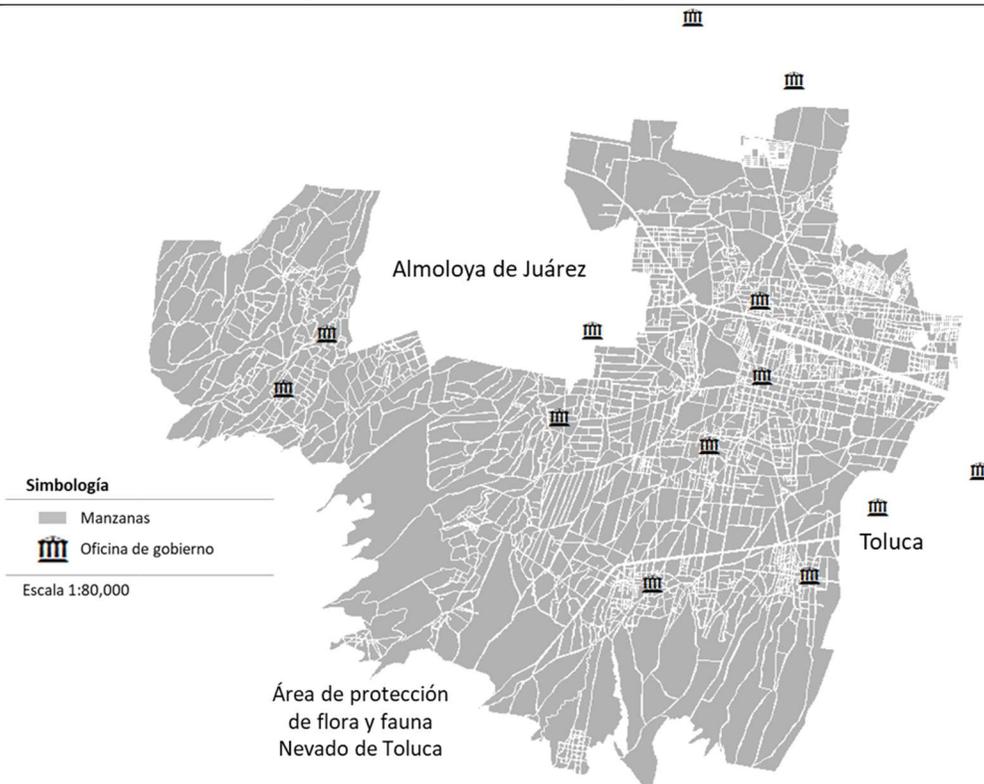
Fuente: Proceso propio en el software ArcGis versión 10.3 con datos del INEGI, 2018.

Figura A.15. Medicina especializada



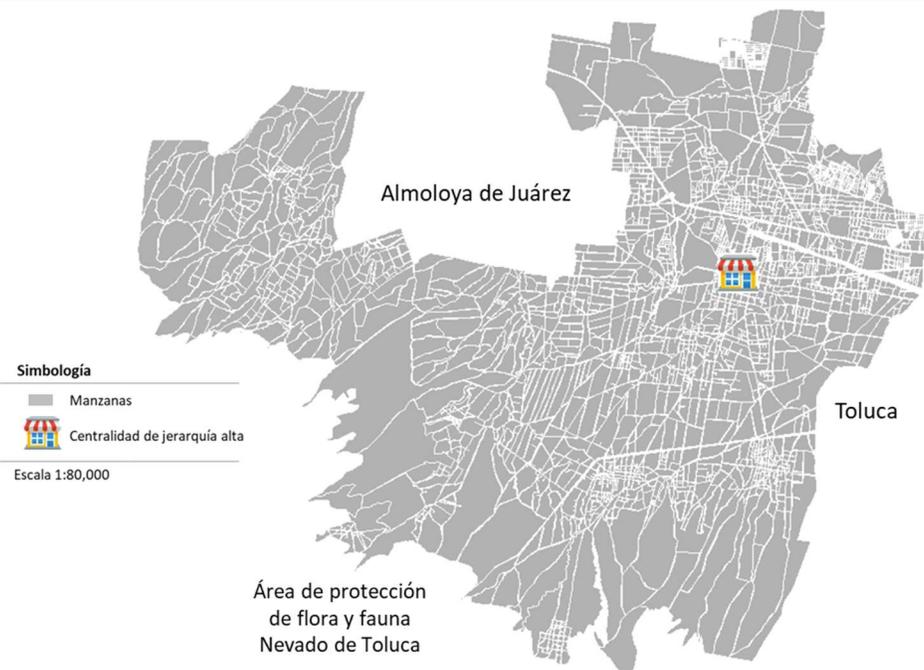
Fuente: Proceso propio en el software ArcGis versión 10.3 con datos del INEGI, 2018.

Figura A.16. Oficinas de gobierno



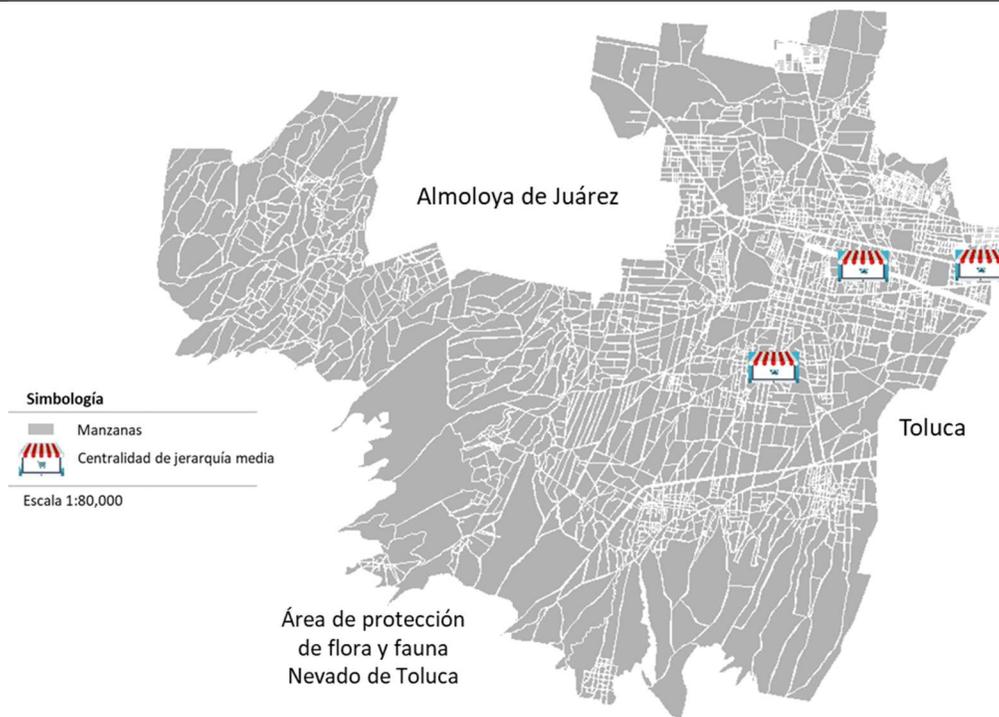
Fuente: Proceso propio en el software ArcGis versión 10.3 con datos del INEGI, 2018.

Figura A.17. Centralidad de jerarquía alta



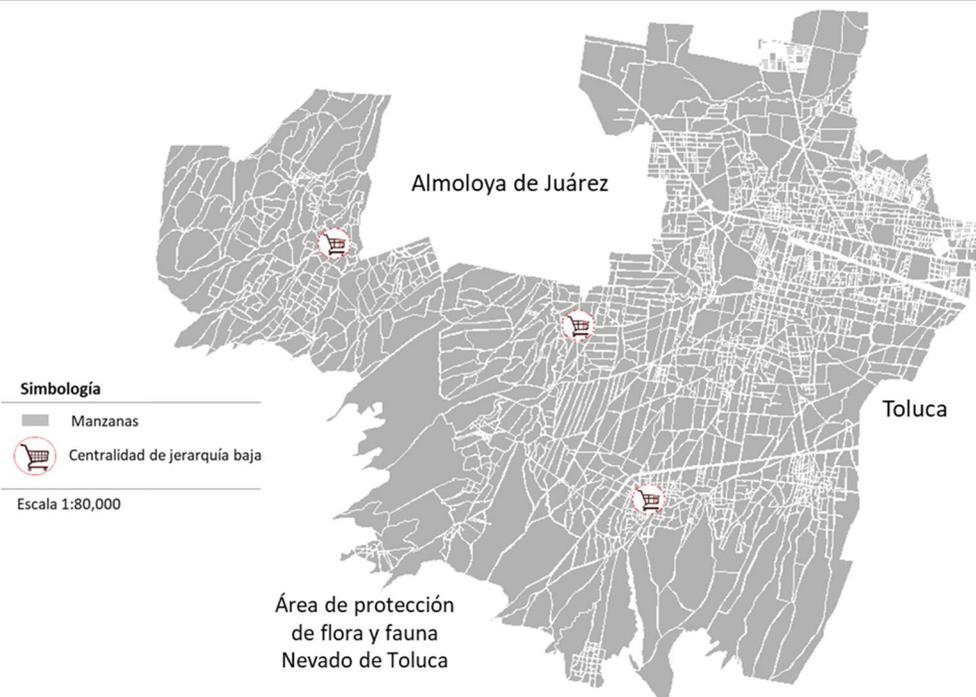
Fuente: Proceso propio en el software ArcGis versión 10.3, 2018.

