



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ciencias Naturales

**Diseño de un sistema agroecológico para la sostenibilidad de la microcuenca
La Cañada, Querétaro.**

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de
Maestro en Gestión Integrada de Cuencas

Presenta

Hugo Iván Pedroza Meneses

Dirigido por:

Dr. Juan Alfredo Hernández Guerrero

Santiago de Querétaro, Qro.

A 26 de noviembre de 2021



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ciencias Naturales
Maestría en Gestión Integrada de Cuencas

Diseño de un sistema agroecológico para la sostenibilidad de la microcuenca La Cañada, Querétaro.

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de
Maestro en Gestión Integrada de Cuencas

Presenta

Hugo Iván Pedroza Meneses

Dirigido por:

Dr. Juan Alfredo Hernández Guerrero

Dr. Juan Alfredo Hernández Guerrero
Presidente

Mtro. Morel Luna Morales
Secretario

Dra. Diana Patricia García Tello
Vocal

Mtro. José Carlos Dorantes Castro
Suplente

Mtro. José Ignacio Urquiola Permisán
Suplente

Centro Universitario, Querétaro, Qro. México
Noviembre 2021.

“Uno debe tomar las medidas de gestión adecuadas para utilizar y conservar el agua de las montañas, pozos, ríos y también el agua de lluvia para beber, para la agricultura y para la industria”

Atharva Veda 800 a.C., verso 19, 2.1 (Chandra, 1990, p. 106)

Dirección General de Bibliotecas UFR

Resumen

Las circunstancias socioambientales de este milenio exigen una gestión participativa, adaptativa y conjunta de los medios de vida. En el contexto de América Latina y el Caribe la Gestión Integrada de Cuencas tiene por principal objeto de estudio las ciudades medias en crecimiento, ya que son territorios con fuertes contrastes entre los diferentes modos de reproducción de la vida urbana, rural y natural. ¿Cuáles son las estrategias para la sostenibilidad socioambiental en este contexto?

Para muchas sociedades, los retos a resolver, como primicias de una vida digna, consisten extender el acceso a la seguridad, la justicia y la equidad social como principal estrategia de mitigación del calentamiento global y de erradicación de la pobreza, ya que se ligan a aspectos básicos de seguridad energética, hídrica y alimentaria. Es por ello que el objeto de análisis tiene como punto de partida el del uso del suelo de una microcuenca urbana como principal factor implicado en la desertificación, la disminución de la calidad del agua y la pérdida de biodiversidad con consecuencias importantes en los ciclos biogeoquímicos que llamamos Servicios Ecosistémicos y de los cuales dependen millones de comunidades de seres vivos.

Uno de los territorios propicios para estudiar la dinámica urbana desde la Gestión Integrada de Cuencas en México es la ciudad de Santiago de Querétaro, en ella se encuentran dinámicas propias de una ciudad media en desarrollo que al mismo tiempo cuenta con usos de suelo asociados a la producción agrícola y la conservación ambiental. En este contexto se integró una metodología mixta entre las ciencias naturales y sociales aplicada a la zonificación socioambiental de una microcuenca y la participación social en el diseño de las estrategias.

Este documento se adscribe al análisis del crecimiento en las ciudades medias de países en desarrollo y contribuye a sentar las bases conceptuales estratégicas desde el binomio biofísico y sociocultural que servirán de instrumentos en el diseño y construcción de las ciudades del futuro. De esta manera se contribuye mediante un diseño participativo de modelación agroecológica para construir un marco epistemológico y metodológico de la sostenibilidad socioambiental en microcuencas de ciudades medias en crecimiento.

Palabras clave: *Gestión Integrada de Cuencas; Sostenibilidad Socioambiental; Agroecosistemas Urbanos; Diseño Participativo; Análisis Espacial Multicriterio.*

Abstract

The socio-environmental circumstances of this millennium require participatory, adaptive and joint management of livelihoods. In the context of Latin America and the Caribbean, Integrated Watershed Management has as its main object of study the growing medium-sized cities, since they are territories with strong contrasts between the different modes of reproduction of urban, rural and natural life. What are the strategies for socio-environmental sustainability in this context?

For many societies, the challenges to be solved, as the first fruits of a dignified life, consist of extending access to security, justice and social equity as the main strategy for mitigating global warming and eradicating poverty, since they are linked to basic aspects of energy, water and food security. That is why this work has as its starting point the analysis of the land use of an urban micro-basin as the main factor involved in desertification, the decrease in water quality and the loss of biodiversity with important consequences in the biogeochemical cycles that we call Ecosystem Services and on which millions of communities of living beings depend.

One of the propitious territories to study urban dynamics from the Integrated Watershed Management in Mexico is the city of Santiago de Querétaro, in it are typical dynamics of an average developing city that at the same time has land uses associated to agricultural production and environmental conservation. In this context, a mixed methodology was integrated between natural and social sciences applied to the socio-environmental zoning of a micro-watershed and social participation in the design of the strategies.

This document is ascribed to the analysis of growth in medium-sized cities in developing countries and contributes to laying the strategic conceptual foundations from the biophysical and sociocultural binomial that will serve as instruments in the design and construction of the cities of the future. In this way, it contributes through a participatory agroecological modeling design to build an epistemological and methodological framework of socio-environmental sustainability in micro-watersheds of growing medium-sized cities.

Keywords: *Integrated Watershed Management; Socioenvironmental Sustainability; Urban Agroecosystems, Participative Design, Spatial Multicriteria Analysis.*

Dedicatorias

A todas aquellas personas que en su día a día trabajan por generar sinergia entre las esferas sociales, económicas y ambientales para entender, comunicar y experimentar la vida desde un punto de equilibrio ecológico.

Dirección General de Bibliotecas UAQ

Agradecimientos

Nuestro más sincero agradecimiento a la mesa sinodal por la dedicación en la consolidación de este trabajo. Al Dr. Juan A. Hernández por su grandiosa dirección en la conceptualización y estilo de este trabajo, por su confianza depositada en la investigación y la perspicacia académica para hacer emerger de lo propio las mejores cualidades.

Agradecemos a los docentes investigadores de la Maestría en Gestión Integrada de Cuencas por su noble y valioso aprendizaje compartido para la formación de profesionistas con sensibilidad social y ambiental.

A los investigadores que han aportado su valioso esfuerzo y compromiso por contribuir en la adaptación constante de los nuevos paradigmas de la gestión del territorio.

A la Facultad de Ciencias Naturales, a la Universidad Autónoma de Querétaro y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por brindar la estructura de estudio e investigación en aras de generar conocimiento científico que contribuya al desarrollo y bienestar de la sociedad a la conservación de la megadiversidad de este país y el equilibrio ecológico del mundo.

Agradecemos al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) de la Universidad Nacional Autónoma de México, por el apoyo a través del proyecto titulado Nuevas geografías de la urbanización en México: Transformaciones territoriales y medios de vida de sectores sociales y vulnerables en las periferias de ciudades medias (clave: AG300319).

A todas las personas que colaboraron en la teorización y abstracción de este trabajo, les agradecemos por su participación en la investigación, especialmente a la Sra. Ana, a Bárbara, a Robi, a Luis A., Gabriel y a Gustavo.

A los colegas de generación por su entrañable buen humor, su solidaridad, compromiso y excelente colaboración.

A mi familia entrañable e incondicional, por siempre gracias.

ÍNDICE

Introducción	12
Antecedentes	19
Planteamiento del problema.....	20
Objetivos.....	22
Objetivo General.....	22
Objetivos Particulares	22
Justificación	22
Estructura capitular	23
CAPÍTULO 1. ZONIFICACIÓN PARA LA CONSERVACIÓN DE SUELO Y AGUA, CASO DE ESTUDIO: MICROCUENCA LA CAÑADA, QUERÉTARO.....	25
1.1 Introducción	25
1.2 Métodos y herramientas.....	28
1.2.1 Área de estudio	28
1.2.2. Caracterización de unidades de paisaje por Zonas Funcionales	28
1.2.3 Zonificación de las subunidades de paisaje de acuerdo al grado de pendiente	29
1.3 Resultados y Discusión.....	30
Conclusiones.....	34
CAPÍTULO 2. ANÁLISIS ESPACIAL Y ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA EN LA MICROCUENCA LA CAÑADA, QUERÉTARO.	35
2.1 Introducción	35
2.2 Área de estudio	36
2.3 Materiales y métodos.....	37
2.3.1 Unidades edafo-morfológicas (UEM).....	37
2.3.2 Unidades bioproductivas (UB).	38
2.3.3 Unidades de riesgos ambientales (URA).	38
2.3.4 Unidades locales de gestión (ULG).	38
2.3.5 Análisis Espacial Multicriterio (AEM).....	39
2.4 Resultados y Discusión.....	40
Conclusiones.....	42

CAPÍTULO 3. MEDIOS DE VIDA SOSTENIBLE Y GESTIÓN PARTICIPATIVA COMO PARTE DEL DISEÑO DE UN MODELO AGROECOLÓGICO EN LA MICROCUENCA LA CAÑADA, QUERÉTARO	43
3.1 Introducción	43
3.3 Semblanza histórica de la microcuenca La Cañada	47
3.4 Métodos y materiales	54
3.4.1 Momento 1) La multiterritorialidad en la microcuenca La Cañada.....	54
3.4.2 Momento 2) Los medios de vida sustentables en los procesos organizativos	55
3.4.3 Momento 3) Diseño de un Sistema Agroecológico como aporte a la sostenibilidad de la microcuenca La Cañada	56
3.5 Resultados	56
3.5.1 Visibilizando el paisaje de la microcuenca La Cañada.....	56
3.5.2 Mapeo participativo de los medios de vida en la microcuenca La Cañada	59
3.5.3 Sistemas bioproductivos en el periurbano de la microcuenca La Cañada	62
3.5.4 Diseño de un modelo agroecológico para la sostenibilidad de microcuencas	64
3.6 Discusión.....	74
Conclusiones	75
Discusión general.....	77
Conclusiones	79
Referencias bibliográficas.....	82
Anexos	96
Índice de abreviaturas	100

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Localización geográfica de la MLC. Fuente: elaboración propia con información del INEGI (2015, 2017 y 2019).</i>	21
<i>Figura 2. Zonas funcionales de la MLC. Fuente: Elaboración con información de INEGI (2017) y FIRCO (2009).</i>	30
<i>Figura 3. Zonificación por grado de pendiente. Fuente: elaboración con información de INEGI (2017).</i>	32
<i>Figura 4. Localización geográfica de la MLC. Fuente: elaboración con información de INEGI (2015, 2017 y 2019) y Pedroza et al. (2020).</i>	36
<i>Figura 5. Mapa de la Zonificación Agroecológica como resultado del Análisis Espacial Multicriterio. Elaboración con uso del software ArcGis (v. 10.1) y Qgis (v. 3.10.6).</i>	41
<i>Figura 6. Localización de la Microcuenca La Cañada, Querétaro. Elaboración propia con base en Pedroza et al. (2021).</i>	48
<i>Figura 7. Línea del tiempo de la época precolonial. Elaboración propia con base en INAH, UAQ (2010).</i>	50
<i>Figura 8. Línea del tiempo de la época colonial. Elaboración propia con base en INAH, UAQ (2010).</i>	52
<i>Figura 9. Mapa temático de las Unidades Agroecológicas de la microcuenca La Cañada realizado entre septiembre de 2020 y marzo 2021. Figura de elaboración propia con información de Pedroza et al. (2021).</i>	58
<i>Figura 10. Mapeo participativo de la microcuenca La Cañada.</i>	60
<i>Figura 11. Mapa temático de los agroecosistemas caracterizados en la microcuenca La Cañada. Figura de elaboración propia con información de Pedroza et al. (2021).</i>	63
<i>Figura 12. Diagrama socioecosistémico de la microcuenca La Cañada, Querétaro. Elaboración propia con base en el método de Noguera et al. (2019).</i>	64
<i>Figura 13. Sociograma para el mapeo de actores y relaciones sociales por sectores y entidades.</i>	66
<i>Figura 14. Mapa de localización de predios agroecológicos como propuesta de un SAE. Elaboración propia con información de Pedroza et al. (2020) y vista satelital de Google Earth.</i>	67
<i>Figura 15. Mapa de localización del predio aledaño al cerro del Bautisterio, La Cañada. Elaboración propia con información de Pedroza et al. (2020), POELMEM (2018) y vista satelital de Google Earth.</i>	68
<i>Figura 16. Diseño hidrológico del predio aledaño al cerro del Bautisterio, La Cañada. Elaboración propia con información de Pedroza et al. (2020) y la vista satelital de Google Earth.</i>	71
<i>Figura 17. Diseño biointensivo del predio aledaño al cerro del Bautisterio, La Cañada. Elaboración propia con información de Pedroza et al. (2020) y vista satelital de Google Earth.</i>	72
<i>Figura 18. Unidad de escurrimiento, La Cañada. Elaboración propia con información de Pedroza et al. (2020), imagen satelital de Google Earth.</i>	79

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Criterios de zonas funcionales</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 2. Clasificación de obras de acuerdo a la pendiente.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 3. Parámetros de Forma, Relieve y Drenaje de la MLC</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 4. Matriz de variables de acuerdo a su peso (W_j)</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 5. Ponderación de indicadores por Unidades Homogéneas</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 6. Unidades Agroecológicas de la microcuenca La Cañada.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 7. Matriz de relación entre actores e identidades de la microcuenca La Cañada.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 8. Variedades vegetales en la Agricultura Urbana-Periurbana de la microcuenca La Cañada.....</i>	<i>97</i>

Introducción

La sostenibilidad ambiental desde la ecología está fundamentada en los sistemas y procesos naturales que mantienen la vida, es decir, los bioecosistemas y su capacidad de producir la energía necesaria para existir, además de procesar la materia para reintegrarla al sistema nuevamente. La continuidad temporal y espacial del aprovechamiento de los recursos naturales depende del uso adecuado de los mismos para satisfacer aspectos esenciales para el bienestar actual y futuro de los seres humanos y las demás especies de seres vivos, por ello, la conservación y recuperación de la biodiversidad y el mantenimiento de los procesos que sostienen la vida en el planeta es una prioridad en el marco del desarrollo sustentable.

