

Primeras aproximaciones a los potenciales usos de suelo para la conurbación de Mixquiahuala y Progreso, Hidalgo, mediante un análisis ambiental

CHRISTHOPHER CONTRERAS LÓPEZ*
christhophercl@gmail.com

Arquitecto por el Instituto Tecnológico de Pachuca, Maestro en Arquitectura y con estudios de Doctorado en la Universidad Nacional Autónoma de México. Profesor y líder de la línea Ciudad y Planificación Estratégicas en ITSOEH. Sus temas de interés son el análisis y planificación del territorio y diseño.

LUIS RAÚL PÉREZ HERRERA*
lperez@itsoeh.edu.mx

Licenciado en Economía y Maestro en Estudios Latinoamericanos por la UNAM. Doctor en Estudios Urbanos y Ambientales por El Colegio de México. Profesor de Arquitectura en el ITSOEH. Sus temas de interés se relacionan con las circunstancias socioecológicas del Valle del Mezquital, Hidalgo.

JORGE LUIS RODRÍGUEZ RUIZ*
jrodriguez@itsoeh.edu.mx

Arquitecto, Maestro y Doctor en Ciencias y Artes para el Diseño por parte del Universidad Autónoma Metropolitana. Sus temas de interés son la conservación del patrimonio arquitectónico, vivienda vernácula y diseño.

* Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo.

Como sucede en gran parte de los centros urbanos del país, la conurbación de Mixquiahuala y Progreso, Hidalgo, no cuenta con un Programa Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU) pero, además, los programas existentes tienen poca consideración sobre su entorno natural. Entonces, el objetivo de este texto es desarrollar una primera aproximación a los usos de suelo idóneos en la región, partiendo de un análisis ambiental que fortalezca los criterios de un PMDU. Para ello, se delimitó el área mediante una microcuenca; después, se crearon mapas temáticos, por medio de un análisis ambiental, y se evaluaron para la obtención de usos de suelo. Los resultados muestran que entender los procesos naturales y antrópicos en la región es esencial para definir los usos de suelo, ya que actualmente la mancha urbana merma las zonas idóneas para uso forestal y agrícola.

Palabras clave: *análisis ambiental, crecimiento urbano, usos de suelo.*

As is the case in a large number of urban centers in Mexico, the conurbation of Mixquiahuala and Progreso, Hidalgo, does not have a Municipal Urban Development Program (PMDU in Spanish); moreover, the programs that do exist take little account of the natural environment. The objective of this paper is to make an initial attempt at categorizing ideal land uses in the region, starting with an environmental analysis that applies the criteria of a PMDU. To do so, the microbasin area was delimited; next thematic maps were drawn by means of an environmental analysis, and evaluated to obtain land uses. The results show that it is essential to understand the natural and anthropic processes in a region in order to define land uses, and that currently, urban sprawl is reducing the zones that are ideal for forest and agricultural use. Keywords: environmental analysis, urban growth, land uses.



Figura 1. Conurbación de Mixquiahuala y Progreso. Fotografía: Christopher Contreras López, 2023.

INTRODUCCIÓN

Uno de los retos más importantes a los que se enfrentan los actuales Programas Municipales de Desarrollo Urbano en México, en específico los Lineamientos Simplificados para la Elaboración de Planes o Programas Municipales de Desarrollo Urbano,¹ es combinar, metodológicamente, las delimitaciones político-administrativas de la gestión pública del manejo de la naturaleza con las características específicas de la base biofísica sobre la que se asientan los procesos antrópicos, por el otro, se encuentra la conurbación de Progreso y Mixquiahuala sobre una base natural (Figura 1).

Los Programas Municipales de Desarrollo Urbano, por lo general, se encuentran constreñidos en los límites político-administrativos de las escalas dentro de las cuales se asientan los distintos órdenes de gobierno, a saber, de la nación, la entidad federativa, el municipio o la localidad, que difícilmente responden a las delimitaciones que la naturaleza muestra en la distribución territorial y, aunque

en la actual Guía de Implementación se muestran lineamientos ambientales para validar las estrategias urbanas,² lo ideal es que las estrategias surjan de la comprensión de la base biofísica en la que se desarrollan los asentamientos y no de los criterios generales de regulación ecológica.

Es así que, si bien la misma legislación mexicana contempla instrumentos que responden a otras lógicas territoriales—por ejemplo el Manejo Integral de las Cuencas—, éstas han sido insuficientes para plantear los procesos ecológicos de ordenamiento del territorio.³ Por ello, en este trabajo se recurre a la metodología de Planificación Ecológica,⁴ que propone la caracterización y evaluación de la base biofísica del territorio, para asignar usos de suelo idóneos y compatibles con los procesos antrópicos tradicionales: uso de suelo urbano, agrícola, industrial y de conservación, como complemento y metodológicamente como un paso anterior a la estructura que ofrece la Guía de Implementación⁵ que maneja el actual Gobierno Federal.

1. Gobierno de México, *Lineamientos simplificados para la elaboración de planes o programas municipales de desarrollo urbano*, México, Desarrollo Territorial, Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, 2020.

2. Gobierno Federal, *Lineamientos simplificados. Guía de Implementación*, México, Desarrollo Territorial, Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, 2020.

3. A. Challenger, "Instrumentos de la política ambiental mexicana", en F. A. Rosete, *El ciclo de políticas públicas: casos selectos de la política ambiental mexicana para la enseñanza*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 2019, pp. 73-98.

4. I. L. McHarg, *Design with nature* (25th anniversary edition, Nueva York, John Wiley & Sons, 1992).

5. Gobierno Federal, *Lineamientos simplificados...*, *op. cit.*



Figuras 2 y 3. Vista de las ciudades de Mixquiahuala y Progreso, Hidalgo. Fotografía: Christopher Contreras, 2023.

Por lo anterior, es necesario que los Programas Municipales de Desarrollo Urbano se realicen de forma integral y considerando, de manera profunda, las delimitaciones naturales, sin descuidar las político-administrativas, ya que cada centro urbano tiene sus propias características (Figuras 2 y 3), además de atender el concepto de límites a partir de las cuencas hidrográficas. Las cuencas se definen como espacios territoriales delimitados por un parteaguas, entendiendo este concepto como la línea imaginaria generada por las partes más altas de las montañas o cerros, que dividen a las cuencas adyacentes y distribuyen el escurrimiento originado por la precipitación que en cada sistema de corrientes fluye hacia el punto de salida de la cuenca.⁶

En este sentido, las cuencas hidrográficas permiten comprender espacialmente el ciclo hidrológico, comprendido como el movimiento general del agua, es decir, asciende por evaporación, desciende por precipitaciones y después en forma de escurrimientos superficiales y subterráneos. Además, permiten identificar los impactos de las actividades humanas a lo largo de la cuenca que afec-

tan positiva y negativamente la calidad del agua, la capacidad de adaptación de los ecosistemas y la calidad de vida de sus habitantes. En resumen, en las cuencas hidrográficas se integran sistemas biofísicos, socioeconómicos y político-administrativos, que actúan entre sí formando un gran sistema.⁷

El estudio del territorio a partir de microcuencas es un proceso que busca la resolución de un complejo conjunto de problemas interrelacionados, pues el manejo apropiado de todos los sistemas, naturales y antrópicos, puede brindar beneficios para la sociedad, ya que está inmersa en una amplia gama de bienes y servicios que parten de mantener las funciones ecológicas, sociales y económicas de la cuenca a partir del manejo participativo, adaptativo, sistemático y con visión a largo plazo del territorio, por lo que la adopción de un modelo de análisis integral es necesario, así como, de igual manera, cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), propuestos por la Organización de las Naciones Unidas (ONU).⁸

6. H. Cotler Ávalos et al., *Cuencas Hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión*, México, Cuadernos de Divulgación Ambiental SEMARNAT, 2013.

7. F. Rodríguez, Barrientos, "Cuencas Hidrográficas, Descentralización y Desarrollo Regional Participativo", en *Intersedes: Revista de las Sedes Regionales*, VII(12), 2006, pp. 113-125.

8. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, *Objetivos de Desarrollo Sostenible*, 2019.



Figura 4. Microcuenca suroccidente del río Tula. Fotografía: Christopher Contreras, 2023.

Una vez aceptado que un lugar es la suma de procesos naturales y que éstos constituyen valores sociales, se pueden extraer conclusiones sobre el uso que se le va a dar al lugar, de manera que se asegure una óptima utilización y mejora de los valores sociales, a esto se le llama Idoneidad Intrínseca.⁹ Además, hay lugares, edificios, espacios o actividades especialmente apreciados por la población que se pueden identificar e incorporar al sistema de valores propio de la comunidad.

En este sentido, como primer paso para la puesta en marcha de un Programa Municipal de Desarrollo Urbano, es necesario saber, a partir de una evaluación, qué zonas son las más adecuadas para diferentes usos de suelo, es decir, protección del medio ambiente, agricultura, urbanización e industria. La microcuenca suroccidente del río Tula, Hidalgo (Figura 4), no es la excepción y el objetivo del presente trabajo es determinar los usos de suelo idóneos a partir del reconocimiento de los valores inherentes a los procesos naturales y antrópicos de la región y que los datos obtenidos sean una base para los posteriores análisis propuestos en los Lineamientos Simplificados actuales que sugiere el Gobierno Federal.