Figura A.18. Centralidad de jerarquía media



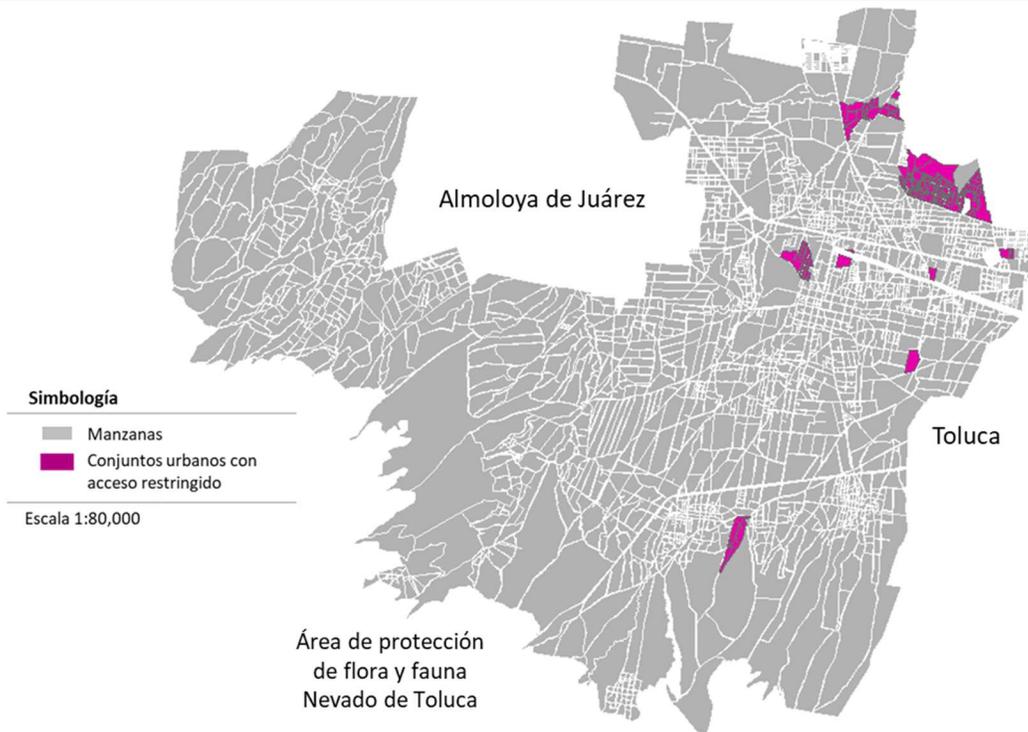
Fuente: Proceso propio en el software ArcGis versión 10.3, 2018.

Figura A.19. Centralidad de jerarquía baja



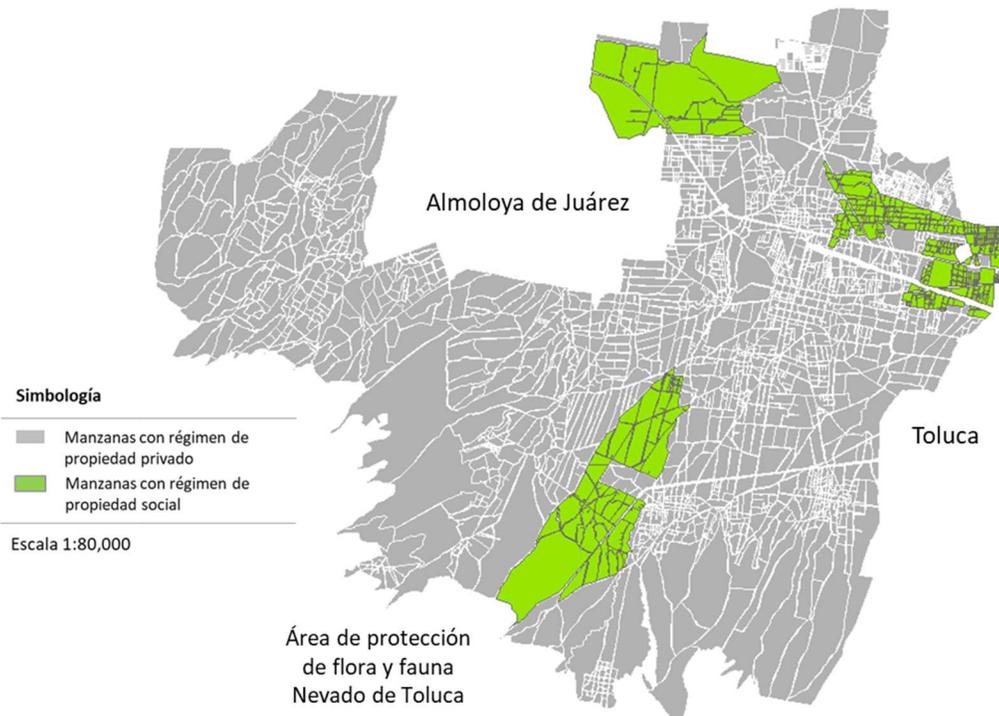
Fuente: Proceso propio en el software ArcGis versión 10.3, 2018.

Figura A.20. Conjuntos urbanos con acceso restringido



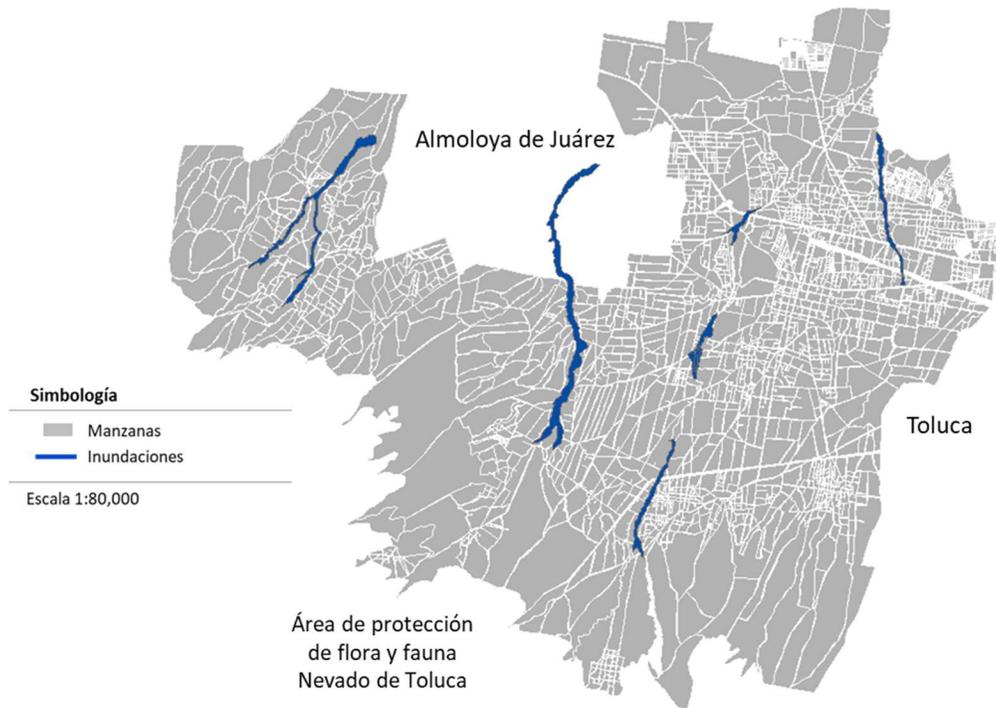
Fuente: Proceso propio en el software ArcGis versión 10.3, 2018.