Desde el enfoque sociopolítico, la sostenibilidad ambiental se planteó por primera vez en 1972 (PNUMA) auspiciado por el Club de Roma, derivado de este documento se llevó a cabo una conferencia en Estocolmo con la participación de los representantes de 113 naciones en donde se abordó por primera vez en la historia la problemática del cambio climático, obedeciendo a la preocupación por los efectos percibidos en la degradación del medio ambiente y los ecosistemas. La propuesta de sostenibilidad ambiental tomó forma en 1980 como la Estrategia Mundial para la Conservación (IUCN, 1980). Esa estrategia tiene el fin de conservar y recuperar los ecosistemas que han sido afectados por las actividades humanas reconociendo como principales causas la inequidad social, la destrucción de hábitat y la presión demográfica. Se proponen estrategias para mitigar los efectos nocivos mediante el crecimiento económico sustentable para mejorar los medios de vida de las personas, mantener los procesos ecológicos, el uso sostenible de los recursos naturales y la diversidad genética, planteando los límites ambientales del crecimiento económico capitalista (Meadows, 2006).

Posteriormente, se creó la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y el Desarrollo liderada por la ex Primera Ministra Noruega Gro Brundtland quien utilizaría estos conceptos en el documento titulado “Nuestro futuro común” (Brundtland, 1987) con el cual se organizaron foros y simposios alrededor del mundo para dar a conocer las problemáticas ambientales y sociales así como el modelo de desarrollo sostenible y sus tres dimensiones: social, económica y ecológica, que en conjunto buscan establecer condiciones de equilibrio ambiental y socioeconómico por medio de la satisfacción de las necesidades básicas de la población y la limitación y racionalización en el uso de los recursos naturales. En 1992 se llevó a cabo la Cumbre de la Tierra en Río de

Janeiro también llamada Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, de la que surge el Programa 21, que convoca a los gobiernos que forman parte la organización a implementar los objetivos del desarrollo sostenible con miras a ratificar y hacer un seguimiento de la aplicación del programa, el cual se complementó mediante los Objetivos de Desarrollo del Milenio dada a conocer en la 55ª Asamblea de la ONU celebrada en Nueva York (2000) y posteriormente en la Cumbre de la Tierra en Johannesburgo (2002).

Por su parte, el análisis del desarrollo sostenible desde Boada & Toledo (2003) parte de que el desarrollo sustentable se enfoca en aspectos políticos, económicos y sociales a nivel de planificación de objetivos, sin embargo la sustentabilidad depende de garantizar la sostenibilidad ambiental, en primer lugar, para después dar paso al crecimiento económico y el aumento de las capacidades productivas sin llegar a sobrepasar la capacidad de carga de los sistemas naturales, ya que estos últimos son los que suministran energía y recursos, así como la absorción de los residuos y la contaminación, en este sentido la sostenibilidad ambiental es una premisa para llegar a la sustentabilidad como ideal de desarrollo. La Carta de la Tierra, propuesta desde 1997 con la participación de 46 países y un cuerpo nutrido de expertos, ONG's, colectivos y asociaciones, es publicada finalmente en el año 2000 en La Haya y presidida por la reina Beatriz de Holanda (Earth Charter, 2000).

Con base en la Carta de la Tierra se trabajó el concepto de sostenibilidad ambiental y es desarrollado de manera más amplia, dándole un carácter ético y no sólo técnico. En general se menciona que, no sólo el desarrollo socioeconómico es un pilar importante para la sostenibilidad ambiental o el cuidado de los seres vivos, sino también lo son la diversidad cultural, pues desde una óptica amplia, el tecnicismo ambiental no es suficiente para abarcar en terminos ecopolíticos o ecotecnológicos la problemática socioambiental, por lo que se asume en lo sucesivo cuatro pilares fundamentales del discurso ecológico: ambiental, social, profundo e integral. La sostenibilidad ambiental es un compromiso por parte de los gobiernos para erradicar el hambre, la desigualdad, la pérdida de recursos naturales y la degradación ambiental como ha sido planteado por las naciones unidas en los Objetivos de Desarrollo del Milenio (MEA, 2005).

La propuesta del desarrollo sostenible se ratificó en 2015 y contempla diferentes escalas de proyección, a saber: la escala local, regional, nacional y global. Para la presente investigación partió de la escala local en dirección ascendente hacia escalas regional, nacional y global, así como

sus interacciones y repercusiones a nivel local. El entorno periurbano que atañe a la microcuenca en cuestión, pues permitió poner en discusión los conceptos de sostenibilidad ambiental en el terreno de las dinámicas urbanas de una metrópoli en expansión y las dinámicas del entorno rural en constante resiliencia frente a los cambios y retos que le afrontan.

La agroecología emerge en un contexto puramente científico en contracorriente a la agricultura industrial y la revolución verde (Wezel *et al.*, 2009). La palabra agroecología fue usada por primera vez por el agrónomo ruso Bensin (1930) para describir los métodos de investigación ecológica usados en la producción comercial de cultivos. Posteriormente, fue usada por el ecologista alemán Tischler (1950, 1965) para ahondar en el manejo de plagas y la biología de suelos, su trabajo contribuyó al enfoque agroecosistémico y a comprender el impacto del manejo agrícola en los elementos que lo integran.

En la década de los 60's del siglo XX, y en lo sucesivo, se desarrolló como un movimiento y una práctica agrícola. Entre la década de 1960 y 1970, las investigaciones en agroecología comenzaron a aplicarse a la agricultura tradicional en los países en desarrollo, abriendo un área de estudio desde la antropología, la geografía y la historia (Gliessmann, 2007). En la década de los 60's del siglo pasado hubo una oleada de investigadores enfocados en las prácticas y conocimientos de grupos indígenas y campesinos. Entre sus principales exponentes por su importante contribución a la agroecología en México, destaca Efraím Hernández Xolocotzi (1913-1991), Arturo Gómez Pómpa (1934-), José Surukhan (1940-), entre otros. Entre la década de los 80's y 90's la agroecología comenzó a despuntar como un movimiento agrícola en Latinoamérica, se incorporó a la escena política y social abanderando movimientos en pro del desarrollo rural endógeno, planteando un enfoque holístico e integrador del conocimiento formal y cultural con el objetivo de estudiar, diseñar, mejorar e implementar sistemas basados en una dinámica de producción orgánica que conservase y sostuviera el ambiente y los agroecosistemas (Altieri, 1989).

En México desde revolución mexicana, se ha puesto énfasis en las prácticas tradicionales llevadas a cabo en comunidades y grupos sociales que contrastan con las políticas de desarrollo agrario fomentadas por la Fundación Rockefeller, la Oficina de Estudios Especiales (OEE) y el Estado Mexicano que, desde 1940 a 1970, impulsaron la modernización de las prácticas agrícolas e introdujeron el modelo agroindustrial (Astier *et al.*, 2015). Los investigadores reconocieron que el manejo tradicional de los agroecosistemas en países en desarrollo ya incorpora estrategias para

la conservación del ambiente y la biodiversidad, por lo que surgió la discusión acerca de si México era un territorio apto para el desarrollo agroindustrial como lo planteaba el programa modernizador de la Revolución Verde, especialmente durante el gobierno de Manuel Ávila Camacho (1940-1946) en asociación con la Fundación Rockefeller (Altieri, 1993). Varios investigadores alertaron sobre los prejuicios de la nueva tendencia modernizadora, argumentando que era necesario tomar en cuenta los saberes bioculturales locales y la biodiversidad del país, por lo que se comenzaron estudios en entomología, ecología de poblaciones, botánica y etnobiología (Cotter, 2003).

En México, a partir de 1990 se impulsó la ciencia agroecológica para la formación de recursos humanos en las universidades, ya que las investigaciones en torno a la agroecología habían acumulado suficiente interés. Por mencionar algunas de las instituciones pioneras, se reconoce el trabajo del Colegio de la Frontera Sur, la Universidad de Chapingo, la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, la Universidad de Guadalajara y el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores, entre otras. Por lo anterior, en México, se ha desarrollado una base científica agroecológica a lo largo de 80 años que ha incentivado el desarrollo de esta disciplina y su aplicación en la región de América latina. En 2007 surgió la Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA) con el objetivo de plantear alternativas agroecológicas y promover la base científica para dar cauce a las iniciativas en torno a soberanía alimentaria, la conservación ambiental, la agrobiodiversidad y el empoderamiento de los movimientos sociales rurales (Wezel y Soldat, 2009).

Como se ha visto, la agroecología es sistémica y dinámica, incorpora los saberes y prácticas bioculturales en constante formación y adaptación. Concibe el desarrollo humano en tres dimensiones éticas principales: de soberanía alimentaria, soberanía energética y soberanía tecnológica (Altieri, 1999). Plantea cuatro ejes de intervención en los sistemas bioproductivos: a) la adaptabilidad estratégica de gestión y manejo; b) las prácticas de reciclaje de biomasa; c) la preservación de la biodiversidad; y las d) medidas de racionalidad tecnológica. En todo caso, pretende generar un equilibrio entre la capacidad de carga del ambiente y las necesidades de producción primaria de las personas, así como la demanda de los consumidores, buscando en todo el sistema: la preservación de las condiciones y estructura del suelo, el uso eficiente y racional de los recursos, la conservación de la diversidad biológica y cultural, y garantizar la participación y la equidad. En cuanto a este último punto, es lo que define en gran parte el éxito o fracaso de dichos

sistemas, en este sentido, la dinámica local es el factor decisivo en la conversión ecológica efectiva de los sistemas bioproductivos (Gliessman, 2002).

Un aspecto central de la GIC es que analiza los aspectos sociales en relación al suelo, el agua y su utilización en sinergia ininterrumpida con los ecosistemas de las partes altas, medias y bajas de la cuenca. Bakker (2012) resalta la importancia de recuperar los Servicios Ecosistémicos (SE) que aportan las funciones hidrológicas de las cuencas, como infiltración, regulación de la temperatura, evapotranspiración, y contribuyen a mantener en balance la capacidad de carga de los ecosistemas para mantener la biodiversidad. Los SE sostienen beneficios ambientales aprovechados por las comunidades de diferentes maneras, ya que el impacto de las actividades socioeconómicas sobre los recursos naturales afecta la capacidad de recarga de los ecosistemas (Gregersen, Ffolliott & Brooks, 2007).

Desde la década de los 90's ha surgido un proceso de descentralización en la toma de decisiones de los llamados países en desarrollo, que ha devenido en la transferencia de la planificación y gobernanza a las autoridades y actores locales (Bonnal, 2005). En este sentido, la participación y el apoyo de los interesados en la GIC es fundamental para el éxito de la gestión (Neary, 2000). Los involucrados deben ser capaces de tomar decisiones y asumir responsabilidades, por ello, la participación integra tanto a la sociedad civil como las entidades conformadas por grupos de interés. En todo momento la GIC debe tomar en cuenta las necesidades y demandas de la comunidad, así como las características sociales y culturales de la cuenca (Blomquist, dinar, & Kemper, 2005).

De acuerdo a la hipótesis del mosaico de adaptación, el manejo conjunto de cuencas hidrográficas ha de atender problemáticas de disponibilidad y calidad del agua, así como erosión de suelo y de protección de biodiversidad, protección contra plagas, protección contra eventualidades climáticas y de adaptación e integración socioambiental.