9. I. L. McHarg, *Design with nature...*, *op. cit.*

METODOLOGÍA

La naturaleza es un conjunto de procesos y valores que implican oportunidades y limitaciones para el uso humano,¹⁰ por lo que, el reconocimiento de los valores inherentes a los procesos naturales debe preceder a las indicaciones sobre la utilización de los recursos naturales. En este sentido, la metodología empleada para este estudio fue la Planificación Ecológica,¹¹ que consiste en caracterizar los diferentes procesos naturales y antrópicos y determinar, a partir de una evaluación de éstos, las zonas intrínsecamente idóneas para los diferentes usos de suelo que pueda soportar el área de estudio.

El primer paso fue delimitar el territorio a partir de una microcuenca que se traza con los parteaguas, las cimas y los escurrimientos hidrológicos que bajan hasta el río Salado y el río Tula, como principales afluentes; esta información se obtuvo a partir del conjunto de datos vectoriales de información topográfica F14C79 y F14C89 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía.¹² Resuelta la poligonal que se estableció a partir de la topografía, de acuerdo con la cartografía del Inegi, con las curvas de nivel de la región que se expresan con curvas maestras a cada cien metros de altura y curvas ordinarias a cada veinte,¹³ se establecieron las áreas pobladas, las vías de comunicación y los límites administrativos para comenzar con el análisis del territorio.

Una vez elaborado el plano base, se procedió a desarrollar la cartografía temática para la construcción de planos que den un íntegro entendimiento del comportamiento de la región y la posibilidad de encontrar sus diferencias, similitudes y la vocación que presenta. Después de recopiados e interpretados los datos, se procedió a evaluarlos, por lo que se organizaron, mediante una tabla, en un sistema de valores para cada uso de suelo. Se seleccionaron factores fundamentales, además de realizar una clasificación según su grado de importancia, de manera que pudieron ordenarse de acuerdo con dicha clasificación.

10. *Ibid.*

11. *Ibid.*

12. INEGI, *Topografía, 2020*, en www.inegi.org.mx/temas/topografia/

13. INEGI, *Información topográfica 1:50,000 Serie III F14C69 Tasquillo Hidalgo, 2019*, en www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/geografia/imagen_cartografica/t_50_000/889463825609_geo.pdf

Algunos factores condujeron a usos específicos mientras que otros son restrictivos; además, se mostró la dirección del sistema de valores, un punto verde indica orden de categoría de izquierda a derecha y un punto azul indica orden inverso. Por otra parte, los factores de mayor importancia se representan en tonos más oscuros y los valores inferiores disminuyen en intensidad de tono.

A partir de la tabla, cada factor se representó en un mapa en los diferentes tonos e intensidades de verde o azul; los mapas fueron tratados y analizados con la información de Inegi por cada factor, natural y antrópico, mediante el programa informático ArcMap versión 10.2.2,¹⁴ posteriormente, todos los mapas se superpusieron para organizar los procesos como valores que indican las zonas aptas para cada uno de los usos del suelo considerados: conservación, agrícola, industrial y urbano y se elaboró un mapa por cada uso.

Se seleccionaron zonas apropiadas para su conservación, en este caso, los factores seleccionados fueron las elevaciones, siempre y cuando no fueran ideales para la minería, pendientes con más de 15°, ya que a partir de este rango no hay usos para actividades humanas, además de corrientes de agua y posibilidades altas de aguas subterráneas, aparte de conservar los ecosistemas existentes y la posibilidad de aumentarlos mediante zonas para actividades recreativas.

En cuanto a las zonas más adecuadas para su uso urbano, se incluyeron lugares con pendientes de 15° o menos; se eligió, asimismo, un suelo de bajo interés agrícola, con existencia de enclaves y sitios de interés histórico, y se evitaron las pendientes excesivas, la susceptibilidad a inundaciones y los ambientes bucólicos, para que estos ambientes ayuden a preservar al entorno agrícola.

La zona más adecuada para la actividad industrial es la parte noreste de la poligonal, donde ya se está explotando la región minera a cielo abierto de calizas con la producción de cal y cemento para la construcción, además de algunas zonas ideales para explotar agregados pétreos y piroclastos, como en el cerro de La Cruz. Respecto a la agricultura, se eligieron las zonas con pendientes de

menos de 15°, con suelos fértiles, además de lugares con escurrimientos naturales y donde pasen los canales de riego del Distrito 03. Al final, cada uso intrínsecamente idóneo se superpuso en un mapa con los usos actuales existentes en la poligonal para elaborar un diagnóstico y tomar las medidas necesarias, en cuanto a estrategias y políticas para la elaboración de un Programa Municipal de Desarrollo Urbano.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como ya se mencionó, el objetivo del presente trabajo es determinar los usos de suelo idóneos a partir del reconocimiento de los valores inherentes a los procesos natu-

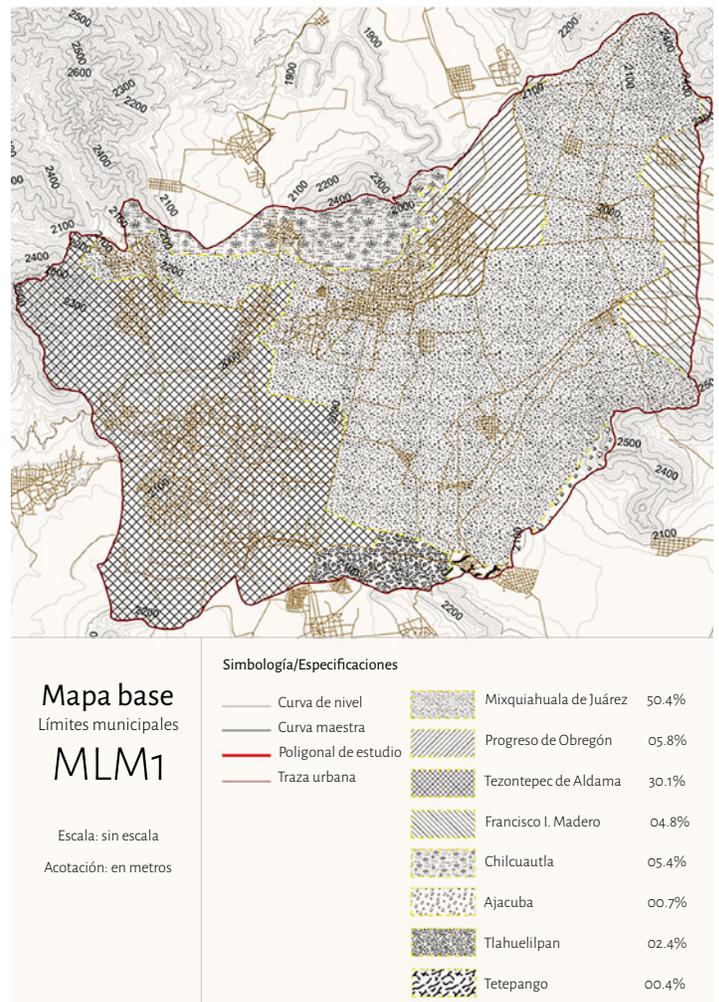


Figura 5. Límites administrativos. Fuente: Elaboración propia a partir de los mapas topográficos F14C79 y F14C89, y de los límites municipales de INEGI, 2020.

14. ESRI, *ArcMap Ver 10.1 GIS*, California, EUA, Environmental System Research Institute, Inc., 2012.

Factor ecológico	Criterio de orden	Rango de fenómenos			Valor para el uso de suelo			
		I	II	III	C	A	U	I
Altimetría	Menor a mayor	Valle	Promontorios Pie de Monte	Ladera Cimas	Dark Blue	Dark Green	Light Green	White
Pendientes	Menor a mayor	2-5° 5-15°	15-30°	0-2° 30-45° >45°	Dark Blue	Light Blue	Dark Green	White
Escurrimientos superficiales	Por tipo	Corriente continua	Corriente intermitente	Sin corriente	Dark Green	Light Green	Dark Blue	White
Escurrimientos subterráneos	Por condiciones	No consolidado con posibilidades altas	No consolidado con posibilidades medias	Consolidado o no con posibilidades bajas	Dark Green	Light Green	Dark Blue	White
Geología	Condiciones de explotación	Rocas con asociaciones a ecosistemas	Rocas sin asociaciones a ecosistemas y sin valor para extracción	Rocas con valor para extracción: caliza, grava boleó, piroclastos	Dark Green	Light Green	Light Green	Dark Blue
Edafología	Nutrientes de mayor a menor	Vertisol Feozem	Rendzina	Litosol	Light Green	Dark Green	Dark Blue	White
Vegetación	Calidad de ecosistema	Ecosistemas sanos	Pastizal inducido	Sin vegetación	Dark Green	Dark Blue	Light Blue	White
Uso de suelo	Por tipo	Forestal	Agrícola	Urbano industrial	Dark Green	Light Green	Dark Blue	Light Blue
Rasgos con valor histórico	Distintivos de mayor a menor	Presencia y en uso	Presencia y sin uso	Ausencia	White	Light Green	Dark Green	White
Rasgos con valor bucólico	Distintivos de mayor a menor	Existentes		Ausencia	White	Dark Green	Dark Blue	White

Figura 6. Puesta en valor de los factores. C = conservación, A = agrícola, U = urbano, I = industrial.