Figura A.21. Manzanas con régimen de propiedad social



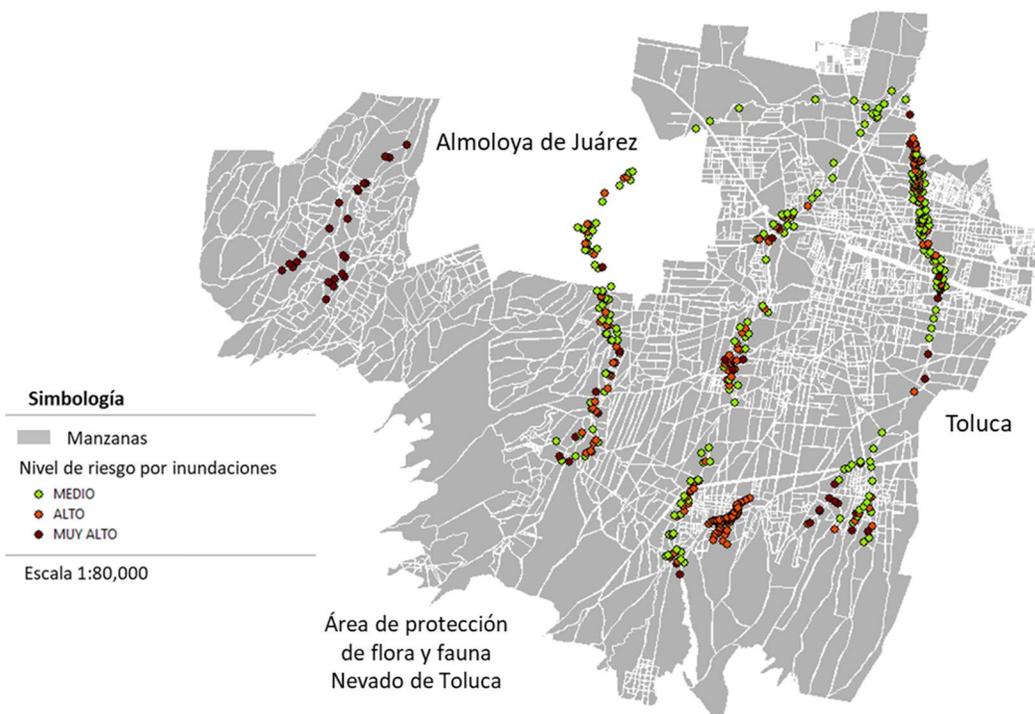
Fuente: Proceso propio en el software ArcGis versión 10.3 con datos del INEGI, 2018.

Figura A.22. Inundaciones



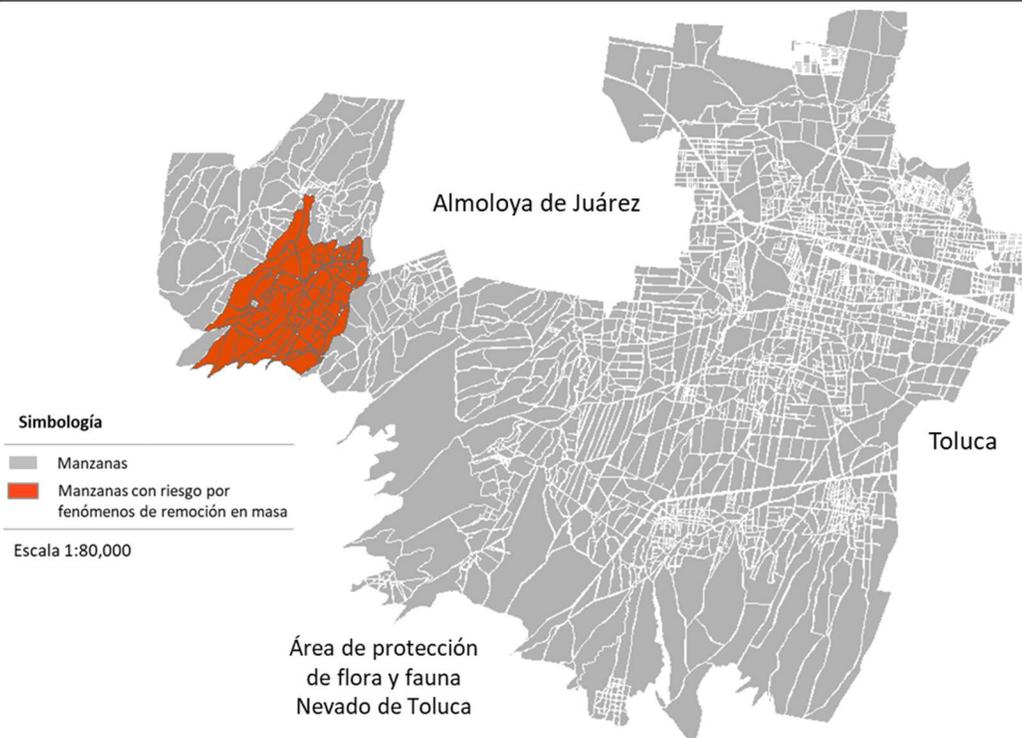
Fuente: Proceso propio en el software ArcGis versión 10.3, 2018.

Figura A.23. Inundaciones por nivel de riesgo



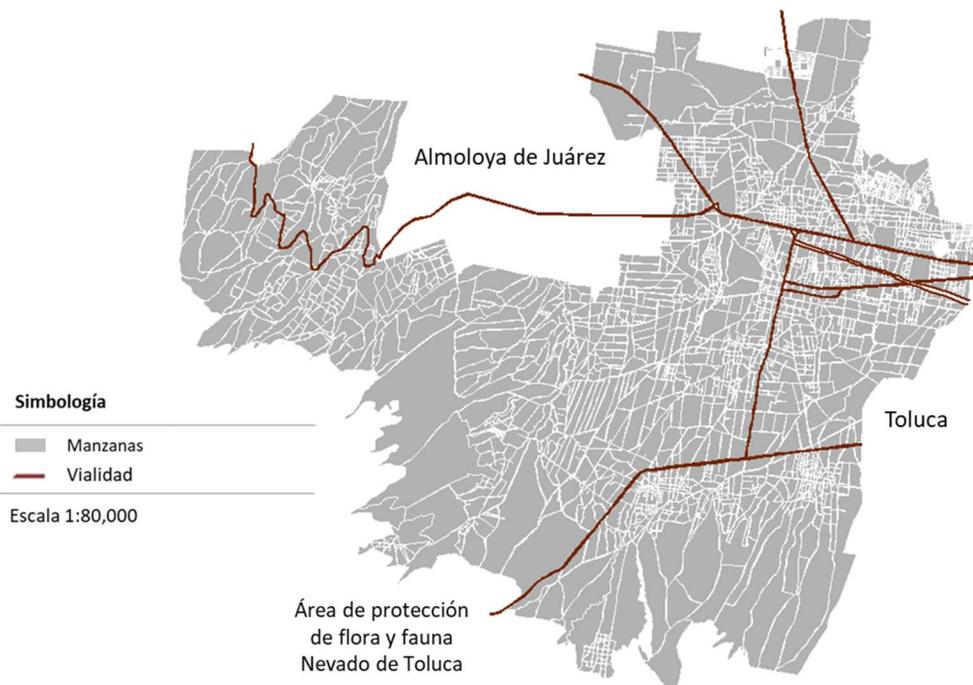
Fuente: Proceso propio en el software ArcGis versión 10.3, 2018.

Figura A.24. Manzanas con riesgo por fenómenos de remoción en masa



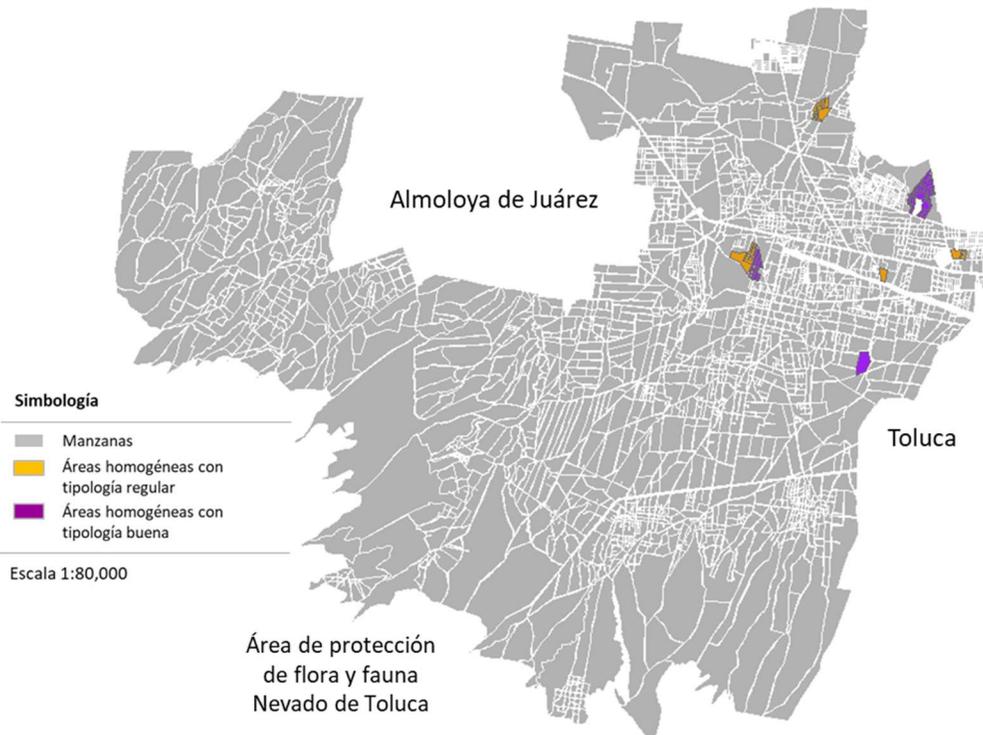
Fuente: Proceso propio en el software ArcGis versión 10.3, 2018.