La GIC ha transitado hacia el manejo para la protección de los recursos naturales y la mitigación de los efectos externos. Dourojeanni (2006) amplía el enfoque para el mejoramiento de la productividad agrícola, agrosilvopastoril y agroforestería enmarcados en el compendio de los SAE. En la GIC, esto corresponde a la conservación del suelo y la mejora de los bienes y servicios que se obtienen a partir del buen funcionamiento de la cuenca. En este sentido “se deberán aplicar medidas correctivas para mantener la productividad de las tierras desertificadas en grado

moderado; y de rehabilitación para recuperar las tierras desertificadas. El aumento de la cubierta vegetal promovería y estabilizaría el equilibrio hidrológico en las zonas de tierras secas y contribuiría a mantener la calidad y la productividad de la tierra” (ONU, 1992, capítulo 12). La AUP forma parte del mosaico de adaptación (MEA, 2005) en el manejo de los recursos naturales, pues incorpora: el manejo del agua, la mitigación de la erosión, la protección de los recursos genéticos, el manejo de plagas, la protección contra eventualidades climáticas y la adaptación cultural (FAO, 2007, pág. 78).

Del enfoque sobre recursos y hábitat al enfoque transdisciplinario y holístico (Hull *et al.*, 2003) en el que se concibe a las cuencas hidrográficas como un entramado de interconexiones complejas que interactúan a escalas temporales y espaciales distintas, por lo que es inadecuado asumir que el comportamiento de una parte de la cuenca es proporcional a total de la misma (Allen & Starr, 1982). Las cuencas, al ser sistemas socioecológicos, significa que la sociedad depende de ellos para abastecerse de bienes y servicios, al mismo tiempo estos sistemas, al ser explotados, dependen de la sociedad para mantener su función y seguir proveyendo de los mismos bienes y servicios (Berkes, 2007). La sostenibilidad de las cuencas se mide en la capacidad de carga que indica el nivel de presión que puede resistir una cuenca al tiempo que mantiene los procesos y funciones elementales para la biodiversidad, así como la provisión de servicios y recursos para la sociedad. En esto consiste la integridad de la cuenca, se habla de que este concepto puede ayudar a determinar el nivel de resiliencia y sostenibilidad de un socioecosistema. Las variables a tomar en cuenta describen las seis funciones de la cuenca, a saber, la de regulación hídrica, regulación química del agua, regulación de sedimentos, conectividad hídrica, regulación de la temperatura y provisión de hábitat (Flotemersch *et al.*, 2016).

La escala idónea para la implementación de estrategias integrales para la sostenibilidad ambiental y la mejora de las condiciones de vida de una población es la cuenca hidrográfica. Desde la Cumbre de Río (1992), la GIC es precursora del desarrollo rural sostenible pues concibió la gestión social como factor clave para lograr el impacto necesario y optimizar las actividades productivas en el uso sostenible de los recursos. Los programas de GIC contemplan acciones de desarrollo socioeconómico para complementar la gestión de los recursos naturales y fortalecer la participación de los actores locales en la gestión de las tierras productivas. Así mismo, promueve

la seguridad alimentaria y el equilibrio ambiental, pues concibe la pobreza y el rezago social como principal causa del deterioro de la estructura y función las cuencas (FAO, 2007).

La sostenibilidad ambiental en la GIC incorpora una serie de objetivos que comparte con los SAE la misma noción ecológica y sistémica, pues parten de la premisa de mejorar los medios de vida de la población para asegurar el impacto de las acciones en el uso adecuado de los recursos ambientales para poder garantizar la recuperación de las funciones y procesos de los ecosistemas. El consenso es la base de las propuestas de manejo y ha de mantenerse durante toda la gestión para incentivar los objetivos centrados en el mejoramiento de los medios de vida incluyendo la seguridad alimentaria de la sociedad y la permanencia en el tiempo del abastecimiento de los servicios y recursos naturales para las futuras generaciones.

Los fundamentos conceptuales presentados servirán para integrar una metodología de análisis que permita caracterizar el estado actual del paisaje hidrográfico y los agroecosistemas para discernir entre los sitios de potencial agroecológico y definir un modelo de transición agroecológica. La agroecología desde la GIC se plantea en y para la transdisciplina en el acercamiento al tema hidrosocial y agroalimentario que permite comprender la complejidad de los elementos que conforman el paisaje socioambiental de una cuenca urbana. Se han revisado los fundamentos temporales y espaciales que comprenden las líneas de acción e intervención. La inclusión y participación de los actores sociales es imprescindible para lograr una conversión efectiva de las prácticas agrícolas.

El análisis de la estructura y dinámica de la cuenca servirá para justificar la propuesta desde los criterios de la GIC y los SAE. Así mismo, se deberá determinar el potencial de los sitios de interés para aportar un modelo teórico que delimite las líneas de acción para llevar a cabo una conversión efectiva de los sistemas bioproductivos y poder llevar a cabo acciones de recuperación de suelo, conservación de la vegetación y la seguridad alimentaria.

La definición de las estrategias de análisis y la ruta de implementación en la gestión del SAE responde a las condiciones de sostenibilidad de la microcuenca y los medios de vida sustentables de la población más inmediata a las zonas de interés, para ello es importante evaluar el estado actual de los sistemas bioproductivos y determinar los sitios de interés para la sostenibilidad ambiental de los socioecosistemas.

Antecedentes

Desde la antigüedad, las cuencas hidrográficas han sido estudiadas y aprovechadas para el abastecimiento de agua dulce, el establecimiento de asentamientos humanos y el desarrollo de la agricultura. En el neolítico, la sedentarización de los cazadores-recolectores redefinió los cauces para eficientizar las labores agrícolas y dotar sus asentamientos de agua dulce (Mondot, 2019). El desarrollo de tecnologías de irrigación vino seguido de obras hidráulicas cada vez más complejas y eficientes, es en la época moderna que se potencializa el manejo de las cuencas hidrográficas. El perfeccionamiento de la ingeniería hidráulica y la bonanza de las primeras economías industriales, permitieron, de manera generalizada, explotar el potencial de las cuencas hidrográficas (Zheng, 2004).

Entre 1950 a 1970 se promovió el manejo de cuencas hidrográficas como elemento central en las políticas de desarrollo para la producción de energía hidroeléctrica y la creación de distritos de riego, acompañada de una infraestructura diseñada para la retención del agua, la desviación de cauces, el control de escurrimientos y la extracción de agua subterránea (FAO, 2007). A mediados de 1970, aumentaron los problemas ambientales asociados al manejo de cuencas hidrográficas, lo que promovió un creciente interés de la comunidad internacional de científicos (ONU, 1972). En lo sucesivo, se convocaron y promovieron diferentes encuentros, tratados y convenios (Carta de la tierra, Programa 21, etc.) en los que se aborda el equilibrio ecológico, la reducción de la pobreza y la mitigación del impacto ambiental. En este sentido, la gestión integral de cuencas (GIC) emerge como un concepto holístico que inicia a mediados del siglo XX.

La nueva GIC plantea el manejo adaptativo (Porzecanski, Saunders, & Brown, 2012), la utilización del conocimiento ecológico tradicional (Berkes, Colding, & Folke, 2000), y la gestión participativa y conjunta (FAO, 2007) como estrategia para la recuperación ambiental de las cuencas hidrográficas. Se plantea las necesidades de las personas son el eje central en el desarrollo económico y las perspectivas de crecimiento (Qi, & Altinakar, 2013) pues requiere de un enfoque complejo de integración que incluya escalas temporales y espaciales distintas entre el medio natural y social. Además de los aspectos hidrológicos, en el manejo integral y adaptativo, se

considera el análisis de los sistemas socioecológicos, el conocimiento ecológico tradicional y la mitigación de los efectos del cambio climático (Wang *et al.*, 2016).

La integración de los Sistemas Agroecológicos (SAE) en la GIC desde Altieri & Toledo (2010) abona a la conservación de los ecosistemas naturales y los SE, que repercuten en la seguridad ambiental, el acceso al agua limpia, el combate de la pobreza y la degradación ambiental (FAO, 2007). El trabajo de investigación aborda los conceptos de sostenibilidad ambiental desde los SAE y la GIC. Cada uno de estos conceptos tiene metodologías de análisis sistémico y objetivos de acción bien definidos que han de adaptarse al contexto de la segunda década del siglo XXI para hacer frente a los retos ambientales, económicos, políticos y sanitarios como el COVID-19.

Planteamiento del problema

Desde la GIC y la agroecología se buscan estrategias de conservación y sostenibilidad ambiental en el contexto del crecimiento urbano, teniendo el suelo y la biomasa como principales sujetos de interés (González *et al.*, 2020), que corresponde a mejorar las condiciones de las cuencas y los bienes y servicios obtenidos de ellas en su importante contribución al mejoramiento de la calidad del agua, así como las funciones regulación e infiltración, la sedimentación de las obras hidráulicas así como la nitrificación son indicadores de un estado ambiental crítico (Kumar *et al.*, 2014).

En la Zona Metropolitana de Querétaro (ZMQ), se encuentra la microcuenca La Cañada (MLC), una de las microcuencas que será estudiada desde el enfoque de la Gestión Integrada de Cuencas, está ubicada al centro-oriente de la ciudad de Santiago de Querétaro (Figura 1). Por su disposición geográfica integra áreas urbanas, periurbanas y rurales dentro de su parteaguas. La MLC presenta una vocación agrícola natural desde el siglo XVI (INAH & UAQ, 2010; PMQ, 1994), actualmente existe una importante presión demográfica que ha modificado el uso de suelo en detrimento de los usos agrícolas y la vegetación natural. En los últimos 20 años se habla de un incremento en la pérdida de los servicios ecosistémicos en el territorio, han sido citados problemas de inundación, contaminación hídrica, escases de agua potable, enfermedades crónico-degenerativas y problemas de seguridad social. Se buscará obtener un diagnóstico a cerca de la memoria biocultural, los procesos organizativos y el nivel de segregación o marginación que determinaran el diseño de un SAE en la microcuenca.

Con los argumentos anteriores, se considera pertinente un estudio de caso para el diseño gráfico de un sistema de manejo agroecológico que contribuya a la sostenibilidad ambiental de la MLC. Para ello, el análisis integral y participativo es de crucial importancia, por lo que se deberá llevar a cabo una metodología holística que aporte los elementos sustanciales para reconocer las problemáticas ambientales del paisaje y los retos socioeconómicos de la población, así como la complejidad de variables y sus interrelaciones entre la esfera biofísica y sociocultural que abone a complementar los esfuerzos científicos, académicos y sociales para la conservación y sostenibilidad productiva de las microcuencas urbanas con vocación agrícola y una importante presión demográfica, por ello consideramos importante valorizar los aspectos de desarrollo urbano y rural en el contexto actual para poder estimar el impacto de una planeación integral de la microcuenca.