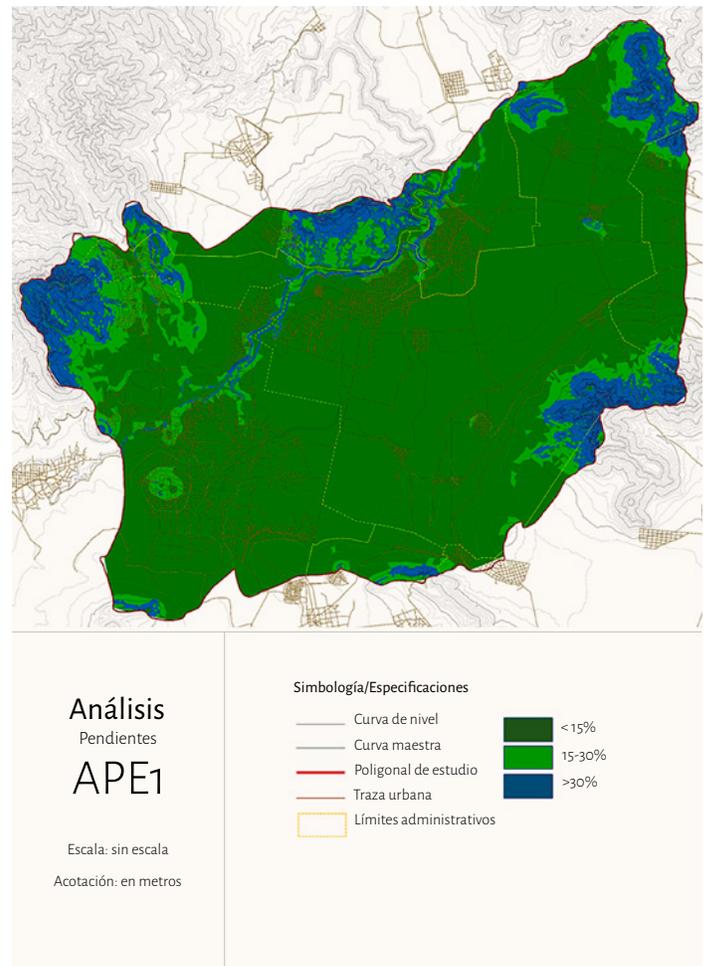
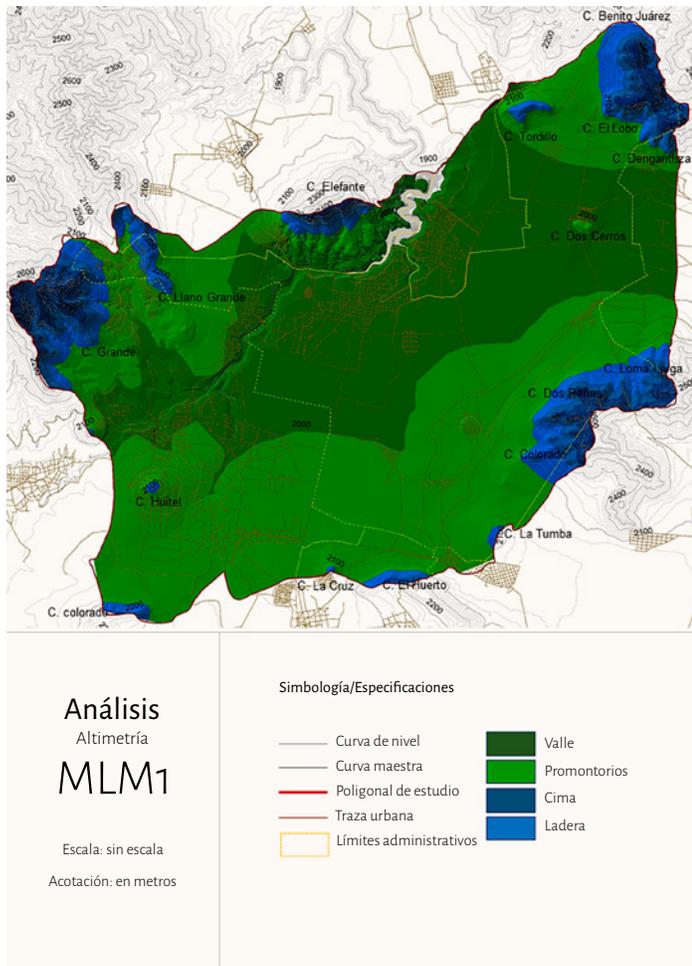
rales y antrópicos de la región y que esto sea una base para posteriores análisis propuestos en los Lineamientos Simplificados actuales. El primer paso fue la determinación de la poligonal de estudio que se delimitó a partir de una base biofísica, en específico, el ciclo del agua, definido por parteaguas y escurrimientos hidrológicos que bajan hasta el río Salado y el río Tula, como principales afluentes; esta información se obtuvo a partir del conjunto de datos vectoriales de información topográfica F14C79 y F14C89 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía.¹⁵ También se definió la delimitación administrativa del polígono de estudio que abarca principalmente los municipios de Mixquiahuala de Juárez con 50.4%, Tezontepec de Aldama, 30.1%; Progreso de Obregón, 5.8%; Chilcuautla, 5.4%; Francisco I. Madero, 4.8%; Tlahuelilpan, 2.4%; Ajacuba, 0.7%; Tlahuelilpan y Tetepango, 0.4%, como se

15. INEGI, *Topografía...*, op. cit.

muestra en la Figura 5. Esta base asegura que el objeto de estudio, es decir, la conurbación de Mixquiahuala y Progreso, se encuentre dentro de la poligonal de análisis.

Con respecto a la caracterización del sitio, se identificaron y evaluaron los factores naturales y antrópicos de la poligonal que se señalan en la Figura 6. Identificados los factores, los criterios de orden se desarrollaron de acuerdo a su importancia en cuanto al rango de fenómenos, es decir, de izquierda a derecha, siendo la izquierda la de mayor valor, con un tono más oscuro, y la derecha de menor valor, con un tono más claro, o en el sentido contrario, de derecha a izquierda; todo dependiendo del criterio con respecto al potencial uso de suelo de cada variable analizada, puntualizados estos usos como: C= conservación, A= agrícola, U= urbano, I= industrial. Estos criterios se definen y se describen a continuación en la evaluación por cada factor.

Evaluación por factor: Cada factor se evaluó de acuerdo con la Tabla 1 y se representó en un mapa como se describe a continuación.



Figuras 7 y 8. Altimetría y pendientes. Fuente: Elaboración propia a partir de los mapas topográficos F14C79 y F14C89, INEGI, 2020.

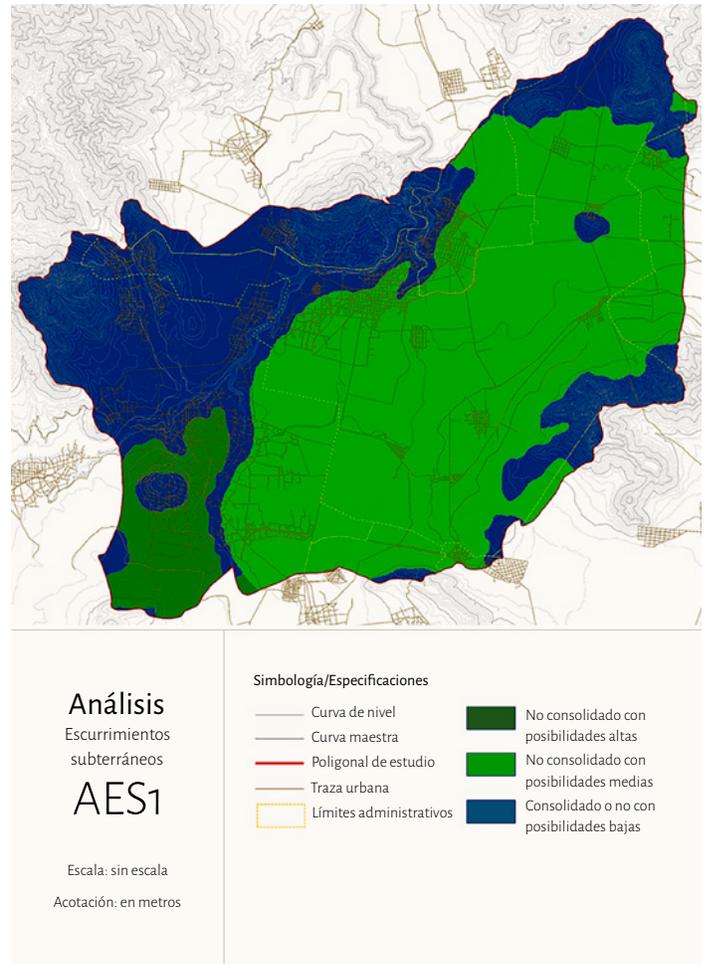
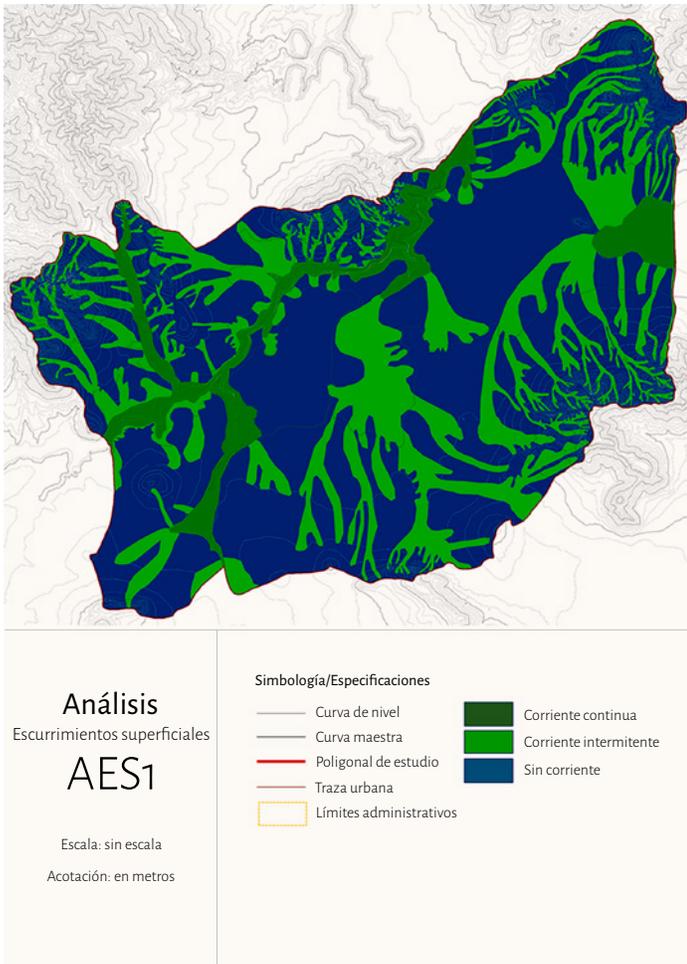
La altimetría, como se aprecia en la Figura 2, se evaluó a partir de tres rangos de fenómenos, que son el valle, los promontorios y pie de monte, además de las laderas y cimas, otorgando prioridad a la agricultura, ya que las condiciones del valle son apropiadas para este uso de suelo; por otra parte, se le otorgó menos valor a la urbanización que queda en una situación igualmente conveniente para este uso, además de que éste es más apropiado en los promontorios y pies de monte que pueden ofrecer vistas y, en consecuencia, dan un mayor valor económico a las propiedades; en cuanto al uso de suelo forestal se le otorgaron las cimas y laderas, ya que estos sitios son ideales para la conservación de los diferentes ecosistemas que existen en la región.