Figura A.25. Vialidades principales



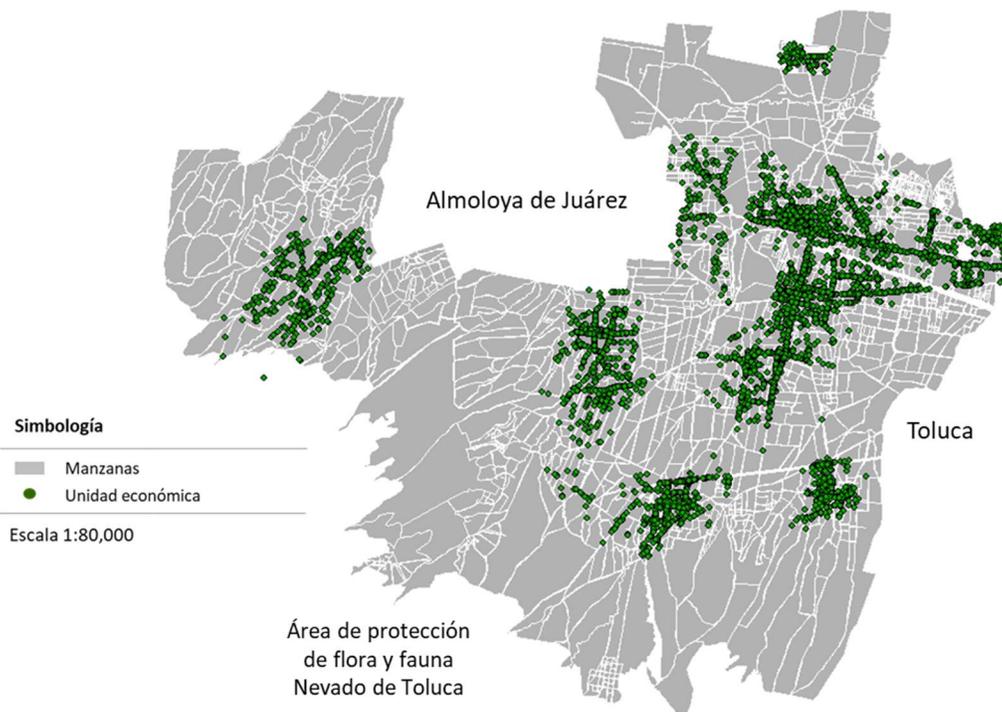
Fuente: Proceso propio en el software ArcGis versión 10.3 con datos del INEGI, 2018.

Figura A.26. Áreas homogéneas con tipología regular y buena



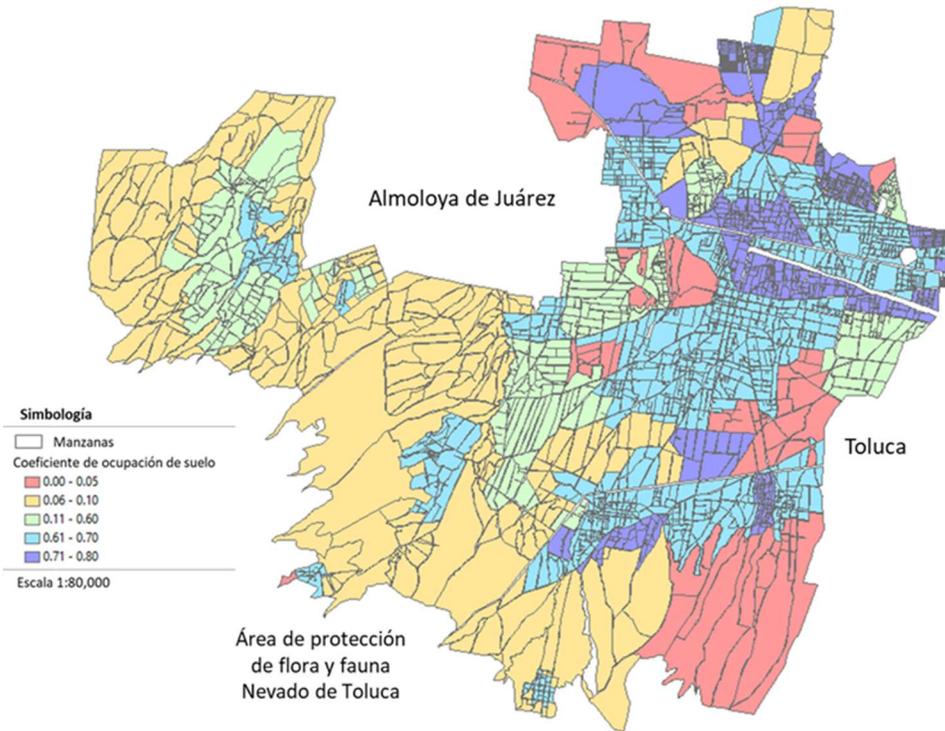
Fuente: Proceso propio en el software ArcGis versión 10.3, 2018.

Figura A.27. Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE)



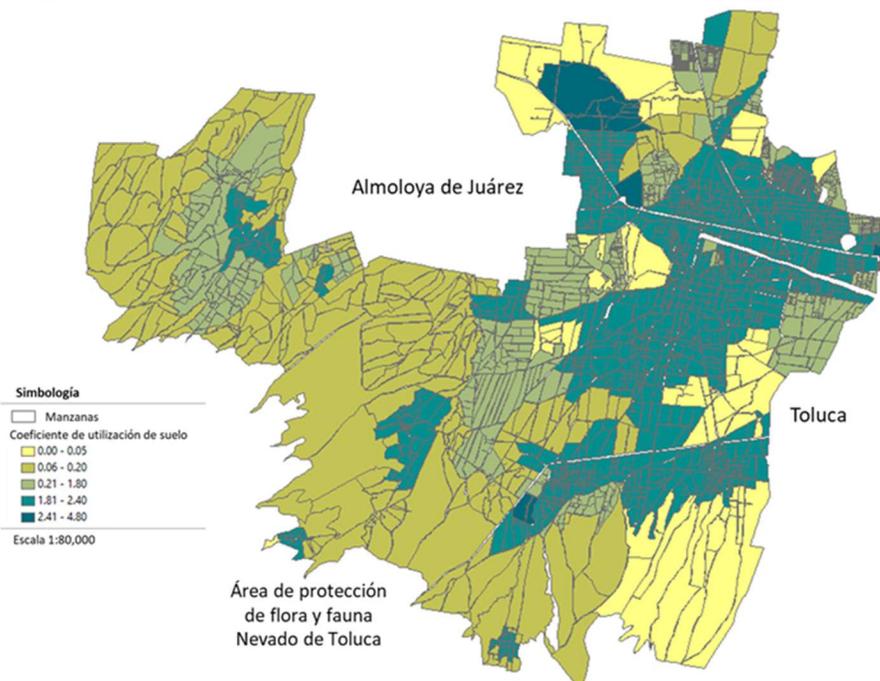
Fuente: Proceso propio en el software ArcGis versión 10.3 con datos del INEGI, 2018.

Figura A.28. Coeficiente de ocupación de suelo



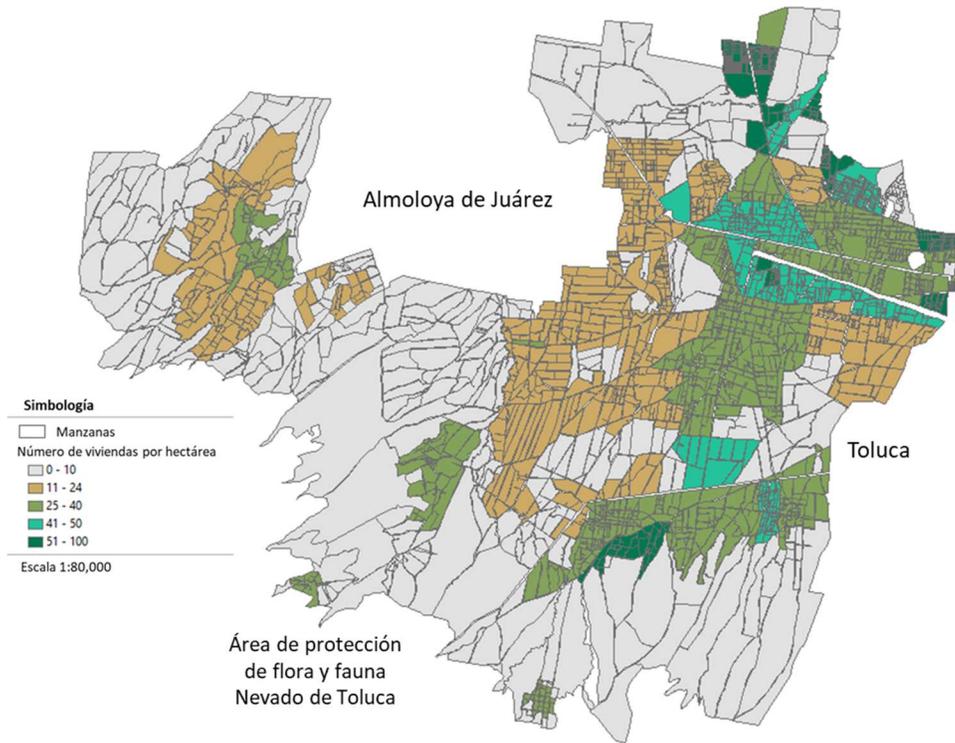
Fuente: Proceso propio en el software ArcGis versión 10.3, 2018.