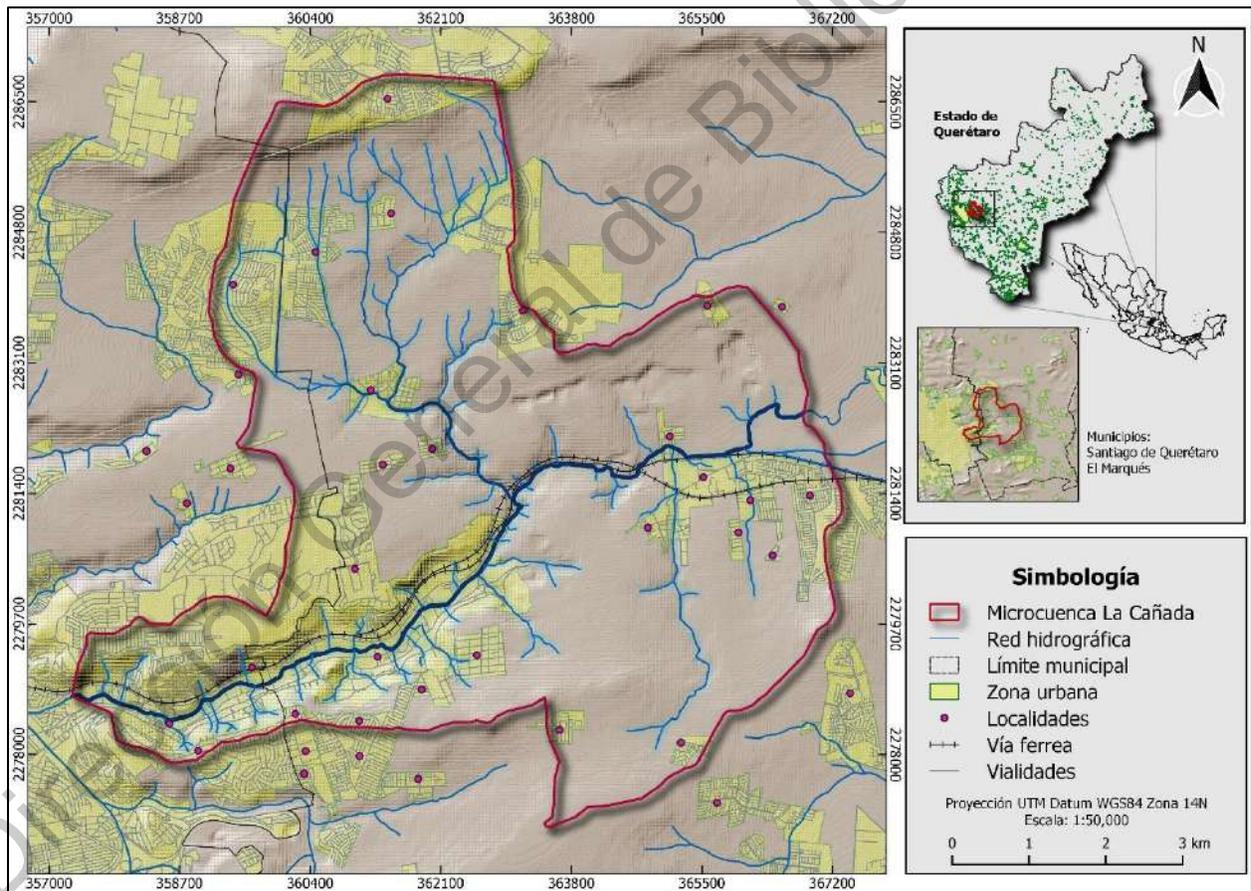


Figura 1. Localización geográfica de la MLC. Fuente: elaboración propia con información del INEGI (2015, 2017 y 2019).

Objetivos

Objetivo General

Propuesta para contribuir a la sostenibilidad ambiental de la microcuenca La Cañada, Querétaro a través de un modelo de transición agroecológico.

Objetivos Particulares

1. Realizar una zonificación agroecológica de la microcuenca La Cañada para identificar y definir los sitios prioritarios.
2. Definir el modelo agroecológico idóneo para los sitios prioritarios de la microcuenca La Cañada.
3. Diseñar un modelo gráfico del sistema de manejo agroecológico de la microcuenca La Cañada.

Justificación

La MLC es parte de la zona metropolitana de la ciudad de Querétaro (Vázquez, 2020), que desde la década de los 70 ha incrementado en proporción. En el quinquenio de 2010-2015 registró una tasa de crecimiento del 2.38% (CONAPO, 2018) lo que repercute directamente sobre el cambio de uso de suelo, dejando una huella notoria en la apreciación del paisaje del valle de Querétaro. El desarrollo metropolitano está enmarcado en la fragmentación de la tierra por tipos de aprovechamiento y usos de suelo como: desarrollos inmobiliarios, parques industriales, vertederos de desechos urbanos e industriales, e infraestructura de comunicación y transporte. La tendencia hasta ahora observada indica que la mayor parte de la cobertura vegetal de la zona metropolitana se perderá y con ello los remanentes de tierra productiva, así como las prácticas y saberes bioculturales relacionados al abastecimiento alimentario local.

Es un hecho que el ordenamiento ecológico del territorio planteado por las instituciones gubernamentales se fundamenta en el análisis sociodemográfico y ambiental, sin embargo no considera el potencial ecológico de las áreas verdes metropolitanas como espacios de alto valor ecosistémico, alimentario y biocultural, por lo que se deberá trabajar en propuestas integrales para la formulación de políticas públicas que fundamenten las actividades agroalimentarias como parte de los mecanismos de conservación socioambiental en entornos urbanos y periurbanos.

La agroecología es una disciplina que se incorpora a la GIC en los esfuerzos para la implementación de acciones que permitan recuperar la estructura y función de la cuenca mediante la recuperación de suelo y la calidad del agua con la conversión los sistemas productivos por medios ecológicos de producción y aprovechamiento sustentable en el ordenamiento y planificación del territorio. Esta propuesta pretende servir para la gestión conjunta del territorio con el fin de mantener y recuperar la cubierta de vegetación mediante alternativas ecológicas que conserven las áreas de vegetación de la ZMQ, al mismo tiempo que puedan servir para la seguridad y soberanía alimentaria tanto en los espacios públicos como la propiedad social y privada. Además, ha de servirle al tomador de decisiones en la priorización de necesidades y optimización de estrategias que incentiven la participación social, comunitaria e institucional en la conservación y aprovechamiento sustentable del suelo y la cobertura vegetal, en relación a las funciones de la cuenca y las condiciones ambientales actuales, al mismo tiempo que fomenten el desarrollo humano en función de las necesidades y demandas de los actores sociales y comunidades.

Así mismo, pretende ser una herramienta de aproximación metodológica para entender la dinámica socioambiental metropolitana en lo referente a la conservación de los ecosistemas pues incorpora el análisis multicriterio de los aspectos funcionales hidrográficos, la conservación de suelo y agua, la gestión participativa en el contexto de la AUP.

Estructura capitular

El desarrollo del estudio se integró en tres etapas de investigación, o capítulos, planteados para dar forma y certidumbre metodológica al objetivo general de la investigación. Cada uno de los capítulos se presentó como parte de trabajos académicos de investigación en el 4to Congreso Nacional de Investigación Interdisciplinaria del Instituto Politécnico Nacional, en el XIII Foro de Investigación y Posgrado de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro, y en la propuesta de un capítulo de libro del proyecto “Nuevas geografías de la urbanización en México: Transformaciones territoriales y medios de vida de sectores sociales y vulnerables en las periferias de ciudades medias” de la Universidad Nacional Autónoma de México.

En el primer capítulo se llevó a cabo la zonificación para la conservación de suelo y agua mediante la caracterización biofísica de la microcuenca La Cañada, en donde se obtuvieron los parámetros morfométricos y funcionales de la microcuenca para clasificar las áreas de vegetación de acuerdo al potencial de erosión del suelo y su contribución en el servicio ecosistémico de regulación de sedimentos. Los resultados contribuyeron en el desarrollo de la investigación y los sucesivos capítulos.

En el segundo capítulo, se elaboró la zonificación agroecológica en la microcuenca La Cañada. EL proceso se compuso del Análisis Espacial Multicriterio (AEM) a través de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), con lo cual se realizó la interrelación de los aspectos biofísicos y socioeconómicos del territorio en tanto se relacionaron con las actividades primarias y la conservación de suelo y agua en la microcuenca.

Estos instrumentos pretenden aportar al análisis de datos espaciales para facilitar el ordenamiento ecológico y productivo de microcuencas mediante la zonificación del potencial agroecológico que permiten estimar la recuperación y sostenibilidad ambiental de las microcuencas en el manejo sostenible de los recursos naturales.

En el tercer capítulo se llevó a cabo el diseño de un modelo agroecológico en el que se consideró el análisis de los medios de vida de los actores sociales en relación a la sostenibilidad ambiental, la percepción del paisaje y las prácticas bioproductivas. Se integraron con variables que comprenden cualitativamente la presión sobre los recursos naturales, la fragilidad de los ecosistemas, la incidencia de catástrofes, los recursos económicos, tecnológicos y los elementos bioculturales. Se obtuvieron los parámetros de conversión agroecológica de las prácticas bioproductivas para el diseño de un sistema de manejo agroecológico. Con esta metodología se propone contribuir en la Gestión Integrada de Cuencas desde un enfoque socioambiental y participativo en la gestión de un modelo agroecológico para la sostenibilidad ambiental de las microcuencas en el periurbano de las zonas metropolitanas en América Latina y el Caribe, al mismo tiempo se pretende contribuir en los procesos autogestivos de soberanía alimentaria y de seguridad hídrica frente al cambio ambiental global.

CAPÍTULO 1. ZONIFICACIÓN PARA LA CONSERVACIÓN DE SUELO Y AGUA, CASO DE ESTUDIO: MICROCUENCA LA CAÑADA, QUERÉTARO

El presente capítulo fue publicado en las memorias del 4to Congreso Nacional de Investigación Interdisciplinaria del Instituto Politécnico Nacional 2020. Puede ser consultado en la cita siguiente: Pedroza-Meneses, H., Hernández-Guerrero, J. y Luna-Morales, M. (2020). Zonificación para la conservación de suelo y agua, caso de estudio: Microcuenca La Cañada, Querétaro. En Antonio-Cruz, A., Merlo-Zapata, C. y Márquez, C. (Coords.), *4to Congreso Nacional de Investigación Interdisciplinaria (532-539)*, Instituto Politécnico Nacional.

1.1 Introducción

La Gestión Integrada de Cuencas (GIC) plantea el manejo adaptativo (Porzecanski, Saunders, & Brown, 2012), la utilización del conocimiento ecológico tradicional (Berkes, Colding, & Folke, 2000) y la gestión participativa (FAO, 2007), lo anterior como estrategia para la recuperación ambiental en conjunto con las actividades productivas. En ese contexto, la combinación de los SAE y la GIC buscan contribuir en la sostenibilidad de la producción agrícola-pecuaria mediante prácticas y sistemas que promuevan la recuperación de los ecosistemas naturales y los SE (Altieri & Toledo, 2010), principalmente a través de la conservación del suelo y agua.

La Alianza Mundial por el Suelo promueve la inclusión de suelo como sujeto de primera importancia en las agendas de desarrollo, donde, por un lado, se insta hacer un uso sostenible mediante sistemas de producción ecológicos y, por otro lado, en llevar a cabo acciones de recuperación y mitigación de la desertificación (FAO, 2012).

En México, se estima que el 44.9% de los suelos del país tiene algún proceso de erosión, en orden de importancia sería de tipo química, hídrica, eólica y física (Semarnat, 2019). Las principales causas asociadas son el cambio de uso del suelo para actividades agrícolas y pecuarias (74%), la deforestación y remoción de la vegetación (16.4%) y la urbanización e industrialización (6.1%) (Semarnat & CP, 2003). Las consecuencias más importantes a nivel social son de insuficiencia alimentaria e hídrica, pobreza y problemas de salud, mientras que a nivel biofísico se asocia con baja fertilidad del suelo, salinización, erosión, incremento de inundaciones, escasez de agua, sedimentación de cuerpos de agua y alteración de los ciclos biogeoquímicos (UN, 2017).

El suelo tiene un papel fundamental en la provisión de servicios de soporte, regulación y provisión, como también en el ciclo hidrológico, en este caso el agua almacenada en el suelo corresponde al 90% del agua utilizada en agricultura a nivel mundial (FAO, 2011). Un elemento clave del servicio de retención del suelo es la reducción de la toxicidad de los contaminantes, así evita que estos lleguen a aguas subterráneas y contaminen los ecosistemas terrestres y acuáticos (Adhikari & Hartemik, 2016). De la misma manera, el suelo retiene nutrientes y los vuelve disponibles para las plantas, lo que permite llevar a cabo las actividades agrícolas y pecuarias. Asimismo, el suelo es el hábitat de una microbiota compuesta por bacterias, protozoarios, hongos, artrópodos y nemátodos que tienen un papel importante en los ciclos biogeoquímicos y en la fertilidad del suelo (Wagg *et al.*, 2014).

El agua contaminada y la sedimentación son indicadores del mal estado biofísico de las cuencas (Kumar *et al.*, 2014). En este sentido, la seguridad hídrica y alimentaria dependen directamente de la calidad y disponibilidad del agua y ésta, a su vez, de la integridad del suelo. Se estima que la agricultura convencional es la principal causa de pérdida y degradación de suelo, así como de contaminación y estrés hídrico, seguido de la impermeabilización del suelo urbano. Tan solo entre 1961 y 2000 la producción agropecuaria aumentó 146% (FAO, 2016), lo que significa una presión considerable sobre el recurso suelo y agua. Se espera que para el 2050, el 60% de la población mundial resida en zonas urbanas, por lo mismo, la producción de alimentos incrementará hasta el 70%. De continuar esta tendencia, se habrán perdido 4.5 millones de hectáreas de suelo por año (*ibíd.*).

En México, la Línea Base Nacional de Degradación de Tierras y Desertificación (Conafor & UAC, 2018) estimó que el 65% del territorio nacional corresponde a tierras secas, donde también se asienta el 59% de los habitantes del país (Semarnat, 2019). Esto indica claramente, que el problema de la desertificación y erosión del suelo es una cuestión socioambiental de gran relevancia y con alto potencial de afectación a la población.