En cuanto a las pendientes (Figura 3), se caracterizaron seis rangos que se adaptaron a las necesidades del presente trabajo y se dividieron en seis clases utilizadas mayor-

mente en México:¹⁶ 0-2° planicie, 2-5° ligeramente plano, 5-15° moderadamente inclinado, 15-30° inclinado, fuertemente inclinado y >45° escarpado. Estos rangos fueron reducidos y expresados a tres para su evaluación, el primero es un rango menor a 15%, ideal para la agricultura y la urbanización, dando más valor a la agricultura, ya que esta región es una de las más productivas del país en cultivos de alfalfa, frijol y maíz,¹⁷ el rango de 15% a 30% que no es un rango tan conveniente para el uso agrícola o forestal, y superior a 30% donde se establecen zonas de protección para los ecosistemas, debido a que no se aprecia ninguna intervención humana en estos rangos (Figuras 7 y 8).

16. E. S. Hernández, *Caracterización morfológica y morfométrica de la carta Toluca*, Toluca, Universidad Autónoma del Estado de México, 2014.

17. R. Neria Hernández, L. Pérez Herrera y L. Rodríguez Ruiz, "Análisis de la vulnerabilidad del entorno del Municipio de Mixquiahuala de Juárez Hgo", en *Revista de Arquitectura y Diseño*, vol. 1, núm. 1, pp. 20-30, 2017.



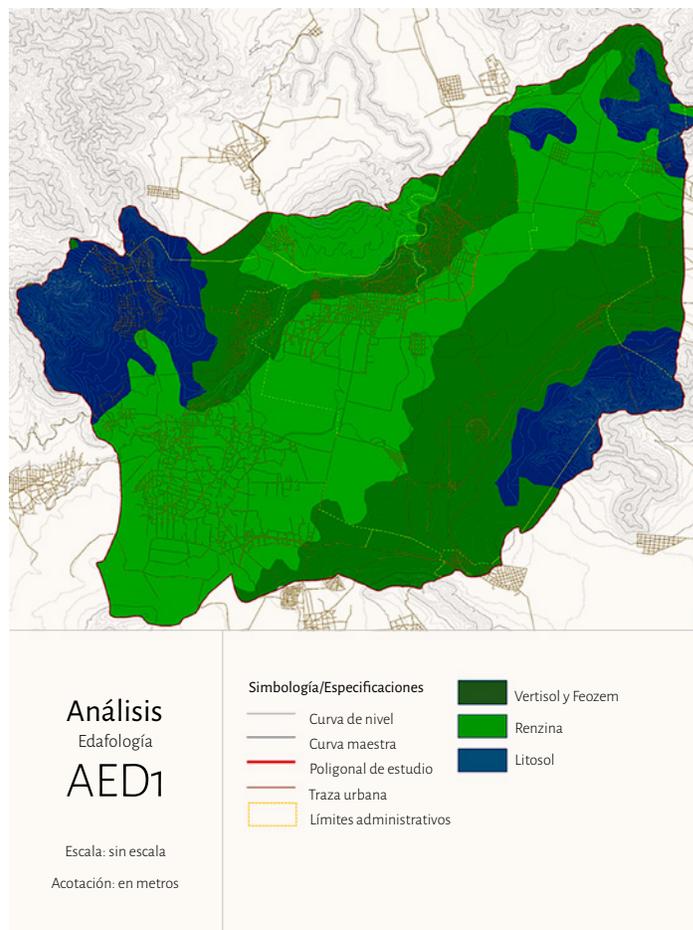
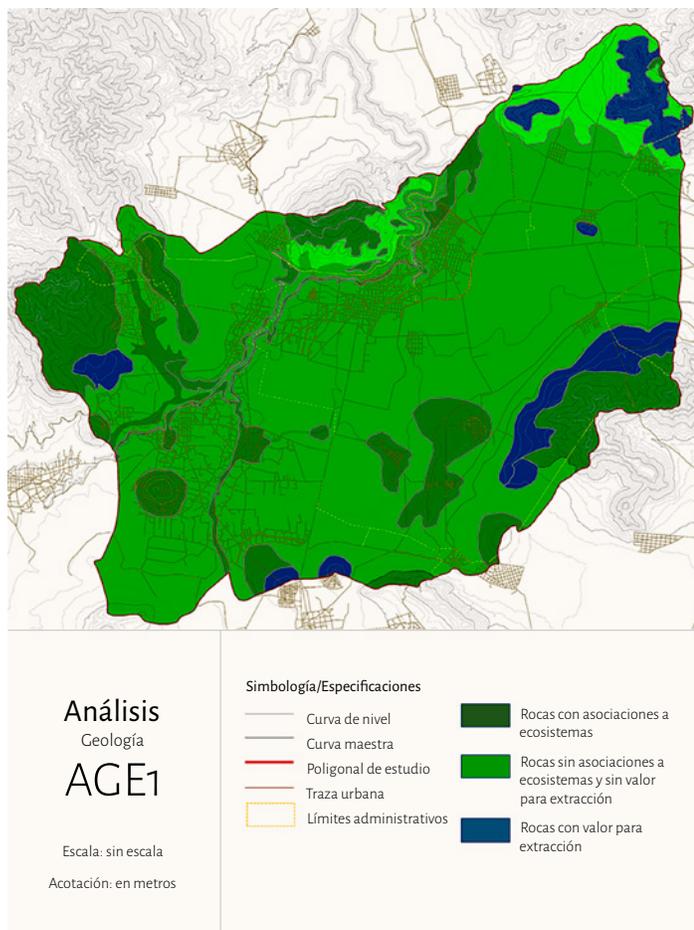
Figuras 9 y 10. Escurreimientos superficiales y subterráneos. Fuente: Elaboración propia a partir de los mapas topográfico y de hidrografía F14C79 y F14C89, INEGI, 2020.

Los escurreimientos superficiales son muy importantes, ya que de ellos dependen el ciclo hidrológico y la vida de las diversas especies vegetales y animales de la región,¹⁸ en este sentido, se le otorgó el valor mayor a los escurreimientos perennes que en este caso son los ríos Tula y Salado (Figura 9), además de la barranca de El Capulín localizada en la comunidad de Tepeitic, la parte noroeste de la poligonal y la zona de inundación del río Actopan, ubicado al este; por otra parte se le otorgó menos valor a todos los escurreimientos intermitentes y las zonas de inundación que convergen en las barrancas y los ríos, estos valores son idóneos para los usos de suelo agrícola y de conservación, dejando el uso urbano en las zonas donde no existe

18. F. Rodríguez Barrientos, “Cuencas Hidrográficas, Descentralización...”, *op. cit.*

ningún tipo de escurreimiento, ideales porque no causarían ningún tipo de inundación y se aprovecharía todo el agua que cae al valle para la recarga de mantos acuíferos y otras actividades.

En cuanto a los escurreimientos subterráneos, se advierte en la Figura 10 que se le otorga el mayor valor a la zona con material no consolidado con probabilidades altas de almacenamiento de agua, ya que en esta zona hay mucha probabilidad de que existan mantos freáticos donde se puede extraer agua a través de pozos, por lo que esta zona es ideal para la conservación, con menos valor está el material no consolidado con posibilidades medias, ya que tiene menos probabilidades de que exista agua subterránea, por lo que esta zona puede ser idónea para la agricultura; por último, el material consolidado o no, pero con posibilidades bajas de que haya agua subterránea es ideal para la urbanización.