Figura A.29. Coeficiente de utilización de suelo



Fuente: Proceso propio en el software ArcGis versión 10.3, 2018.

Figura A.30. Número de viviendas por hectárea



Fuente: Proceso propio en el software ArcGis versión 10.3, 2018.

ANEXO B

Correlación de Pearson

	In_valcat	zcus	zcos	zviv_ha	zpond_tipo	zpond_ejid	zpond_rrm	zpond_rinu	zd_cent_al	zd_cent_me	zd_cent_ba	zd_ofic_go	zd_vialida	
In_valcat	Correlación de Pearson	1	.537**	.618**	.551*	.708**	-.167**	.230**	.049*	-.620**	-.008	-.132**	-.141**	.037
	Sig. (bilateral)		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.028	.000	.712	.000	.000	.103
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zcus	Correlación de Pearson	.537**	1	.925**	.406*	.343**	-.120**	.052*	.031	-.459**	.046*	-.169**	-.146**	.027
	Sig. (bilateral)	.000		0.000	.000	.000	.000	.020	.160	.000	.042	.000	.000	.236
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zcos	Correlación de Pearson	.618**	.925**	1	.691*	.478**	-.129**	.075**	.017	-.469**	.031	-.121**	-.107**	.017
	Sig. (bilateral)	.000	0.000		.000	.000	.000	.001	.461	.000	.169	.000	.000	.450
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zviv_ha	Correlación de Pearson	.551**	.406**	.691**	1	.597**	-.146**	.142**	-.019	-.320**	-.039	.018	-.034	-.012
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.407	.000	.083	.415	.124	.589
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zpond_tipo	Correlación de Pearson	.708**	.343**	.478**	.597*	1	-.038	.064**	-.027	-.363**	-.080**	-.065**	-.107**	.044*
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.000	.000		.087	.004	.232	.000	.000	.003	.000	.049
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990

Modelo explicativo de la determinación del valor catastral unitario de suelo, mediante análisis espacial

		In_valcat	zcus	zcus	zviv_ha	zpond_tipo	zpond_ejid	zpond_rrm	zpond_rinu	zd_cent_al	zd_cent_me	zd_cent_ba	zd_ofic_go	zd_vialida
zpond_ejid	Correlación de Pearson	-.167**	.120**	.129**	.146*	-.038	1	-.102**	-.089**	.108**	-.102**	.049*	.087**	-.024
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.000	.000	.087		.000	.000	.000	.000	.030	.000	.286
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zpond_rrm	Correlación de Pearson	.230**	.052*	.075**	.142*	.064**	-.102**	1	.026	-.490**	.131**	.075**	.105**	-.102**
	Sig. (bilateral)	.000	.020	.001	.000	.004	.000		.242	.000	.000	.001	.000	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zpond_rinu	Correlación de Pearson	.049*	.031	.017	-.019	-.027	-.089**	.026	1	-.069**	.143**	.094**	.235**	.225**
	Sig. (bilateral)	.028	.160	.461	.407	.232	.000	.242		.002	.000	.000	.000	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_cent_al	Correlación de Pearson	-.620**	.459**	.469**	.320*	-.363**	.108**	-.490**	-.069**	1	-.029	.112**	.060**	-.019
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.002		.201	.000	.007	.390
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_cent_me	Correlación de Pearson	-.008	.046*	.031	-.039	-.080**	-.102**	.131**	.143**	-.029	1	-.509**	.147**	.348**
	Sig. (bilateral)	.712	.042	.169	.083	.000	.000	.000	.000	.201		.000	.000	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_cent_ba	Correlación de Pearson	-.132**	.169**	.121**	.018	-.065**	.049*	.075**	.094**	.112**	-.509**	1	.448**	-.333**
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.000	.415	.003	.030	.001	.000	.000	.000		.000	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990

Modelo explicativo de la determinación del valor catastral unitario de suelo, mediante análisis espacial

		In_valcat	zcus	zcos	zviv_ha	zpond_tipo	zpond_ejid	zpond_rrm	zpond_rinu	zd_cent_al	zd_cent_me	zd_cent_ba	zd_ofic_go	zd_vialida
zd_ofic_go	Correlación de Pearson	-.141**	.146**	.107**	-.034	-.107**	.087**	.105**	.235**	.060**	.147**	.448**	1	.313**
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.000	.124	.000	.000	.000	.000	.007	.000	.000		.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_vialida	Correlación de Pearson	.037	.027	.017	-.012	.044*	-.024	-.102**	.225**	-.019	.348**	-.333**	.313**	1
	Sig. (bilateral)	.103	.236	.450	.589	.049	.286	.000	.000	.390	.000	.000	.000	
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_med_esp	Correlación de Pearson	-.024	.036	.016	-.013	-.007	-.108**	.081**	.018	-.033	.313**	-.313**	.346**	.406**
	Sig. (bilateral)	.278	.107	.464	.558	.760	.000	.000	.417	.141	.000	.000	.000	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_hosp_gr	Correlación de Pearson	-.058**	.002	.001	-.040	-.099**	-.050*	.100**	.092**	.030	.953**	-.473**	.174**	.342**
	Sig. (bilateral)	.010	.941	.959	.077	.000	.025	.000	.000	.175	0.000	.000	.000	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_consult	Correlación de Pearson	-.091**	.001	.005	.010	-.058**	.109**	.071**	-.243**	.027	-.235**	.114**	.222**	-.046*
	Sig. (bilateral)	.000	.961	.821	.646	.009	.000	.002	.000	.221	.000	.000	.000	.041
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_clinica	Correlación de Pearson	-.101**	.009	.005	.053*	-.157**	-.061**	.111**	.093**	.039	.839**	-.422**	.252**	.211**
	Sig. (bilateral)	.000	.676	.834	.017	.000	.007	.000	.000	.079	0.000	.000	.000	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990

Modelo explicativo de la determinación del valor catastral unitario de suelo, mediante análisis espacial

		In_valcat	zcus	zcus	zviv_ha	zpond_tipo	zpond_ejid	zpond_rrm	zpond_rinu	zd_cent_al	zd_cent_me	zd_cent_ba	zd_ofic_go	zd_vialida
zd_primari	Correlación de Pearson	-.045*	-.003	.016	.031	-.056*	.001	.083**	.147**	.009	.475**	-.120**	.657**	.586**
	Sig. (bilateral)	.045	.890	.474	.170	.013	.962	.000	.000	.696	.000	.000	.000	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_superio	Correlación de Pearson	-.025	.066**	.050*	-.026	-.101**	-.115**	.140**	.030	-.028	.907**	-.565**	.101**	.253**
	Sig. (bilateral)	.260	.003	.027	.240	.000	.000	.000	.187	.220	0.000	.000	.000	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_media_s	Correlación de Pearson	-.064**	.000	-.005	.055*	-.121**	-.044	.131**	.114**	.004	.914**	-.309**	.249**	.233**
	Sig. (bilateral)	.004	.992	.827	.014	.000	.051	.000	.000	.850	0.000	.000	.000	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_secunda	Correlación de Pearson	-.016	.027	.053*	.059*	-.036	.024	.073**	.133**	-.007	.460**	-.137**	.585**	.557**
	Sig. (bilateral)	.468	.235	.018	.009	.108	.286	.001	.000	.752	.000	.000	.000	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_preesco	Correlación de Pearson	.037	.027	.017	-.012	.044*	-.024	-.102**	.225**	-.019	.348**	-.333**	.313**	1.000**
	Sig. (bilateral)	.103	.236	.450	.589	.049	.286	.000	.000	.390	.000	.000	.000	0.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_ah_h4	Correlación de Pearson	-.006	.073**	.052*	-.027	-.071**	-.130**	.092**	.095**	-.030	.906**	-.658**	.104**	.416**
	Sig. (bilateral)	.786	.001	.020	.235	.001	.000	.000	.000	.183	0.000	.000	.000	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990