Desde la GIC, esto corresponde a la mejora de las condiciones de los ecosistemas y la calidad de vida de la población desde una escala que permite integrar los factores sociales y ambientales que tienen lugar en el territorio para formular propuestas integrales y efectivas (Cotler, 2007). Los SAE son para las cuencas hidrográficas la metodología más prometedora para la recuperación de la cubierta de vegetación en espacios naturales, rurales, periurbanos y urbanos,

misma que logra integrar la esfera social, económica y cultural con el objetivo de mitigar el impacto de cambio climático, el rezago económico y los efectos de la llamada Revolución Verde (Cotter, 2003).

El objetivo del presente trabajo fue zonificar las áreas con vegetación que contribuyan en la conservación de agua y suelo mediante el análisis geomorfológico y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) de la Microcuenca La Cañada (MLC), Querétaro. Se plantea esta propuesta para contribuir a la optimización de las obras de conservación en laderas y pendientes para armonizar la operatividad del Ordenamiento Ecológico en la toma de decisiones del desarrollo urbano sobre las repercusiones de las transformaciones territoriales en la cuenca. En el Zona Metropolitana de Querétaro (ZMQ), la MLC no cuenta con un modelo operativo sobre las actividades agrícolas y pecuarias en relación a las áreas de conservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de suelo y agua.

Para contestar al objetivo se utilizaron métodos de análisis de paisaje morfométrico de cuencas hidrográficas adaptadas por Valdés & Hernández, (2018) y Priego *et al.* (2010). Con estas metodologías se realizó la caracterización de unidades de paisaje de acuerdo a las Zonas Funcionales (Zf) de la microcuenca, y la zonificación de las subunidades de paisaje de acuerdo al grado de pendiente. De esta manera se pretende zonificar la unidades y subunidades del paisaje para focalizar las prácticas de conservación y restauración del suelo y agua de acuerdo a las funciones propias de la cuenca alta, media y baja.

La propuesta de análisis presentada es una metodología viable para entender la estructura y función de la cuenca (conectividad, regulación y provisión) mediante el análisis de información de percepción remota a través de los SIG, lo que facilita la zonificación de unidades de paisaje geomorfológico de cuencas hidrográficas desde el trabajo en gabinete, de manera que se contribuya en las estrategias para la conservación de suelo y agua desde un enfoque de GIC. Además, es una metodología que permite la integración de variables y criterios, así como herramientas evaluación de sistemas complejos para llevar a cabo un análisis más completo del territorio hidrográfico.

1.2 Métodos y herramientas

1.2.1 Área de estudio

La MLC se ubica al centro-oriente de la capital del estado de Querétaro, México, entre los municipios de Santiago de Querétaro y El Marqués. Pertenece a la región hidrológica N°12 del río Lerma-Santiago. Por su disposición geográfica integra áreas urbanas, periurbanas y rurales, en las que se realizan actividades primarias, industriales y extracción de materiales a cielo abierto (Figura 1). En cuanto al uso de suelo, el 19% lo integra la vegetación secundaria de selva baja caducifolia y matorral crasicaule, mientras que el 50.9% del área de la cuenca es uso de suelo agrícola, el uso de suelo urbano corresponde al 24.8% y el 5.2% lo integran bancos de materiales (INEGI, 2017). En ella se encuentran 86,549 habitantes distribuidos en 15 localidades, la cabecera municipal (La Cañada) y el área conurbada de la ZMQ. Predomina un clima del tipo semiárido, semicálido y presenta un régimen térmico medio anual que oscila entre 12°C y 27°C, y la media anual de 18°C. Se aprecian de 30 a 59 días de lluvia al año, siendo las precipitaciones de verano las más abundantes, donde el registro de precipitación media anual es de 475 mm.

1.2.2. Caracterización de unidades de paisaje por Zonas Funcionales

Las Zf de la microcuenca se determinaron mediante el método de análisis morfométrico de cuencas hidrográficas adaptado por Valdés y Hernández (2018). En la delimitación de las Zf se utilizaron los siguientes insumos cartográficos: Curvas de Nivel (Cn) a escala 1:50000 (INEGI, 2016) y el Límite de la Cuenca (Lc) (FIRCO, 2009). Se utilizó el *software ArcGis* (v. 10.1) con el cual se procedió a interpretar las curvas de nivel para ajustar el parteaguas de la microcuenca.

El siguiente paso fue la elaboración del Modelo Digital de Elevación (MDE) mediante la creación de una capa en formato *TIN* con las Cn. Una vez realizado el MDE, se definió el sombreado del relieve a través de la herramienta *Hillshade*. Posteriormente se cortaron ambas capas de acuerdo al Lc y se realizó la curva hipsométrica (Ch), lo que permitió conocer la dinámica altitudinal y aproximarse a los rangos correspondientes de las Zf de la cuenca: alta, media y baja (Tabla 1). Posteriormente se reclasificó el MDE de acuerdo a los rangos altitudinales y se ajustaron de acuerdo a la interpretación de las Cn y por el método de inferencia, se obtuvo la red

hidrográfica. Finalmente, mediante ecuaciones estándar se obtuvieron los valores de forma, relieve y drenaje.

Tabla 1. Criterios de zonas funcionales

Zona funcional	Función	Características
Cuenca Alta	Captación hídrica	Mayor pendiente
Cuenca Media	Captación-transporte	Pendiente media
Cuenca Baja	Emisión hídrica	Escasa pendiente

Fuente: Cotler *et al.* (2013), Garrido (2009).

1.2.3 Zonificación de las subunidades de paisaje de acuerdo al grado de pendiente

Para zonificar las subunidades de paisaje de las Zf por el grado de pendiente se utilizó la categorización de Priego *et al.* (2010) y la metodología de SIG descrita por Santos (2020). Se emplearon los siguientes insumos cartográficos: Lc, MDE, Zf y el uso de suelo y vegetación (Usv) a escala 1:250000 (INEGI, 2017). Primero, se realizó la unión de los polígonos de vegetación de la capa Usv y se cortó de acuerdo a Lc, de la cual se tomó en cuenta los tipos de cobertura de vegetación agrícola, selva baja caducifolia, vegetación secundaria de matorral crasicaule y áreas desprovistas de vegetación. A continuación, se utilizó la herramienta de análisis espacial *Slope*, lo que permitió obtener el Mapa de pendientes (Mp) en formato *raster* a partir de la capa MDE. Después, se reclasificó de acuerdo con los 7 valores del grado de pendiente (Tabla 2). Finalmente, al resultado se le aplicó una nueva intersección con la capa de las unidades de Zf.

Tabla 2. Clasificación de obras de acuerdo a la pendiente

Pendiente						
< 1°	< 3°	< 15°	< 20°	< 25°	< 30°	< 35°

Fuente: Priego *et al.* (2010).

1.3 Resultados y Discusión

El primer producto obtenido a partir del análisis morfométrico fueron las unidades de paisaje definidas por las Zf (Figura 2) que muestra la Zona Alta con una superficie de 690 hectáreas y se ubica entre los 2,031 msnm y los 2,170 msnm., la Zona Media en donde suceden procesos erosivos y de transporte que comprende la mayor superficie con 3,270 hectáreas y se ubica entre los 1,931 y los 2,030 msnm., por último, la Zona Baja en donde suceden procesos de deposición y descarga que ocupa un área de 1,423 hectáreas y se ubica entre los 1,863 msnm y los 1,930 msnm.

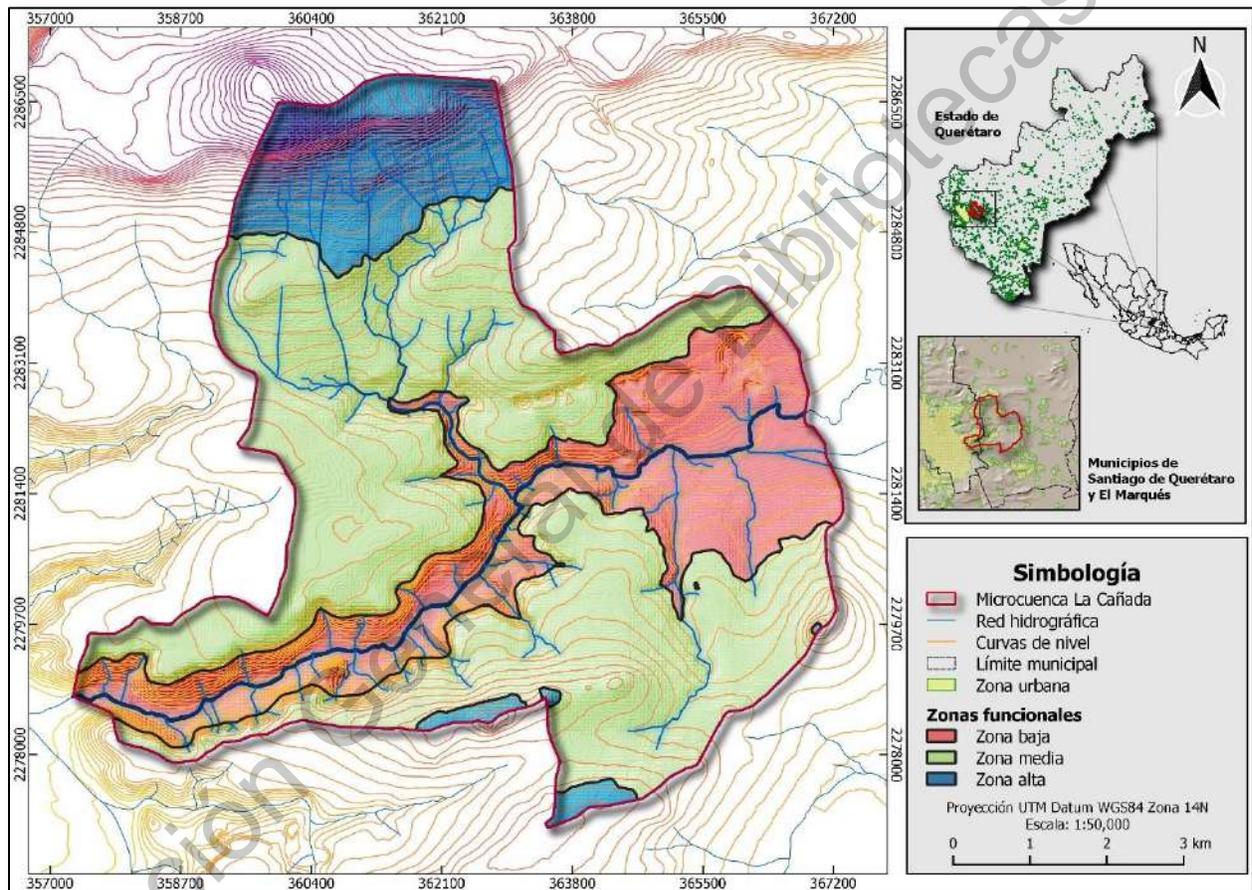


Figura 2. Zonas funcionales de la MLC. Fuente: Elaboración con información de INEGI (2017) y FIRCO (2009).

Con las ecuaciones estándar propuestas por Henao (2006), Gaspari *et al.* (2010, 2013) y Waikar & Nilwar (2014), se obtuvo los parámetros (Tabla 3). De lo que se puede deducir que se trata de una microcuenca del tipo exorreica dendrítica, con forma oval oblonga poco alargada y con fuertes

relieves y pendientes pronunciadas, que se encuentra en un estado geológico de edad adulta en fase de erosión con procesos de transporte y sedimentación significantes. En cuanto al nivel de respuesta ante el fenómeno de la precipitación (drenaje) indica que tiene mayor susceptibilidad a crecidas pues el nivel de concentración es alto y la densidad de drenaje es baja pudiendo presentar problemas de inundaciones en la parte baja de la microcuenca además de sedimentación y obstrucción del drenaje.

Tabla 3. Parámetros de Forma, Relieve y Drenaje de la microcuenca La Cañada

Parámetro	Indicador	Valor	Interpretación
Forma	Área (Ac)	53.9 km ²	Microcuenca
	Perímetro (Pc)	38.9 km	-
	Longitud axial (Lc)	10.2 km	-
	Índice de alargamiento (Ia)	1.03	Poco alargada
	Coeficiente de compacidad (K)	1.49	Oval oblonga
	Factor de forma (Rf)	0.516	Moderadamente achatada
	Relación de elongación (Re)	0.81	Relieve fuerte y pronunciado
Relieve	Altura media (A)	2,078 msnm	-
	Elevación media (E)	475 msnm	-
	Promedio de pendiente (S _{prom})	11.14%	Mediano
	Orientación de la cuenca	O, E, S, N	-
Drenaje	Longitud del cauce principal (L _{cp})	12.46 km	-
	Longitud de cauces	120.6 km	-
	Pendiente media del cauce principal (P)	3.11%	-
	Densidad de drenaje (Dd)	2.23	Intermedia
	Orden de la cuenca	6° orden	Dinámica de escurrimiento alta
	Relación de bifurcación (Rb)	2.58	-
	Tiempo de concentración (Tc)	10.96 minutos	Rápida

Elaboración con métodos de Henaó (2006), Gaspari *et al.* (2010, 2013) y Waikar & Nilwar (2014).