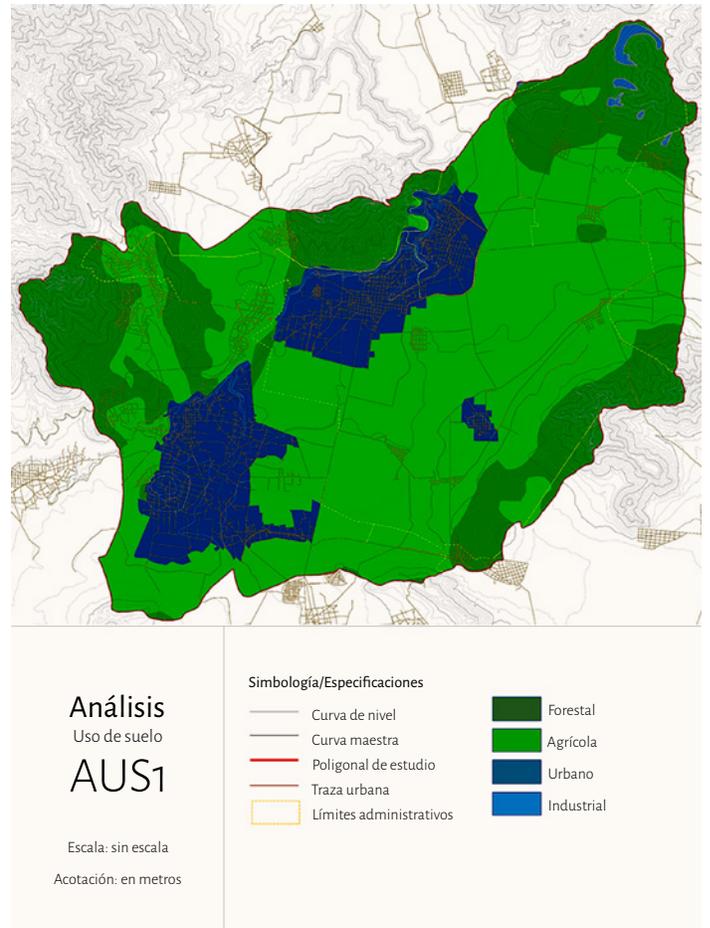
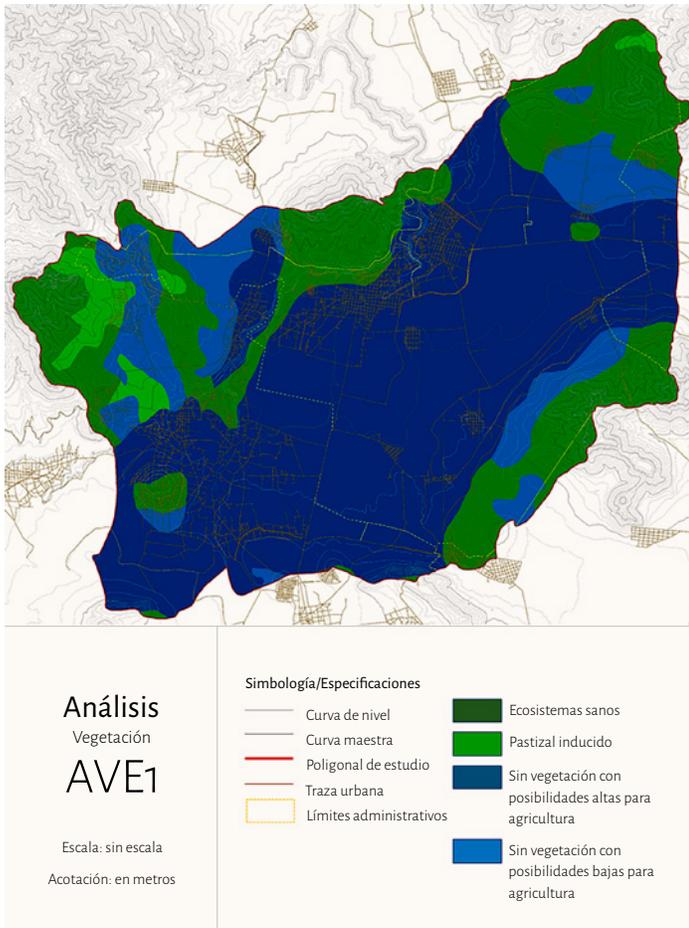


Figuras 11 y 12. Geología y edafología. Fuente: Elaboración propia a partir de los mapas geológico y edafológico F14C79 y F14C89, INEGI y SGM, 2020.

En la Figura 11, los aspectos geológicos se dispusieron en concordancia con las rocas y sus asociaciones con ecosistemas, debido a que tenemos el matorral desértico rosetófilo, asociado a las calizas existentes en el lugar, así como el matorral crasicaule, asociado a las rocas ígneas que bajan y se conjunta con la vegetación riparia, por lo cual estas zonas son idóneas para la conservación; por otra parte, las rocas sin asociaciones con los ecosistemas y sin interés extractivo, como lo es toda la superficie lacustre del valle, son convenientes para la agricultura y muy poco ideales para la urbanización, debido a que muchas rocas no son consolidadas y las construcciones requieren mayor refuerzo estructural para ser estables en este tipo de rocas. También hay diferentes zonas con idoneidad para la extracción como las calizas, donde se encuentran minas activas, además de zonas con potencial de extracción de piroclastos y agregados pétreos.

La edafología se evaluó por la calidad del suelo en cuanto a los nutrientes que éste presenta (Figura 12), por lo que los mejores suelos son el pheozem y el vertisol, que son suelos muy fértiles y relacionados con la agricultura, así que lo ideal para estas zonas es un uso de suelo agrícola y de conservación, menos importante es la rendzina que es un suelo poco profundo y con rendimientos bajos para la agricultura. Por último, también hay litosol que es un suelo de poca profundidad asociado a las cimas, laderas y lomeríos, ideal para la urbanización, ya que se encuentra la roca de manera inmediata para establecer cualquier tipo de estructura.

La vegetación se evaluó con referencia a la calidad de los ecosistemas, la mayor calificación se le da a los ecosistemas sanos que son, en las zonas más altas, el bosque de coníferas, principalmente de *Quercus* (Figura 13). Asociado a las rocas calizas en la parte noreste se encuentra el matorral desértico rosetófilo, y asociado a los cerros de natura-



Figuras 13 y 14. Vegetación y uso de suelo. Fuente: Elaboración propia a partir de los mapas de uso de suelo y vegetación F14C79 y F14C89, INEGI, 2020.

leza volcánica se encuentra el matorral crasicuale que baja hasta el río combinado con vegetación riparia. Por otra parte, se tienen las partes de ecosistemas que no están sanos, donde, por lo regular, está presente el pastizal inducido, que puede ocuparse para zonas de recreación o conservación activa. Por último, en las zonas donde no están presentes los ecosistemas, se da preferencia a la agricultura y menos importancia a la urbanización.

El uso de suelo, como se observa en la Figura 14, es lo que existe actualmente, ya que hay cuatro usos de suelo, siendo de mayor predominancia el agrícola debido a que la zona está en un valle con suelos fértiles ideales para este uso, además de contar con agua suficiente para la agricultura de riego; por otra parte, hay algunos terrenos que cuentan todavía con agricultura de temporal que han ido mermando a la zona forestal.

El uso de suelo urbano es el segundo más importante en la poligonal y está creciendo gradualmente sobre las

zonas agrícolas, provocando un cambio drástico de uso de suelo en zonas donde hay terrenos muy fértiles, zonas de escurrimientos superficiales y de recargas de mantos freáticos, además de urbanizar zonas con alto valor forestal.

El uso forestal está definido por factores donde la intervención humana tendría un mayor costo monetario, ya que no se perciben rastros de intervenciones antrópicas en las cimas de las elevaciones y laderas de mucha pendiente, por lo que estos sitios están resguardados, sin embargo, para que un ecosistema funcione, debe interactuar con otros a partir de corredores o peldaños de los mismos ecosistemas existentes,¹⁹ por lo que es necesario crear alternativas para la ampliación de zonas de conservación, tanto pasiva como activa.

19. W. E. Dramstad, J. D. Olson y R. T. Forman, *Landscape Ecology Principles in Landscape Architecture and Land-Use Planning*, Washington DC, Harvard University and Island Press, 1996.

El uso industrial es muy importante en la región, debido a la creciente demanda de materiales para la construcción que se obtienen de diferentes tipos de minería extractiva al aire libre, por ejemplo, de calizas que sirven para la elaboración de cal y cemento, además de agregados pétreos; sin embargo, los vientos dominantes del noreste pueden llevar el polvo de las minas a cielo abierto a las ciudades, siendo éste muy contaminante, también esta actividad minera provoca un deterioro en las zonas forestales y de conservación ya que deja huellas en el paisaje, con un deterioro perceptible del suelo, por lo que se deberían contemplar políticas, estrategias y recomendaciones que mitiguen el impacto minero de la región.