Modelo explicativo de la determinación del valor catastral unitario de suelo, mediante análisis espacial

		In_valcat	zcus	zcos	zviv_ha	zpond_tipo	zpond_ejid	zpond_rrm	zpond_rinu	zd_cent_al	zd_cent_me	zd_cent_ba	zd_ofic_go	zd_vialida
zd_ah_h5	Correlación de Pearson	-.025	.038	.021	.046 [*]	-.077 ^{**}	-.102 ^{**}	.095 ^{**}	.114 ^{**}	-.017	.952 ^{**}	-.586 ^{**}	.165 ^{**}	.384 ^{**}
	Sig. (bilateral)	.263	.089	.355	.040	.001	.000	.000	.000	.442	0.000	.000	.000	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_cerrada	Correlación de Pearson	-.656 ^{**}	.404 ^{**}	.478 ^{**}	.478 [*]	-.442 ^{**}	.249 ^{**}	-.546 ^{**}	-.026	.870 ^{**}	-.023	.080 ^{**}	.033	-.013
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.251	0.000	.308	.000	.139	.570
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_ejidos	Correlación de Pearson	-.519 ^{**}	.348 ^{**}	.392 ^{**}	.360 [*]	-.324 ^{**}	.393 ^{**}	-.545 ^{**}	-.043	.765 ^{**}	-.052 [*]	.037	-.045 [*]	-.021
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.058	0.000	.020	.103	.045	.338
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_rinun	Correlación de Pearson	-.153 ^{**}	.241 ^{**}	.206 ^{**}	.057 [*]	-.143 ^{**}	-.148 ^{**}	.048 [*]	.352 ^{**}	.104 ^{**}	-.017	.232 ^{**}	.214 ^{**}	.087 ^{**}
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.000	.010	.000	.000	.034	.000	.000	.455	.000	.000	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_rrm	Correlación de Pearson	.681 ^{**}	.367 ^{**}	.458 ^{**}	.511 [*]	.463 ^{**}	-.373 ^{**}	.495 ^{**}	.041	-.753 ^{**}	.063 ^{**}	-.079 ^{**}	-.077 ^{**}	-.016
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.069	0.000	.005	.000	.001	.485
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_guarder	Correlación de Pearson	-.002	.051 [*]	.025	-.020	.016	-.062 ^{**}	.035	-.005	-.055 [*]	.291 ^{**}	-.431 ^{**}	.268 ^{**}	.545 ^{**}
	Sig. (bilateral)	.920	.023	.268	.384	.489	.006	.117	.827	.014	.000	.000	.000	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990

Modelo explicativo de la determinación del valor catastral unitario de suelo, mediante análisis espacial

		zd_med_esp	zd_hosp_gr	zd_consult	zd_clinica	zd_primari	zd_superio	zd_media_s	zd_secunda	zd_preesco
ln_valcat	Correlación de Pearson	-.024	-.058**	-.091**	-.101**	-.045*	-.025	-.064**	-.016	.037
	Sig. (bilateral)	.278	.010	.000	.000	.045	.260	.004	.468	.103
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zcus	Correlación de Pearson	.036	.002	.001	.009	-.003	.066**	.000	.027	.027
	Sig. (bilateral)	.107	.941	.961	.676	.890	.003	.992	.235	.236
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zcos	Correlación de Pearson	.016	.001	.005	.005	.016	.050*	-.005	.053*	.017
	Sig. (bilateral)	.464	.959	.821	.834	.474	.027	.827	.018	.450
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zviv_ha	Correlación de Pearson	-.013	-.040	.010	-.053*	.031	-.026	-.055*	.059**	-.012
	Sig. (bilateral)	.558	.077	.646	.017	.170	.240	.014	.009	.589
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zpond_tipo	Correlación de Pearson	-.007	-.099**	-.058**	-.157**	-.056*	-.101**	-.121**	-.036	.044*
	Sig. (bilateral)	.760	.000	.009	.000	.013	.000	.000	.108	.049
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zpond_ejid	Correlación de Pearson	-.108**	-.050*	.109**	-.061**	.001	-.115**	-.044	.024	-.024
	Sig. (bilateral)	.000	.025	.000	.007	.962	.000	.051	.286	.286
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990

Modelo explicativo de la determinación del valor catastral unitario de suelo, mediante análisis espacial

		zd_med_esp	zd_hosp_gr	zd_consult	zd_clinica	zd_primari	zd_superio	zd_media_s	zd_secunda	zd_preesco
zpond_rrm	Correlación de Pearson	.081**	.100**	.071**	.111**	.083**	.140**	.131**	.073**	-.102**
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.002	.000	.000	.000	.000	.001	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zpond_rinu	Correlación de Pearson	.018	.092**	-.243**	.093**	.147**	.030	.114**	.133**	.225**
	Sig. (bilateral)	.417	.000	.000	.000	.000	.187	.000	.000	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_cent_al	Correlación de Pearson	-.033	.030	.027	.039	.009	-.028	.004	-.007	-.019
	Sig. (bilateral)	.141	.175	.221	.079	.696	.220	.850	.752	.390
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_cent_me	Correlación de Pearson	.313**	.953**	-.235**	.839**	.475**	.907**	.914**	.460**	.348**
	Sig. (bilateral)	.000	0.000	.000	0.000	.000	0.000	0.000	.000	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_cent_ba	Correlación de Pearson	-.313**	-.473**	.114**	-.422**	-.120**	-.565**	-.309**	-.137**	-.333**
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_ofic_go	Correlación de Pearson	.346**	.174**	.222**	.252**	.657**	.101**	.249**	.585**	.313**
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990

Modelo explicativo de la determinación del valor catastral unitario de suelo, mediante análisis espacial

		zd_med_esp	zd_hosp_gr	zd_consult	zd_clinica	zd_primari	zd_superio	zd_media_s	zd_secunda	zd_preesco
zd_vialida	Correlación de Pearson	.406**	.342**	-.046*	.211**	.586**	.253**	.233**	.557**	1.000**
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.041	.000	.000	.000	.000	.000	0.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_med_esp	Correlación de Pearson	1	.222**	.427**	.517**	.555**	.493**	.285**	.515**	.406**
	Sig. (bilateral)		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_hosp_gr	Correlación de Pearson	.222**	1	-.208**	.831**	.471**	.846**	.868**	.458**	.342**
	Sig. (bilateral)	.000		.000	0.000	.000	0.000	0.000	.000	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_consult	Correlación de Pearson	.427**	-.208**	1	.074**	.335**	.044*	-.171**	.369**	-.046*
	Sig. (bilateral)	.000	.000		.001	.000	.049	.000	.000	.041
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_clinica	Correlación de Pearson	.517**	.831**	.074**	1	.490**	.922**	.817**	.503**	.211**
	Sig. (bilateral)	.000	0.000	.001		.000	0.000	0.000	.000	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_primari	Correlación de Pearson	.555**	.471**	.335**	.490**	1	.499**	.505**	.925**	.586**
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.000	.000		.000	.000	0.000	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990

Modelo explicativo de la determinación del valor catastral unitario de suelo, mediante análisis espacial

		zd_med_esp	zd_hosp_gr	zd_consult	zd_clinica	zd_primari	zd_superio	zd_media_s	zd_secunda	zd_preesco
zd_superio	Correlación de Pearson	.493**	.846**	.044*	.922**	.499**	1	.839**	.501**	.253**
	Sig. (bilateral)	.000	0.000	.049	0.000	.000		0.000	.000	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_media_s	Correlación de Pearson	.285**	.868**	-.171**	.817**	.505**	.839**	1	.479**	.233**
	Sig. (bilateral)	.000	0.000	.000	0.000	.000	0.000		.000	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_secunda	Correlación de Pearson	.515**	.458**	.369**	.503**	.925**	.501**	.479**	1	.557**
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.000	.000	0.000	.000	.000		.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_preesco	Correlación de Pearson	.406**	.342**	-.046*	.211**	.586**	.253**	.233**	.557**	1
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.041	.000	.000	.000	.000	.000	
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_ah_h4	Correlación de Pearson	.529**	.882**	-.050*	.886**	.521**	.934**	.772**	.510**	.416**
	Sig. (bilateral)	.000	0.000	.025	0.000	.000	0.000	0.000	.000	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_ah_h5	Correlación de Pearson	.453**	.940**	-.124**	.891**	.505**	.927**	.838**	.486**	.384**
	Sig. (bilateral)	.000	0.000	.000	0.000	.000	0.000	0.000	.000	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990