El producto final obtenido a partir de la zonificación de la pendiente de la capa de USV y delimitada de acuerdo a las Zf (unidades de paisaje): alta, media y baja, son las subunidades de paisaje caracterizadas por la pendiente (Figura 3).

Este producto posibilita su interpretación por atributos de relieve para designar el tipo de intervención a realizar. Para cada polígono específico caracterizado en la pendiente (subunidades de paisaje), es posible visualizar, de acuerdo a su ubicación transversal con respecto a la zona alta, media y baja, para llevar a cabo un análisis de atributos de la cobertura de vegetación y el suelo desprovisto de vegetación, de manera que se facilita la propuesta de intervención en base a los criterios de conservación de suelo y agua (Cortés & Acevedo, 2019). Las propuestas para conservación de suelo y agua para intervenir cárcavas y laderas se pueden hacer coincidir con los polígonos de unidades y subunidades de paisaje.

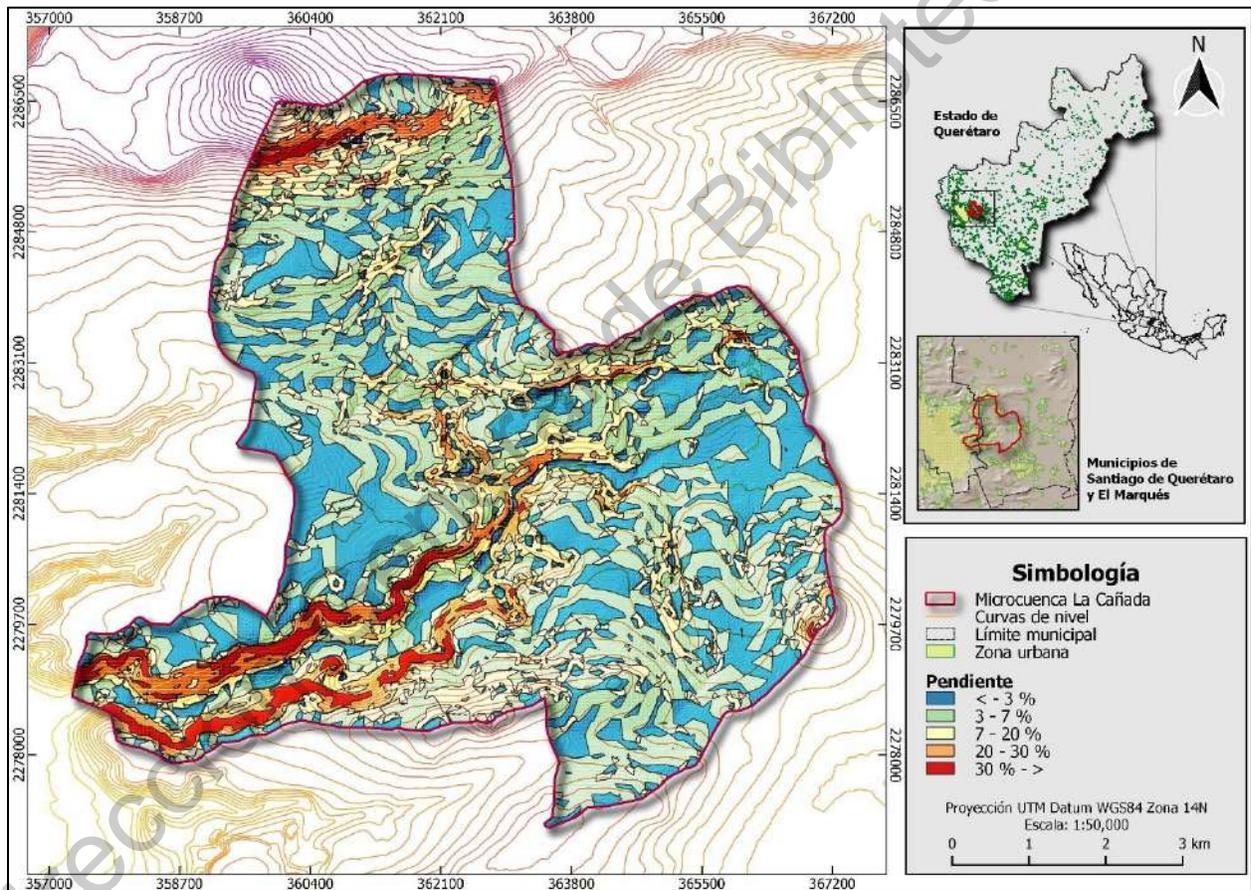


Figura 3. Zonificación por grado de pendiente. Fuente: elaboración con información de INEGI (2017).

En cárcavas con pendientes mayores a 30% se recomiendan: presas de malla de gavion, presas de mampostería, estabilización de taludes; y en laderas: barreras de piedra, acomodo de

material vegetal, barreras y terrazas vivas, sistemas agroforestales y enriquecimiento de acahuales. Para pendientes de 0 a 25% se recomienda lo anterior y, además, la utilización de ramas, geocostales, llantas, morillos y piedra para la creación de presas, en laderas incluye además la creación de zanjas trinchera, sistemas de zanja-bordo, terrazas de formación sucesiva, bordos en curvas de nivel, bordos semicirculares, cortinas rompevientos y roturación. Estas obras tienen como propósito mitigar la erosión hídrica laminar y en cárcavas, reteniendo sedimentos y captando agua de lluvia para su aprovechamiento e infiltración, con la ventaja de que pueden ser realizadas con materiales *in situ* (Conafor, 2018).

Esta propuesta permite orientar el aprovechamiento sustentable del suelo y agua, la previsión de riesgos ambientales relacionados con los fenómenos hidrometeorológicos, la mitigación de los impactos del cambio climático y los problemas socioeconómicos asociados a la degradación del suelo y agua como problemas de salud y desnutrición. En este sentido la propuesta debe armonizar con la normativa ambiental que norma el territorio en estudio.

En este caso para la MLC, aplican las normativas de la Ley General de Desarrollo Rural Sustentable (Arts. 5, 32, 37, 41, 42, 52, 53, 55, 57 y 87), la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (Arts. 49, 53, 83, 88, 92, 98, 99, 101, 102, 103, y 104), así como la NOM-062-SEMARNAT-1994 y la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (Art. 27).

De acuerdo a la Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de El Marqués (2017), establece los polígonos de protección, conservación, recuperación y aprovechamiento sustentable, así como las zonas de riesgo por deslaves. De esta manera, queda el antecedente de acompañamiento para las labores de conservación de suelo y agua que deberán adecuarse al uso de suelo previsto en este tipo de planes de ordenamiento territorial, pues contempla la tendencia de crecimiento urbano, desarrollo industrial y aprovechamiento de recursos naturales a mediano y largo plazo.

Con base en la metodología de zonificación es posible cuantificar el área disponible para usos agrícolas intensivos, de bajo impacto y de recuperación forestal, sin embargo, es una metodología basada en la percepción remota, lo que significa que es necesaria una etapa de investigación en campo para cotejar la información obtenida.

Cabe mencionar que los polígonos de vegetación utilizados corresponden a la versión más actual disponible en las bases de datos de INEGI (2017), lo que representa un sesgo temporal, este desfase puede ser corregido mediante el Índice Normalizado Diferencial de Vegetación (NDVI) que consiste en una supervisión asistida de percepción remota utilizando imágenes satelitales para evaluar la dinámica en la modificación del uso de suelo, la vegetación y la erosión y así disminuir el desfase existente.

Es importante considerar que la información obtenida partir del uso de los SIG, corresponde a una población específica y determinada por usos y costumbres que definen los factores socioculturales y económicos, éstos no siempre están tomados en cuenta a partir de una aproximación de percepción remota. Es por ello que habrá de realizarse una ampliación metodológica en cuanto a variables y criterios considerados para contestar los problemas del entorno socioeconómico y cultural que están relacionados a la degradación del suelo y agua, así como la percepción del paisaje, pues el territorio de una microcuenca urbana en proceso de metropolización es un espacio complejo, digno de profundizar.

Conclusiones

La zonificación de las unidades y subunidades de paisaje aplicada al estudio de las Zf de las cuencas hidrográficas es una herramienta apropiada para la GIC, ya que facilita la gestión de los esfuerzos sociales, institucionales y económicos dirigidos a la conservación de los recursos naturales, la producción sustentable y a la recuperación del paisaje como recurso estético de alto valor ecosistémico.

Esta metodología permite una percepción general del paisaje para estimar los costos-beneficios de la implementación de estrategias y proyectos enfocados en la recuperación del suelo y agua en relación al aprovechamiento agrícola-pecuario y forestal. En este sentido, es propicio para la integración de información relacionada con el índice de erosión, el balance hidrológico, la infraestructura relacionada con la degradación ambiental, la tendencia poblacional y los planes de desarrollo urbano.

De esta manera, se puede potenciar la capacidad de análisis de la herramienta de zonificación, lo que brinda mayor certidumbre en el diseño y planeación de estrategias a corto, mediano y largo plazo en la gestión del territorio hidrográfico.

CAPÍTULO 2. ANÁLISIS ESPACIAL Y ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA EN LA MICROCUCNA LA CAÑADA, QUERÉTARO.

Pedroza-Meneses, H.I.¹; Hernández-Guerrero, J.A.¹

¹Maestría en Gestión Integrada de Cuencas. Facultad de Ciencias Naturales. UAQ.

2.1 Introducción

El Análisis Espacial Multicriterio (AEM) deriva de un proceso en los SIG para asistir en la toma de decisiones sobre el manejo de los recursos naturales desde una posición informada que contribuye al ordenamiento territorial y la gestión sustentable de los recursos naturales. Para ello se utilizó una forma práctica de analizar las variables al subdividir el área de estudio en fragmentos más pequeños que comparten atributos similares. En este aspecto, el AEM permite incorporar la opinión de expertos, así como las observaciones en campo y la percepción de los actores sociales. De esta manera es posible reconocer la distribución espacial de los SE y a partir de ello plantear decisiones estratégicas, de tal forma, que los mapas resultantes contribuyen a comunicar la complejidad de los SE y su relación en el territorio.

Se designaron Unidades Ambientales Homogéneas (UAH) desde criterios agroecológicos y sostenibilidad de cuencas. Por su parte, los parámetros de recuperación, conservación y/o producción permitieron seleccionar la información para designar los indicadores que participarían en la Zonificación Agroecológica (ZAE). En México y Latinoamérica la ZAE es una vertiente del análisis espacial de reciente creación, que ha sido aplicada a aspectos de bioproducción de cultivos como maíz, café, sorgo, caña, piña, entre otros, sin embargo, desde el enfoque de la agricultura urbana y periurbana en cuencas hidrográficas, es un aspecto que continúa estudiándose, por tal motivo, se plantea el presente análisis como propuesta metodológica para el mapeo de los SE de provisión, las unidades bioproductivas y las unidades de riesgos ambientales.

El objetivo del presente trabajo fue analizar espacialmente la microcuenca La Cañada (MLC) para la zonificación agroecológica. En ese caso, se utilizó análisis espacial multicriterio en un Sistema de Información Geográfica.

2.2 Área de estudio

En la MLC, las actividades agrícolas y pecuarias se acompañan de zonas forestales con una variedad de flora y fauna de gran valor cultural y ambiental que coexisten con una historia y tradiciones arraigadas, que forma parte el área de influencia estratégica de la Zona Metropolitana de la ciudad de Querétaro (Figura 4), como una zona logística de transporte y comunicación con el Aeropuerto Internacional de Querétaro, el libramiento Nororiente, la vía ferroviaria “El Ahorcado-Nuevo Laredo” y vialidades Primarias, Secundarias, Regionales y Estatales.