Independientemente de los rasgos naturales, también existen en la poligonal algunos rasgos de valor histórico y cultural dentro de la zona urbana. En la localidad de Mixquiahuala se encuentran algunos prehispánicos como la pirámide de Taxhuadá, ubicada en el panteón del mismo nombre, con vestigios de una ceremonia del “Fuego Nuevo” de los aztecas en 1507;²⁰ otros de origen novohispanos como la parroquia de San Antonio de Padua del siglo XVIII y la capilla del Calvario. Existen también rasgos en las zonas rurales: en la comunidad de Tepeitic se encuentra una presa novohispana en la barranca El Capulín, además de la capilla de Los Santos Reyes; en la localidad de Benito Juárez está la capilla dedicada a San Miguel, además del casco de una hacienda; en la colonia Dos Cerros está la ex hacienda del mismo nombre, además de la capilla de San Diego que contiene una inscripción del año 1667.²¹ En Tunititlán se encuentra un puente que data de finales del siglo XIX, construido con base en ocho arcos, de mampostería y cantera.²² Por último, desde 2014, la colonia Morelos ha sido el Recinto Internacional del Muralismo, en este lugar se han pintado más de 150 murales en las fachadas de las construcciones de la localidad.²³

20. M. Flores Moreno, *Voces y Huellas de Mixquiahuala*, Monterrey, Omak Diseño, 2003.

21. Secretaría de Gobernación, *Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México Hidalgo*, México, 2010.

22. Tunititlán, *Tunititlán*, 2020, en www.tunititlan.com.mx/historia/

23. G21 COMUNICACIÓN, *México Desconocido*, México, 2018.

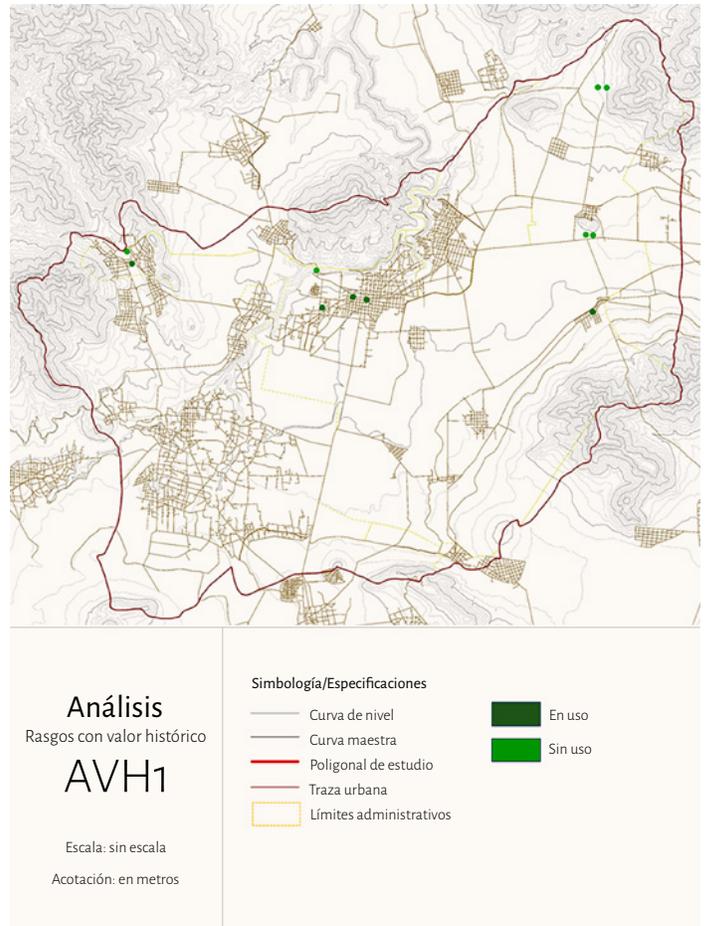


Figura 15. Rasgos con valor histórico y bucólico. Fuente: Elaboración propia a partir de las visitas a la región.

Los rasgos anteriores se calificaron en uso o sin uso alguno, que deberán tener un valor alto, ya que estos rasgos son esenciales para la identidad de la población porque ayudan a forjar un carácter en la zona (Figura 15). La mayor parte de éstos se encuentran en las comunidades rurales. Por último, como se aprecia en la Figura 16, en la poligonal existen zonas con valor bucólico, que son las comunidades rurales que dependen directamente de las actividades primarias de la región, en este caso, de la agricultura. Estas comunidades deben estar alejadas de la urbanización, ya que entre más cerca se encuentren, se creará un cambio de uso de suelo muy drástico que puede repercutir en la pérdida de la identidad de la propia población, alejándose cada vez más de sus actividades primarias.²⁴

24. I. L. McHarg, *Design with nature...*, op. cit.

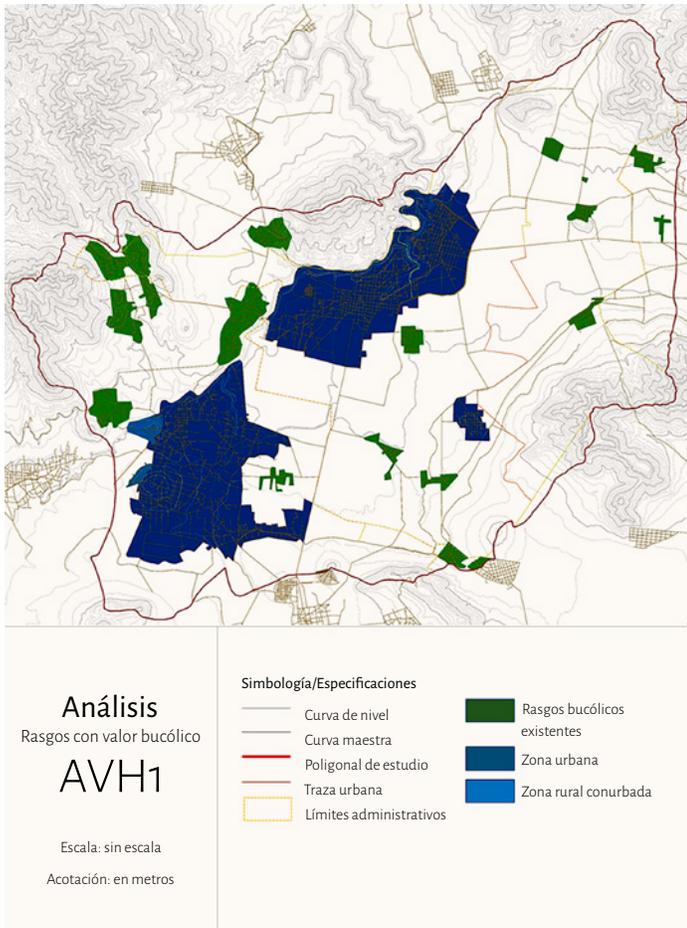


Figura 16. Rasgos con valor histórico y bucólico. Fuente: Elaboración propia a partir de las visitas a la región.

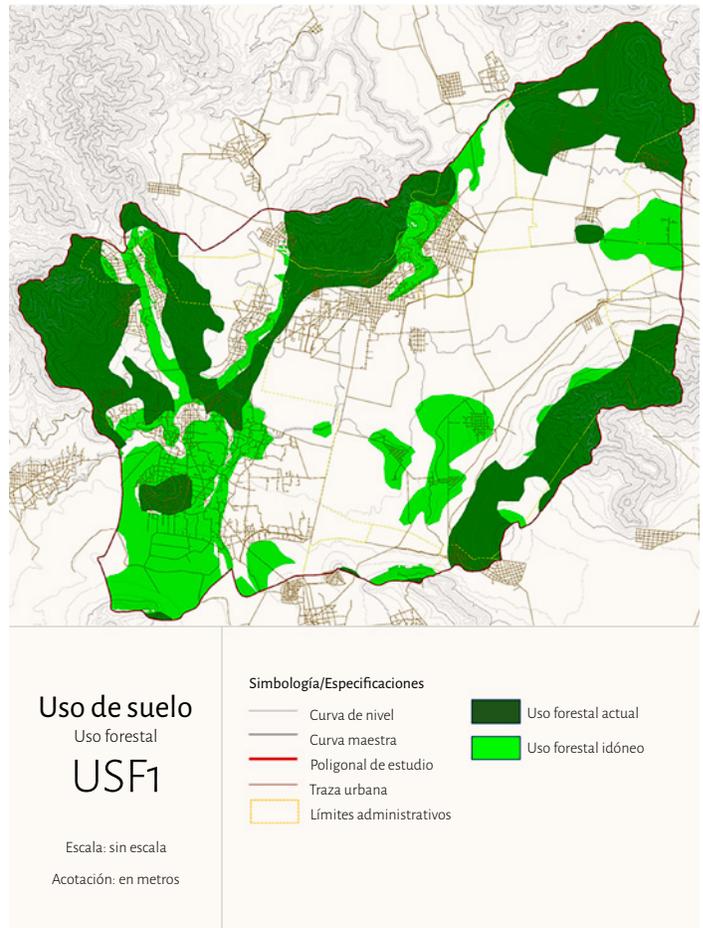


Figura 17. Usos idóneos forestal y agrícola. Fuente: Elaboración propia a partir de la superposición de los mapas analizados.