Modelo explicativo de la determinación del valor catastral unitario de suelo, mediante análisis espacial

		zd_med_esp	zd_hosp_gr	zd_consult	zd_clinica	zd_primari	zd_superio	zd_media_s	zd_secunda	zd_preesco
zd_cerrada	Correlación de Pearson	-.102**	.028	-.047*	.021	-.039	-.056*	.016	-.057*	-.013
	Sig. (bilateral)	.000	.206	.038	.350	.081	.012	.475	.011	.570
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_ejidos	Correlación de Pearson	-.126**	-.007	-.073**	-.031	-.083**	-.096**	-.006	-.092**	-.021
	Sig. (bilateral)	.000	.761	.001	.168	.000	.000	.785	.000	.338
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_rinun	Correlación de Pearson	-.116**	-.024	-.140**	-.058**	.046*	-.127**	.014	.023	.087**
	Sig. (bilateral)	.000	.283	.000	.010	.040	.000	.522	.296	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_rrm	Correlación de Pearson	.105**	.003	-.002	.004	.009	.090**	.027	.026	-.016
	Sig. (bilateral)	.000	.899	.917	.854	.690	.000	.222	.247	.485
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_guarder	Correlación de Pearson	.907**	.221**	.486**	.416**	.556**	.444**	.180**	.533**	.545**
	Sig. (bilateral)	0.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990

		zd_ah_h4	zd_ah_h5	zd_cerrada	zd_ejidos	zd_rinun	zd_rrm	zd_guarder
ln_valcat	Correlación de Pearson	-.006	-.025	-.656**	-.519**	-.153**	.681**	-.002
	Sig. (bilateral)	.786	.263	.000	.000	.000	.000	.920
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zcus	Correlación de Pearson	.073**	.038	-.404**	-.348**	-.241**	.367**	.051*
	Sig. (bilateral)	.001	.089	.000	.000	.000	.000	.023
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zcos	Correlación de Pearson	.052*	.021	-.478**	-.392**	-.206**	.458**	.025
	Sig. (bilateral)	.020	.355	.000	.000	.000	.000	.268
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zviv_ha	Correlación de Pearson	-.027	-.046*	-.478**	-.360**	-.057*	.511**	-.020
	Sig. (bilateral)	.235	.040	.000	.000	.010	.000	.384
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zpond_tipo	Correlación de Pearson	-.071**	-.077**	-.442**	-.324**	-.143**	.463**	.016
	Sig. (bilateral)	.001	.001	.000	.000	.000	.000	.489
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zpond_ejid	Correlación de Pearson	-.130**	-.102**	.249**	.393**	-.148**	-.373**	-.062**
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.006
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990

		zd_ah_h4	zd_ah_h5	zd_cerrada	zd_ejidos	zd_rinun	zd_rrm	zd_guarder
zpond_rrm	Correlación de Pearson	.092**	.095**	-.546**	-.545**	.048*	.495**	.035
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.000	.000	.034	.000	.117
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zpond_rinu	Correlación de Pearson	.095**	.114**	-.026	-.043	.352**	.041	-.005
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.251	.058	.000	.069	.827
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_cent_al	Correlación de Pearson	-.030	-.017	.870**	.765**	.104**	-.753**	-.055*
	Sig. (bilateral)	.183	.442	0.000	0.000	.000	0.000	.014
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_cent_me	Correlación de Pearson	.906**	.952**	-.023	-.052*	-.017	.063**	.291**
	Sig. (bilateral)	0.000	0.000	.308	.020	.455	.005	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_cent_ba	Correlación de Pearson	-.658**	-.586**	.080**	.037	.232**	-.079**	-.431**
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.000	.103	.000	.000	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_ofic_go	Correlación de Pearson	.104**	.165**	.033	-.045*	.214**	-.077**	.268**
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.139	.045	.000	.001	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990

		zd_ah_h4	zd_ah_h5	zd_cerrada	zd_ejidos	zd_rinun	zd_rrm	zd_guarder
zd_vialida	Correlación de Pearson	.416**	.384**	-.013	-.021	.087**	-.016	.545**
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.570	.338	.000	.485	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_med_esp	Correlación de Pearson	.529**	.453**	-.102**	-.126**	-.116**	.105**	.907**
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	0.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_hosp_gr	Correlación de Pearson	.882**	.940**	.028	-.007	-.024	.003	.221**
	Sig. (bilateral)	0.000	0.000	.206	.761	.283	.899	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_consult	Correlación de Pearson	-.050*	-.124**	-.047*	-.073**	-.140**	-.002	.486**
	Sig. (bilateral)	.025	.000	.038	.001	.000	.917	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_clinica	Correlación de Pearson	.886**	.891**	.021	-.031	-.058**	.004	.416**
	Sig. (bilateral)	0.000	0.000	.350	.168	.010	.854	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_primari	Correlación de Pearson	.521**	.505**	-.039	-.083**	.046*	.009	.556**
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.081	.000	.040	.690	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990

		zd_ah_h4	zd_ah_h5	zd_cerrada	zd_ejidos	zd_rinun	zd_rrm	zd_guarder
zd_superio	Correlación de Pearson	.934**	.927**	-.056*	-.096**	-.127**	.090**	.444**
	Sig. (bilateral)	0.000	0.000	.012	.000	.000	.000	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_media_s	Correlación de Pearson	.772**	.838**	.016	-.006	.014	.027	.180**
	Sig. (bilateral)	0.000	0.000	.475	.785	.522	.222	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_secunda	Correlación de Pearson	.510**	.486**	-.057*	-.092**	.023	.026	.533**
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.011	.000	.296	.247	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_preesco	Correlación de Pearson	.416**	.384**	-.013	-.021	.087**	-.016	.545**
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.570	.338	.000	.485	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_ah_h4	Correlación de Pearson	1	.964**	-.047*	-.087**	-.110**	.071**	.521**
	Sig. (bilateral)		0.000	.037	.000	.000	.002	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_ah_h5	Correlación de Pearson	.964**	1	-.027	-.064**	-.067**	.060**	.440**
	Sig. (bilateral)	0.000		.230	.004	.003	.007	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990

		zd_ah_h4	zd_ah_h5	zd_cerrada	zd_ejidos	zd_rinun	zd_rrm	zd_guarder
zd_cerrada	Correlación de Pearson	-.047*	-.027	1	.892**	.144**	-.906**	-.103**
	Sig. (bilateral)	.037	.230		0.000	.000	0.000	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_ejidos	Correlación de Pearson	-.087**	-.064**	.892**	1	.079**	-.765**	-.122**
	Sig. (bilateral)	.000	.004	0.000		.000	0.000	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_rinun	Correlación de Pearson	-.110**	-.067**	.144**	.079**	1	-.050*	-.106**
	Sig. (bilateral)	.000	.003	.000	.000		.026	.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_rrm	Correlación de Pearson	.071**	.060**	-.906**	-.765**	-.050*	1	.081**
	Sig. (bilateral)	.002	.007	0.000	0.000	.026		.000
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
zd_guarder	Correlación de Pearson	.521**	.440**	-.103**	-.122**	-.106**	.081**	1
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	
	N	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

ANEXO C

Modelo de regresión lineal múltiple

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Durbin-Watson
1	.708 ^a	.502	.501	.78365	
2	.812 ^b	.660	.660	.64729	
3	.842 ^c	.709	.708	.59943	
4	.847 ^d	.717	.716	.59115	
5	.849 ^e	.720	.720	.58748	
6	.850 ^f	.722	.721	.58563	
7	.850 ^g	.723	.722	.58495	
8	.851 ^h	.724	.723	.58420	
9	.851 ⁱ	.725	.724	.58322	
10	.852 ^j	.726	.725	.58191	
11	.852 ^k	.726	.725	.58182	
12	.853 ^l	.727	.726	.58112	
13	.853 ^m	.728	.726	.58065	.360

a. Predictores: (Constante), zpond_tipo

b. Predictores: (Constante), zpond_tipo, zd_rrm

c. Predictores: (Constante), zpond_tipo, zd_rrm, zcus

d. Predictores: (Constante), zpond_tipo, zd_rrm, zcus, zd_cent_al

e. Predictores: (Constante), zpond_tipo, zd_rrm, zcus, zd_cent_al, zd_consult

f. Predictores: (Constante), zpond_tipo, zd_rrm, zcus, zd_cent_al, zd_consult, zd_ejidos

g. Predictores: (Constante), zpond_tipo, zd_rrm, zcus, zd_cent_al, zd_consult, zd_ejidos, zd_media_s

h. Predictores: (Constante), zpond_tipo, zd_rrm, zcus, zd_cent_al, zd_consult, zd_ejidos, zd_media_s, zd_cent_ba

i. Predictores: (Constante), zpond_tipo, zd_rrm, zcus, zd_cent_al, zd_consult, zd_ejidos, zd_media_s, zd_cent_ba, zcos