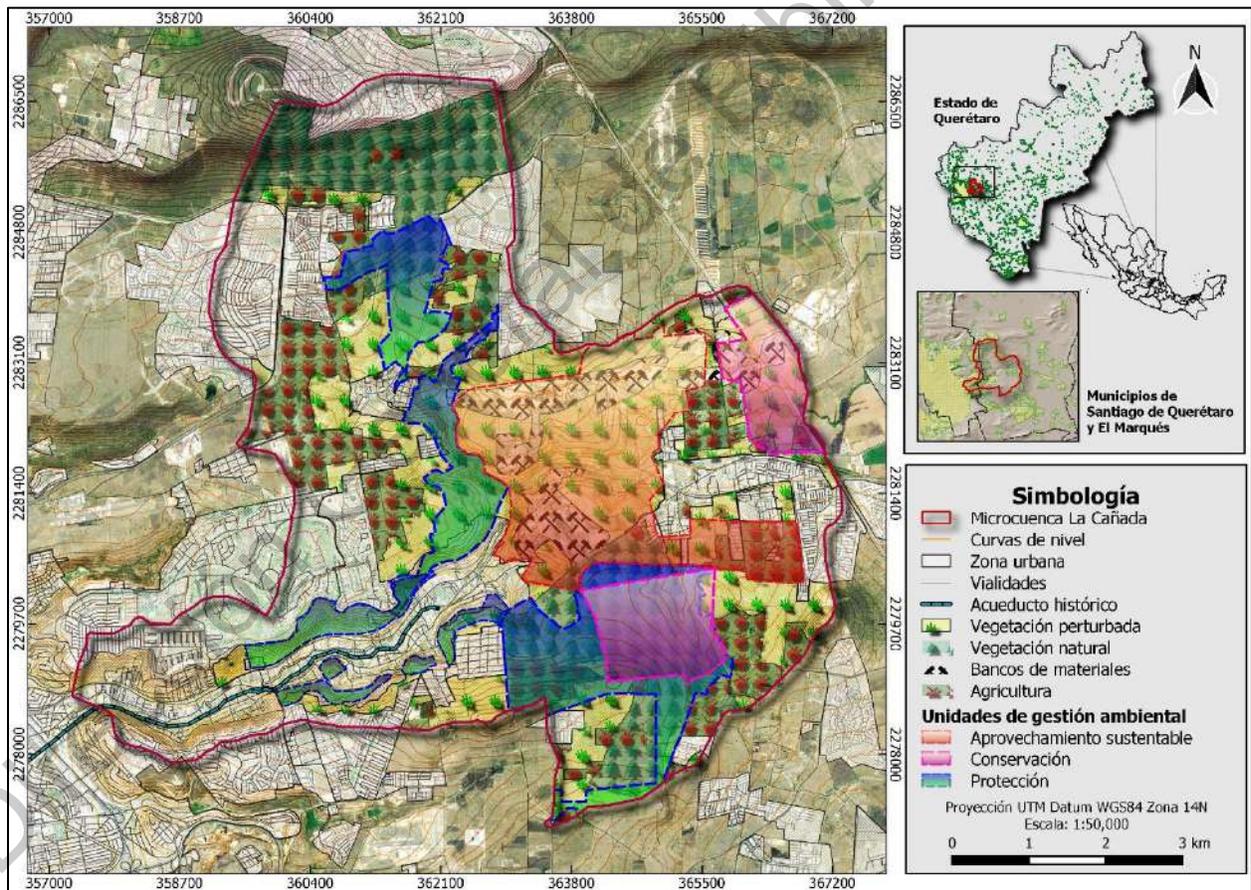


Figura 4. Localización geográfica de la MLC. Fuente: elaboración con información de INEGI (2015, 2017 y 2019) y Pedroza *et al.* (2020).

2.3 Materiales y métodos

Se construyeron cuatro Unidades Ambientales Homogéneas (Camino, Gimeno y Ramón, 2014) a las cuales se aplicó el AEM mediante el *software ArcGis* (v. 10.1) y el producto constituyó un mapa con la zonificación agroecológica de la cuenca.

2.3.1 Unidades edafo-morfológicas (UEM)

Se trabajó con información del Conjunto de Datos Edafológico Vectoriales escala 1:250 000 (INEGI, 2007). Se obtuvo los tipos de suelos de lomerío, coluviales, alcalinos y aluviales. También se trabajó con los datos de orientación de laderas, misma que se obtuvo con la herramienta *Hillshade* utilizando el análisis de relieve (Pedroza *et al.*, 2020).

Los suelos asociados con los parámetros de relieve fueron los siguientes. Los suelos en los lomeríos se encuentran en asociación vertisol esquelético-léptico y phaeozem esquelético-léptico (clave VRsklep+PHsklep). Los suelos coluviales se encuentran en asociación vertisol pélico-endoléptico y phaeozem lúvico-endoléptico (clave VRpelen+PHlvlen), en la mayor parte de la cuenca media y baja. Los suelos alcalinos se encuentran en asociación vertisol macizo-pélico con vertisol pélico-sódico (clave VRmzpe+VRpesow) y se localizan en la parte Este de la cuenca media. Los suelos aluviales son del tipo Vertisol macizo pélico de textura fina arcillosa (clave VRmzpe) se localizan en la parte baja de la microcuenca con depresiones intermedias, entre los 1850 y 1950 msnm.

El análisis de la orientación de laderas indica que la MLC tiene una orientación “Sur” del 37.4%. Por el contrario, el 36% de la superficie tiene una orientación “Norte”. Asimismo, la superficie “plana” no tiene alguna orientación cardinal y abarca una superficie del 20.5%. Lo anterior indica que la cuenca recibe una insolación 54.5% de superficie, eso significa un importante aporte de radiación.

2.3.2 Unidades bioproductivas (UB).

Se consultó el conjunto de datos vectoriales de uso del suelo y vegetación escala 1:250 000 serie VI (INEGI, 2017) y los datos topográficos escala 1:20 000 de INEGI (2016) que contiene información por tipos de uso de suelo, unidades bioproductivas y régimen hídrico.

En la MLC se encuentran 46 unidades bioproductivas, de las cuales 2,743 ha son de agricultura de temporal y comprenden el 47% de la cuenca, solo el 3% son parcelas de riego temporal y semipermanente con 680 ha. La cubierta de vegetación natural cubre 1,024 ha, de las cuales el 17% es vegetación crasicaule y el 5 % es vegetación secundaria arbustiva y arbórea de selva baja caducifolia. Por último, el 5% son bancos de materiales a cielo abierto.

2.3.3 Unidades de riesgos ambientales (URA).

Se consultaron los riesgos geológicos, hidrometeorológicos, seguridad hídrica y erosión de suelos. Los datos de riesgos geológicos se obtuvieron del Centro Nacional de Prevención de Desastres (2011) y el Atlas de Peligros Naturales y Riesgos del Municipio de El Marqués (2011). Se han presentado deslaves en pendientes entre 15° y 30° con actividad e intensidad alta y fallas geológicas que han ocasionado derrumbes de roca ígnea, afectando viviendas, infraestructura y vías de comunicación.

Los riesgos hidrometeorológicos se deben a inundaciones de entre 30 a 60 cm de crecida promedio en temporada de lluvias, que han causado afectaciones a infraestructura, viviendas y vías de comunicación y algunos decesos en las localidades de La Cañada, El Socavón, Saldarriaga y La Trinidad. Los riesgos de seguridad hídrica constan de contaminación de cuerpos de agua y escasez de servicio público de agua potable.

La erosión de la cuenca se tomó del Conjunto de Datos de Erosión del Suelo, escala 1:250 000 (INEGI, 2014). En la cuenca el 83.4% del suelo sin urbanizar tiene un tipo de erosión relacionada a la remoción de la vegetación para la agricultura y el aprovechamiento de minerales.

2.3.4 Unidades locales de gestión (ULG).

Esta unidad se conforma por la tenencia de la tierra y las unidades locales de gestión ambiental. La tenencia de la tierra se consultó en los datos abiertos del Catastro Rural del Registro Agrario Nacional (2019), y las unidades locales de gestión ambiental se obtuvieron del Plan de

Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de El Marqués (2017). En la cuenca, los núcleos agrarios se encuentran distribuidos en: 11 ejidos, 27 parcelas y 11 tierras de uso común para actividades agropecuarias. Del ordenamiento ecológico se tomaron en cuenta las áreas de aprovechamiento sustentable, de conservación, protección y la proyección urbana. Se prevé que la zona urbana llegará a ocupar el 77% de la cuenca, mientras que el 12% está considerado área de aprovechamiento sustentable y solo el 8% para la conservación y protección.

2.3.5 Análisis Espacial Multicriterio (AEM).

El análisis espacial se basó en la suma lineal ponderada para clasificar los criterios y variables definidas en cada una de las UAH. La preparación de las variables se basó en los parámetros de análisis de unidades de agriculturización (Vazquez, Sacido y Zulaica, 2013) y la zonificación socioambiental (Sánchez *et al.*, 2020). Se llevó a cabo una matriz de comparación pareada con el *software SuperDecisions* (v. 3.2) que integra la Ecuación 1 en la ejecución de la operación:

$$\text{Ecuación 1: } W_j = \frac{\frac{1}{r_j}}{\sum_i^n \frac{1}{r_j}}$$

En donde r_j es el lugar que ocupa el criterio en relación a las demás. El resultado W_j indica el grado de contribución de cada criterio (Tabla 4), obteniendo así los valores de importancia en la delimitación de las Unidades Agroecológicas (UA).

Tabla 4. Matriz de variables de acuerdo a su peso (W_j)

Variable	Indicadores	Orden de importancia (r_j)	Peso (W_j)
ULG	Aprovechamiento sustentable, desarrollo urbano, áreas de conservación y protección, propiedad social	1	0.34
UEM	Orientación de laderas y tipos de suelo	4	0.17
UB	Agrícola-pecuario y vegetación natural	3	0.20
URA	Geológica, hídrica y erosión de suelo	2	0.27

Fuente: elaboración propia a partir de la suma lineal ponderada.

Se ponderaron los indicadores del 1 al 5, siendo 1 el de mayor relevancia y 5 el de menor. En las tablas de atributos de cada capa temática tipo *Shp* se integraron los valores dados en la Tabla 5, posteriormente se convirtieron en capas *raster* con un teselado de 10 *pixeles*, por último, se

ejecutó la herramienta de análisis jerárquico utilizando el Algebra de Mapas del *ArcGis* (v.10.3) dando como resultado el raster final.

Tabla 5. Ponderación de indicadores por Unidades Homogéneas

Variable	Indicadores	Valores
Unidades locales de gestión (ULG)	Propiedad social	4
	Aprovechamiento sustentable	1
	Áreas de conservación	2
	Áreas de protección	3
	Zona urbana	5
Unidades edafomorfológicas (UEM)	Suelos aluviales-coluviales	1
	Suelos aluviales-coluviales	2
	Suelos alcalinos	3
	Suelos de lomerío	4
Unidades bioproductivas (UB)	Agricultura permanente	1
	Agricultura semipermanente	2
	Agricultura de temporal	3
	Pecuario	4
	Vegetación natural	5
	Zona urbana	6
	Área desprovista de vegetación	7
Unidades de riesgo ambiental (URA)	Erosión Antrópica-hídrica	1
	Puntos de deslaves	2
	Zonas de inundacion	3
	Fallas geológicas	4

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la suma lineal ponderada.

2.4 Resultados y Discusión

Con la información espacial generada a partir del raster final se caracterizó el mapa criterio de zonificación agroecológica de la cuenca (Figura 5). Se diferenciaron cinco UA que incluyen zonas de conservación, recuperación y producción de vegetación en relación a la disposición socioeconómica, la proyección del desarrollo urbano, los riesgos ambientales y las condiciones biofísicas de la cuenca.