USOS INTRÍNSECAMENTE IDÓNEOS

Una vez evaluados todos los mapas, tanto de los procesos naturales como de los antrópicos, se realizó una superposición de éstos, organizándose los procesos como valores e indicando las zonas con una idoneidad intrínseca para cada uno de los usos del suelo considerados: conservación, agrícola, industrial y urbano. Por otra parte, se comparó la información de cada uso de suelo idóneo contra los usos actuales existentes en la poligonal para obtener un diagnóstico y poder tomar las medidas necesarias respecto a políticas y estrategias en la elaboración de un Programa Municipal de Desarrollo Urbano.

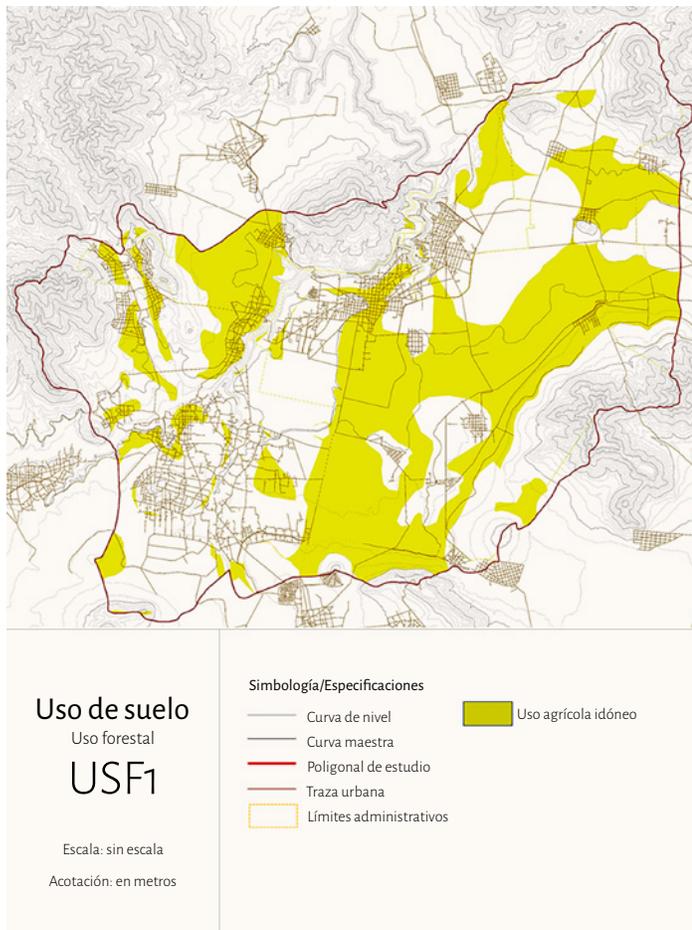
En cuanto al uso de suelo forestal, se marcó el uso actual a partir del mapa de vegetación (Figura 17), posteriormente, las idoneidades se obtuvieron a partir de la identificación de la altimetría: las cimas; de las pendientes: las mayores a 15%; de los escurrimientos subterráneos:

las zonas con posibilidades altas de que haya agua subterránea que requieren de protección y conservación; de los escurrimientos superficiales: los ríos que actúan como corredores y pueden conectar a los ecosistemas existentes;²⁵ además, de la geología: las rocas de origen ígneo que están asociadas al matorral crasicuale,²⁶ estas formaciones se pueden ocupar como peldaños para conectar a los ecosistemas.²⁷

25. W. E. Dramstad, J. D. Olson, y R. T. Forman, *Landscape Ecology Principles...*, op. cit.

26. INEGI, *Guía para la interpretación cartográfica: uso de suelo y vegetación*. México, INEGI, 2017.

27. W. E. Dramstad, J. D. Olson y R. T. Forman, *Landscape Ecology Principles...*, op. cit.



Figuras 18. Usos idóneos forestal y agrícola. Fuente: Elaboración propia a partir de la superposición de los mapas analizados.

Se puede apreciar, por una parte, que la urbanización se ha extendido hasta ocupar zonas con rocas ígneas, asociadas a la vegetación crasicaule, además del establecimiento de la mancha urbana en las riberas de los escurrimientos perennes y cercana a las barrancas que dejan los escurrimientos intermitentes, aunado al crecimiento sobre la principal zona donde hay posibilidades altas de encontrar agua subterránea para la creación de pozos, por último, también se observa que hay uso de suelo agrícola que ha ganado espacio al forestal.

Para el uso de suelo agrícola (Figura 18), se trazó el uso actual a partir del mapa de uso de suelo, y se obtuvieron las idoneidades a partir de la edafología, es decir, los suelos con mayores nutrientes (vertisol y feozem);²⁸ de los escurrimientos superficiales: donde convergen los escurri-

28. INEGI, *Guía para la interpretación de cartografía Edafología*, México, INEGI, 2004.

mientos intermitentes que pueden ser aprovechados para el riego; de la vegetación se evita degradar los ecosistemas y de los rasgos con valor bucólico, ya que estas comunidades establecen un lazo con la región para seguir conservando las actividades primarias que ahí se desarrollan.

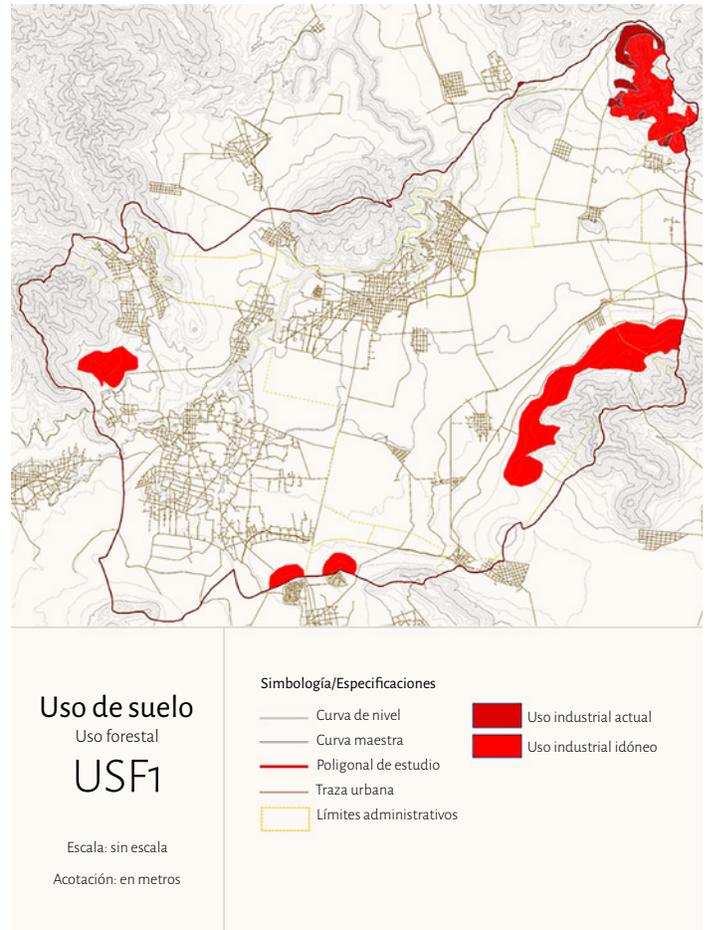
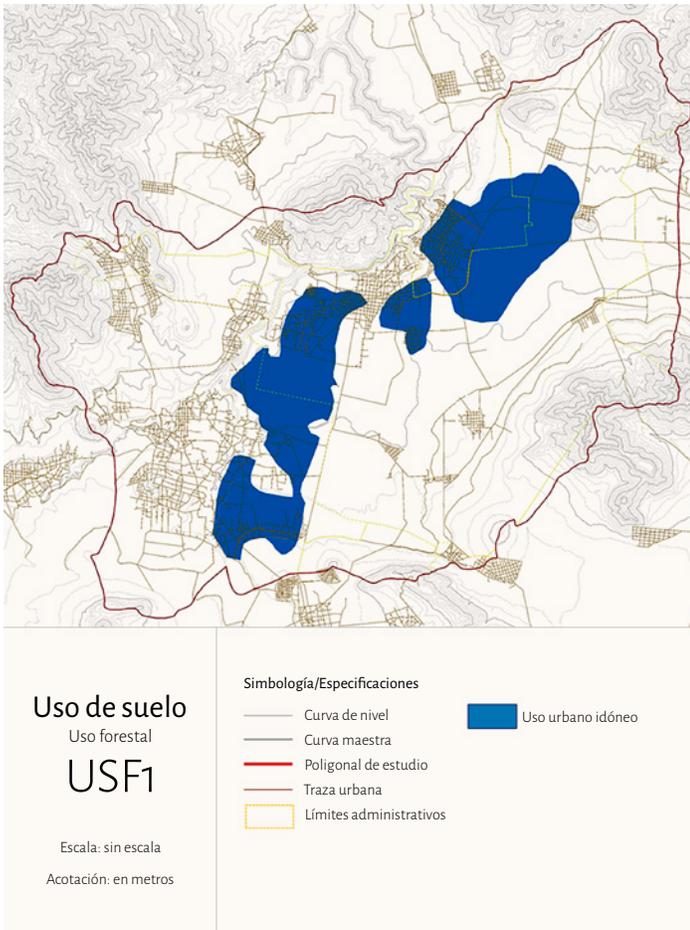
En la Figura 19, se observa que la urbanización ha crecido exponencialmente en los últimos años sobre el uso agrícola y alcanzando algunas comunidades rurales, provocando un cambio de suelo drástico al substituir las actividades propias de la región —las primarias por las terciarias—, lo que implica una protección a las comunidades rurales fortaleciendo rasgos de identidad, como las haciendas que aprovecharon el valor de la región para potencializar la agricultura de la zona.²⁹

El uso de suelo urbano se trazó a partir de la altimetría: los promontorios; de pendientes: las menores a 15%; de escurrimientos superficiales: áreas sin ningún tipo de escurrimiento; de escurrimientos subterráneos: en zonas de medias o bajas posibilidades de que exista agua subterránea; de la edafología: suelos con pocos nutrientes; y vegetación: la ausencia de ecosistemas.