j. Predictores: (Constante), zpond_tipo, zd_rrm, zcus, zd_cent_al, zd_consult, zd_ejidos, zd_media_s, zd_cent_ba, zcos, zviv_ha

k. Predictores: (Constante), zpond_tipo, zd_rrm, zd_cent_al, zd_consult, zd_ejidos, zd_media_s, zd_cent_ba, zcos, zviv_ha

l. Predictores: (Constante), zpond_tipo, zd_rrm, zd_cent_al, zd_consult, zd_ejidos, zd_media_s, zd_cent_ba, zcos, zviv_ha, zpond_rinu

m. Predictores: (Constante), zpond_tipo, zd_rrm, zd_cent_al, zd_consult, zd_ejidos, zd_media_s, zd_cent_ba, zcos, zviv_ha, zpond_rinu, zd_rinun

n. Variable dependiente: ln_valcat

Coeficientes

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		t	Sig.	Estadísticas de colinealidad	
	B	Error estándar	Beta				Tolerancia	VIF
1	(Constante)	5.197	.018		295.745	0.000		
	zpond_tipo	.786	.018	.708	44.727	.000	1.000	1.000
2	(Constante)	5.200	.015		358.279	0.000		
	zpond_tipo	.556	.016	.500	33.916	.000	.786	1.272
	zd_rrm	.494	.016	.449	30.443	.000	.786	1.272
3	(Constante)	5.199	.013		386.769	0.000		
	zpond_tipo	.496	.016	.447	32.000	.000	.751	1.331
	zd_rrm	.423	.016	.385	27.269	.000	.737	1.358
	zcus	.271	.015	.242	18.193	.000	.827	1.209
4	(Constante)	5.192	.013		390.675	0.000		
	zpond_tipo	.501	.015	.451	32.728	.000	.750	1.333
	zd_rrm	.315	.021	.286	14.967	.000	.391	2.559
	zcus	.236	.015	.211	15.336	.000	.753	1.328
	zd_cent_al	-.165	.022	-.144	-7.553	.000	.393	2.542
5	(Constante)	5.193	.013		393.139	0.000		
	zpond_tipo	.496	.015	.447	32.508	.000	.747	1.339
	zd_rrm	.320	.021	.291	15.284	.000	.390	2.564
	zcus	.238	.015	.213	15.570	.000	.752	1.329
	zd_cent_al	-.160	.022	-.140	-7.367	.000	.393	2.547
	zd_consult	-.067	.013	-.061	-5.083	.000	.994	1.006

Modelo explicativo de la determinación del valor catastral unitario de suelo, mediante análisis espacial

6	(Constante)	5.192	.013		394.148	0.000		
	zpond_tipo	.493	.015	.444	32.343	.000	.744	1.344
	zd_rrm	.357	.023	.325	15.381	.000	.314	3.187
	zcus	.238	.015	.212	15.567	.000	.752	1.330
	zd_cent_al	-.199	.024	-.174	-8.257	.000	.316	3.164
	zd_consult	-.060	.013	-.054	-4.508	.000	.972	1.028
	zd_ejidos	.084	.023	.077	3.683	.000	.324	3.088
7	(Constante)	5.191	.013		394.577	0.000		
	zpond_tipo	.486	.015	.438	31.522	.000	.723	1.383
	zd_rrm	.362	.023	.329	15.548	.000	.311	3.212
	zcus	.239	.015	.214	15.667	.000	.751	1.332
	zd_cent_al	-.196	.024	-.171	-8.134	.000	.315	3.173
	zd_consult	-.066	.014	-.059	-4.876	.000	.939	1.065
	zd_ejidos	.083	.023	.076	3.663	.000	.324	3.088
	zd_media_s	-.032	.014	-.029	-2.377	.018	.940	1.064
8	(Constante)	5.192	.013		395.088	0.000		
	zpond_tipo	.485	.015	.437	31.419	.000	.722	1.386
	zd_rrm	.363	.023	.330	15.586	.000	.311	3.212
	zcus	.234	.015	.209	15.247	.000	.739	1.354
	zd_cent_al	-.191	.024	-.167	-7.930	.000	.313	3.192
	zd_consult	-.064	.014	-.058	-4.757	.000	.937	1.068
	zd_ejidos	.080	.023	.073	3.487	.000	.322	3.103
	zd_media_s	-.043	.014	-.039	-3.021	.003	.852	1.174
	zd_cent_ba	-.034	.014	-.031	-2.463	.014	.864	1.158

Modelo explicativo de la determinación del valor catastral unitario de suelo, mediante análisis espacial

9	(Constante)	5.191	.013		395.694	0.000		
	zpond_tipo	.467	.017	.421	28.087	.000	.619	1.617
	zd_rrm	.349	.024	.317	14.669	.000	.297	3.363
	zcus	.137	.038	.122	3.552	.000	.118	8.497
	zd_cent_al	-.200	.024	-.175	-8.245	.000	.308	3.251
	zd_consult	-.065	.013	-.059	-4.848	.000	.936	1.069
	zd_ejidos	.080	.023	.073	3.513	.000	.322	3.103
	zd_media_s	-.046	.014	-.041	-3.218	.001	.847	1.180
	zd_cent_ba	-.039	.014	-.036	-2.793	.005	.850	1.176
	zcos	.113	.041	.101	2.774	.006	.105	9.489
10	(Constante)	5.192	.013		396.586	0.000		
	zpond_tipo	.481	.017	.434	27.998	.000	.577	1.734
	zd_rrm	.369	.025	.335	15.013	.000	.277	3.608
	zcus	-.040	.068	-.036	-.585	.559	.037	26.668
	zd_cent_al	-.186	.025	-.163	-7.559	.000	.298	3.360
	zd_consult	-.066	.013	-.059	-4.879	.000	.936	1.069
	zd_ejidos	.077	.023	.071	3.402	.001	.322	3.107
	zd_media_s	-.050	.014	-.045	-3.505	.000	.840	1.191
	zd_cent_ba	-.038	.014	-.035	-2.739	.006	.850	1.177
	zcos	.350	.086	.312	4.085	.000	.024	42.193
	zviv_ha	-.120	.038	-.109	-3.143	.002	.116	8.652

Modelo explicativo de la determinación del valor catastral unitario de suelo, mediante análisis espacial

11	(Constante)	5.192	.013		396.651	0.000		
	zpond_tipo	.481	.017	.433	28.027	.000	.579	1.726
	zd_rrm	.367	.024	.334	15.036	.000	.280	3.570
	zd_cent_al	-.187	.025	-.163	-7.576	.000	.298	3.359
	zd_consult	-.066	.013	-.059	-4.874	.000	.936	1.069
	zd_ejidos	.078	.023	.071	3.419	.001	.322	3.105
	zd_media_s	-.049	.014	-.044	-3.461	.001	.851	1.175
	zd_cent_ba	-.038	.014	-.034	-2.703	.007	.855	1.170
	zcos	.301	.020	.269	15.016	.000	.432	2.315
	zviv_ha	-.101	.022	-.092	-4.713	.000	.363	2.757
12	(Constante)	5.192	.013		397.131	0.000		
	zpond_tipo	.482	.017	.434	28.125	.000	.579	1.728
	zd_rrm	.367	.024	.334	15.044	.000	.280	3.570
	zd_cent_al	-.184	.025	-.161	-7.485	.000	.297	3.364
	zd_consult	-.058	.014	-.052	-4.158	.000	.881	1.135
	zd_ejidos	.078	.023	.071	3.452	.001	.322	3.106
	zd_media_s	-.053	.014	-.048	-3.713	.000	.840	1.190
	zd_cent_ba	-.043	.014	-.039	-3.065	.002	.831	1.203
	zcos	.299	.020	.267	14.927	.000	.431	2.319
	zviv_ha	-.099	.022	-.090	-4.624	.000	.362	2.761
	zpond_rinu	.032	.014	.030	2.394	.017	.902	1.108
	zd_rinun	-.035	.017	-.027	-2.048	.041	.770	1.298

13	(Constante)	5.189	.013		395.421	0.000		
	zpond_tipo	.478	.017	.431	27.745	.000	.571	1.750
	zd_rrm	.370	.024	.337	15.155	.000	.279	3.584
	zd_cent_al	-.183	.025	-.160	-7.446	.000	.297	3.365
	zd_consult	-.060	.014	-.054	-4.331	.000	.874	1.144
	zd_ejidos	.080	.023	.073	3.525	.000	.322	3.110
	zd_media_s	-.053	.014	-.047	-3.700	.000	.840	1.190
	zd_cent_ba	-.038	.014	-.035	-2.658	.008	.806	1.241
	zcos	.291	.020	.260	14.247	.000	.415	2.412
	zviv_ha	-.094	.022	-.085	-4.333	.000	.356	2.805
	zpond_rinu	.042	.014	.038	2.933	.003	.806	1.240

a. Variable dependiente: ln_valcat