Se observa que la actual mancha urbana se ha desarrollado fuera de la zona idónea para este tipo de uso, aprovechando solamente las pendientes de menos de 15%, sin embargo, algunas zonas de Mixquiahuala y Progreso están dentro de lo idóneo, no así la zona urbana de Tezontepec que se ubica en un área de recarga de mantos acuíferos. Por otra parte, esta mancha de idoneidad urbana nos sirve para establecer el crecimiento urbano a corto, mediano y largo plazo, ya que, a partir de esto, se puede establecer el modelo de crecimiento de la región.

Por último, en la Figura 20 se puede observar el uso industrial, que se estableció a partir del uso de suelo actual que aprovecha la zona de calizas para obtener cal y cemento, además se establecieron ciertas idoneidades a partir del mapa geológico, en el cual se observan zonas aptas para la obtención de agregados pétreos, además de piroclastos que, en algunos lugares, como el cerro de La Cruz, la mancha urbana invadió el cerro y mermó la extracción.

29. M. Flores Moreno, *Voces y Huellas...*, op. cit.



Figuras 19 y 20. Usos idóneos urbano e industrial. Elaboración propia a partir de la superposición de los mapas analizados.

Se advierte que la región es idónea para la obtención de diferentes tipos de materiales para la construcción, sin embargo, la minería a cielo abierto ha dejado huellas en el paisaje, mermando las zonas apropiadas para la conservación de los ecosistemas existentes, dejando terrenos abruptos y estériles, por lo que se deben aplicar políticas de reparación de daños a los terrenos que, una vez abandonada la extracción, se puede consolidar el terreno y suministrar materia orgánica, además de la implantación de especies vegetales que ayuden a la consolidación del terreno, además, en diferentes lugares a nivel nacional e internacional, estos espacios se han abierto a otras actividades de tipo recreativas.³⁰

30. F. A. Cerver, *Civil engineering: Nature Conservation and Land Reclamation World of Environmental Design*, México, Arco Editorial, 1999.

CONCLUSIONES

Es importante, para cualquier región, tener un Programa Municipal de Desarrollo Urbano; sin embargo, con este trabajo se confirma que un análisis del territorio a partir de una base biofísica, puede determinar los usos de suelo idóneos a partir del reconocimiento de los valores inherentes a los procesos naturales y antrópicos de la región, generando una base para posteriores análisis propuestos en la metodología de los Lineamientos Simplificados actuales, con el objetivo de que los Programas de Municipales de Desarrollo Urbano puedan ser elaborados de manera integral y cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (OSD), propuestos por la Organización de las Naciones Unidas (ONU).

Una clara comprensión de cada proceso es esencial para organizar un sistema de valores. En el ejemplo aquí desarrollado, cada proceso se evaluó y a partir de una superposición de mapas, por una parte, se establecieron

ciertos usos específicos y, por otra, rasgos que son restrictivos para los usos. En este sentido, con la metodología empleada se identificaron los usos intrínsecamente idóneos para cada uso específico (conservación, agrícola, urbano e industrial), demostrando que es necesario el entendimiento de los procesos naturales y que éstos pueden ser una base sólida y un complemento metodológico para los análisis propuestos por los Lineamientos Simplificados actuales.

El uso de suelo ideal para la conservación está siendo mermado por las actividades humanas, como la agricultura, que tiene prioridad en la región, además de la creciente mancha urbana, que están deteriorando los ecosistemas (Figura 20). En este mismo sentido, las zonas de extracción minera a cielo abierto han dejado cicatrices en el paisaje (Figura 21), por lo que se deben instrumentar políticas para la conservación de los ecosistemas, ya que éstos poseen una amplia gama de bienes y servicios que parten de mantener las funciones ecológicas, sociales y económicas de la región. El uso de suelo agrícola es el de mayor superficie, sin embargo, en los últimos años, la mancha urbana ha crecido de tal forma, que las tierras agrícolas se han visto afectadas por la urbanización. Por lo que una metodología integral y colaborativa es lo más conveniente para el desarrollo de la región.

Por otra parte, la mancha urbana se ha establecido sobre un suelo con alta cantidad de nutrientes ideal para la agricultura (Figura 22), lo que ha creado un suelo impermeable que afecta la zona de recarga de los mantos acuíferos de la región, estableciéndose sobre los escurrimientos, situación que puede provocar inundaciones en las diferentes zonas urbanas de la región, por lo que se debe evitar el crecimiento sobre estas zonas o, en su caso, proponer medidas de mitigación que eviten las inundaciones. El uso industrial es importante para la economía de la región, sin embargo, la mancha urbana ha crecido de tal forma que abarca zonas apropiadas para la extracción de minerales, por lo que se requieren políticas de protección.

Este primer acercamiento a los potenciales usos de suelo en la conurbación de Mixquiahuala y Progreso, Hidalgo, mediante un análisis ambiental demuestra que para alcanzar un ordenamiento territorial integral se deben contemplar, en primera instancia, las característi-



Figura 20. Agricultura mermando la zona forestal. Fotografía: Christopher Contreras, 2023.



Figura 21. Extracción minera a cielo abierto. Fotografía: Christopher Contreras, 2023.



Figura 22. Urbanización sobre uso agrícola. Fotografía: Christopher Contreras, 2023.

cas biofísicas del territorio que son base para el desarrollo antrópico de la región, sin descuidar las fases metodológicas actuales de los Lineamientos Simplificados para la Elaboración de Programas Municipales de Desarrollo Urbano, ya que se concluye que este tipo de estudios del territorio resultan un complemento útil para alcanzar un desarrollo pleno en la región.

FUENTES CONSULTADAS

- CERVER, F. A., *Civil engineering: Nature Conservation and Land Reclamation World of Environmental Design*, México, Arco Editorial, 1999.
- CHALLENGER, A., "Instrumentos de la política ambiental mexicana", en F. A. Rosete, *El ciclo de políticas públicas: casos selectos de la política ambiental mexicana para la enseñanza*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 2019.
- COTLER ÁVALOS, H., *et al.*, *Cuencas Hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión*, Cuadernos de Divulgación Ambiental SEMARNAT, 2013.
- DRAMSTAD, W. E., J. D. Olson y R. T. Forman, R. T., *Landscape Ecology Principles in Landscape Architecture and Land-Use Planning*, Washington, DC, Harvard University and Island Press, 1996.
- ESRI, *ArcMap Ver 10.1 GIS*, California, EUA, Environmental System Research Institute, Inc., 2012.
- FLORES MORENO, M., *Voces y Huellas de Mixquiahuala*, Monterrey, Omak Diseño, 2003.
- GOBIERNO DE MÉXICO, *Lineamientos simplificados para la elaboración de planes o programas municipales de desarrollo urbano*, México, Desarrollo Territorial, Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, 2020.
- GOBIERNO FEDERAL, *Lineamientos simplificados, Guía de Implementación*, México, Desarrollo Territorial, Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, 2020.
- HERNÁNDEZ, E. S., *Caracterización morfológica y morfométrica de la carta Toluca*, Toluca, Universidad Autónoma del Estado de México, 2014.
- INEGI, *Guía para la interpretación de cartografía Edafología*, México, INEGI, 2004.
- INEGI, *Guía para la interpretación cartográfica: uso de suelo y vegetación*, México, INEGI, 2017.

MCHARG, I. L., *Design with nature* (25th anniversary edition), New York, John Wiley & Sons, Inc., 1992.

NERIA HERNÁNDEZ, R., L. Pérez Herrera y L. Rodríguez, Ruiz, "Análisis de la vulnerabilidad del entorno del Municipio de Mixquiahuala de Juárez Hgo.", en *Revista de Arquitectura y Diseño*, vol. 1, núm. 1, 2017.

RODRÍGUEZ BARRIENTOS, F., "Cuencas Hidrográficas, Descentralización y Desarrollo Regional Participativo", en *Interseces: Revista de las Sedes Regionales*, vol. VII, núm. 12, 2006.

Referencias electrónicas

- G21 COMUNICACIÓN, "Mixquiahuala: la galería a cielo abierto más grande de México", en *México Desconocido*, 2018. En www.mexicodesconocido.com.mx/mixquiahuala-la-galeria-cielo-abierto-mas-grande-de-mexico.html
- INEGI, *Información topográfica 1:50,000 Serie III F14C69 Tasquillo Hidalgo*, 2019. En www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bviniegi/productos/geografia/imagen_cartografica/1_50_000/889463825609_geo.pdf
- INEGI, *Topografía*, 2020, en www.inegi.org.mx/temas/topografia/
- PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO, *Objetivos de Desarrollo Sostenible*, 2019. En www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html
- SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN, *Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México Hidalgo*, 2010, en Mixquiahuala de Juárez. En www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM13hidalgo/municipios/13041a.html
- TUNITITLÁN, *Tunititlán*, 2020. En www.tunititlan.com.mx/historia/