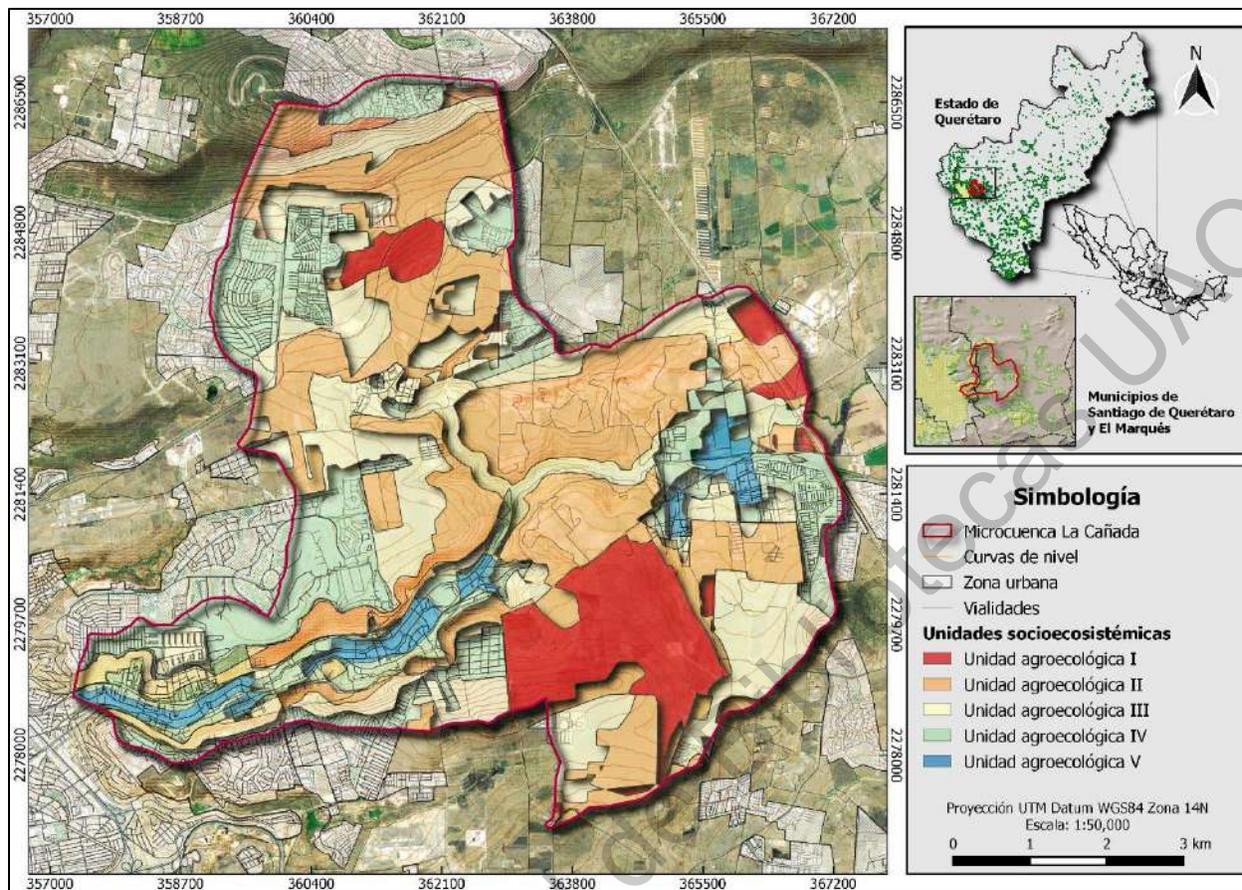


Figura 5. Mapa de la Zonificación Agroecológica como resultado del Análisis Espacial Multicriterio. Elaboración con uso del software ArcGis (v. 10.1) y Qgis (v. 3.10.6).

El cruce de información de las unidades ambientales y agroecológicas permitió caracterizar las condiciones biofísicas y socioeconómicas correspondientes a cada UA (Tabla 6). Estos resultados se podrán complementar con valores temporales como en trabajos antecedentes como en Vazquez *et al.* (2013) para realizar una comparación espacio temporal con el fin de analizar los procesos de des-agriculturización que han influido en la cuenca.

En la ZAE se aprecia que el 35% (UA 1, 2 y 3) de la microcuenca tiene un importante potencial agroecológico, mientras que las UA 4 y 5 presentaron una mayor tendencia hacia procesos de desarrollo urbano. En la cuenca se han detectado descargas domésticas, agrícolas/pecuarias que aportan detergentes, nutrientes, materia orgánica, grasas, aceites y sólidos, fertilizantes, plaguicidas, sólidos disueltos y suspendidos. Aunado a esto, se ha detectado el uso de aguas residuales para las actividades agrícolas (GMEM, 2011, 2017).

Tabla 6. Unidades Agroecológicas de la microcuenca La Cañada.

<i>Atributos</i>		UA1	UA2	UA3
<i>Suelos</i>	<i>Paisaje</i>	Lomas planas	Lomas amplias y laderas pronunciadas	Planicies aluviales medias y bajas
	<i>Vegetación</i>	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Agricultura de temporal	Agricultura de temporal
	<i>Altura</i>	1940 a 2220 msnm	1880 a 2300 msnm	1880-2120 msnm
	<i>Pendientes</i>	Menor a 15%	Menor a 30%	Menor a 45
	<i>Aspectos hidrográficos</i>	Nacientes efímeras intermitentes	Curso intermitente y embalses de escasas dimensiones	Curso permanente e intermitente
	<i>Drenaje superficial</i>	Excesivamente drenado	Bien drenado	Pobremente drenado
	<i>Subgrupos dominantes</i>	Vertisol-Phaeozem	Vertisol-phaeozem	Vertisol-phaeozem
	<i>Textura superficial</i>	Arcilla arenosa	Arcilla arenosa	Arcilla arenosa
	<i>Limitantes</i>	Profundidad de 50 cm	Profundidad de 50 cm	Profundidad de 50 cm
	<i>Régimen hídrico</i>	De temporal	De temporal	De temporal
<i>Gestión ambiental</i>	Protección/ conservación	Aprovechamiento sustentable	Urbano	
<i>Riesgos ambientales</i>	Erosión moderada	Erosión media alta	Erosión moderada	
<i>Unidades bioproductivas</i>	Agrícola/pecuario	Agrícola	Solares	
<i>Tenencia de la tierra</i>	Uso común	Uso común	Privado	

Fuente: Sistema de evaluación utilizado por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estado Unidos (Klingebiel & Montgomery, 1961). Tabla de elaboración propia con base en Vazquez *et al.* (2013, p. 35).

Conclusiones

La metodología utilizada demostró ser una herramienta de análisis remoto que facilita el ordenamiento del territorio, permitiendo analizar información cuantitativa en una matriz de representación que puede integrar los atributos necesarios para un análisis más amplio.

En este sentido, la ZAE cumple la función de proveer las bases para mitigar problemas ambientales al generar el mapeo de las Unidades Agroecológicas (UA), tal como en Vazquez *et al.* (2013), la identificación de las UA constituye el espacio en dónde se pueden formular planes de aprovechamiento sustentable, conservación y recuperación ambiental. En conclusión, el estudio integrado de la cuenca es de gran utilidad en el ordenamiento territorial para la designación de sitios en donde es importante considerar un modelo de gestión sostenible.

CAPÍTULO 3. MEDIOS DE VIDA SOSTENIBLE Y GESTIÓN PARTICIPATIVA COMO PARTE DEL DISEÑO DE UN MODELO AGROECOLÓGICO EN LA MICROCUENCA LA CAÑADA, QUERÉTARO

Este trabajo es considerado como capítulo de libro del proyecto “Nuevas geografías de la urbanización en México: Transformaciones territoriales y medios de vida de sectores sociales y vulnerables en las periferias de ciudades medias”, elaborado por Hugo Iván Pedroza Meneses y Juan Alfredo Hernández Guerrero.

3.1 Introducción

Los Medios de Vida Sustentables (MVS) comprenden en términos de resiliencia las capacidades, bienes y actividades que las personas utilizan para gestionar su bienestar y recuperarse de imprevistos y adversidades. Implica mantener o incrementar sus capacidades de adaptación, y proveer de mejores oportunidades para las siguientes generaciones (Chambers y Conway, 1991, tomado de Herrera y Mauricio, 2020:712). Si bien, el enfoque de los MVS se ha aplicado, específicamente, al espacio rural, también puede enfocarse en espacios periurbanos, debido a que la dinámica urbana al redireccionar los espacios rurales bajo múltiples dimensiones (social, política, ambiental, cultural y económica) también representa retos y amenazas para la conservación y remediación ambiental en vías de mejorar las condiciones de vida (Méndez y Vieyra, 2011; Herrera y Mauricio, 2020).

Los sistemas agroecológicos como parte de las estrategias de conservación y remediación ambiental asociadas a los MVS, pueden ser una alternativa para la seguridad alimentaria mediante las prácticas ecológicas de producción (contrarrestar las limitantes tecnológicas, el acceso a la tierra y los recursos productivos) y al mismo tiempo promueven la recuperación de suelo y agua, así como la conservación de la biodiversidad. En la integración de las cosmovisiones bioculturales de las comunidades humanas (Argenti, 2002; Tiftonell, 2019), los MVS asociados a la Agricultura Urbana Periurbana (AUP) suelen poner en práctica conocimientos bioculturales en el manejo de plantas y/o crianza de animales con fines alimenticios y de conservación (Gallardo, Hernández,

Linares y Cisneros, 2019). De manera se incentiva la seguridad y soberanía alimentaria facilitando la autosuficiencia y la promoción de nuevas fuentes de empleo a través de estrategias de consumo a nivel local y regional (Katzir,1998).

La AUP se puede encontrar en entornos habitacionales, centros comunitarios, complejos educativos, solares y baldíos, acompañada de la participación de los habitantes, sean migrantes u originarios que deciden emprender actividades de autoabasto alimentario y medicinal (Argenti, 2002). En muchos de los casos, las actividades se llevan a cabo con o sin conocimiento suficiente, pero mientras mayor sea la información sobre una práctica eficiente, la sociedad podrá contar con un aprovechamiento óptimo con el menor impacto ambiental posible y, por ende, actuará positivamente en los MVS (FAO, 2014).

Con base en lo anterior, la práctica puede acompañarse de diferentes enfoques, entre ellos este estudio ahonda en el manejo integrado de cuencas, la cual permite subdividir territorios en unidades hidrográficas, generar información, priorizar zonas y fomentar la participación de la sociedad en el uso y manejo de los recursos naturales para su cuidado y preservación (Qi, y Altinakar, 2013). Asimismo, las condiciones del suelo y agua son fundamentales en el enfoque, pues en la dinámica de los socioecosistemas, el acceso y distribución de agua limpia y las obras de conservación y retención de suelo deben estar en la primera línea de acción (Wang *et al.*, 2016).

En la gestión participativa es importante identificar fortalezas y oportunidades de los habitantes, contrastando el nivel de pobreza, segregación y marginación social, pues de ello también dependerá la revalorización del conocimiento tradicional, la solución de conflictos y las propuestas alternativas, de forma colectiva para mejorar los MVS y las estrategias ambientales a seguir (Porzecanski, Saunders, y Brown, 2012).

No obstante, la transición de los sistemas convencionales de base sintética y mono-productiva a los sistemas agroecológicos, conlleva un cambio de valores culturales y de organización comunitaria en donde la participación de los actores sociales es fundamental, por ello, el diseño de un Sistema Agroecológico (SAE) desde la gestión integrada de cuencas considera los MVS como punto de partida para la participación y articulación de los actores locales (Gliessman, 2016).

Las experiencias agroecológicas de diferentes partes del mundo han contribuido a generar información e innovación en el estudio, diseño y manejo de los sistemas complejos. En América Latina y el Caribe se ha realizado un trabajo de investigación importante, comenzando por Brasil, México, Argentina, Colombia y Cuba (Gallardo *et al.*, 2019). Los temas centrales desde los que se ha sistematizado la experiencia agroecológica tratan aspectos de biodiversidad, cobertura vegetal, captura de carbono, uso de agro-tóxicos, transgenia, soberanía y seguridad alimentaria, ecología de saberes e Investigación-Acción-Participativa (IAP). La ecología de saberes, la seguridad alimentaria y la IAP, desde donde esta investigación se construye corresponde al 1.7 % de las investigaciones en agroecología de los países antes señalados por lo que es un área de oportunidad.

Por otro lado, en el diseño participativo de sistemas agroecológicos para la sostenibilidad de microcuencas se puede ampliar la experiencia teórico-metodológica de Noguera, Salmerón y Sánchez (2019), al igual que el aporte de Nicholls, Altieri y Vázquez (2017) en la generación de parámetros para la conversión y el rediseño de agroecosistemas desde un marco de principios agroecológicos, y el trabajo de Rekondo, Espinet y Llerena (2015) sobre el diseño participativo que busqué plantear modelos más integrales e inclusivos. Por otro lado, el diseño de estrategias de organización desde la periferia urbana con perspectiva de sostenibilidad integral de cuencas constituye una experiencia de IAP.

Los trabajos de agroecología y gestión participativa se encuentran bien representados en temas de gestión integrada de cuencas (Porzecanski *et al.*, 2012), no así con los MVS, aunque cabe decir que algunos estudios incorporan elementos de esos medios sin denominarlos de esa manera (Yousuf y Singh, 2020). En periferias de ciudades mexicanas como Guanajuato y Morelia se han realizado estudios sobre medios de vida en relación a las actividades agrícolas, mismas que se encuentran estrechamente ligadas con el retroceso de la frontera agrícola (Méndez y Vieyra, 2011; Herrera y Mauricio, 2020). No obstante, en México el tema de medios de vida sostenible y sistemas agroecológicos en microcuencas es limitado, sin embargo, es un tema relevante de estudio, especialmente en ciudades de acelerado crecimiento, pues en ellas las transformaciones representan un reto importante para la sociedad al hacer de la AUP una fuente de satisfactores sociales y sostenibilidad ambiental.

En México, el proceso urbanizador ha asimilado el territorio rural, transformando los usos de suelo, la productividad, y las áreas naturales. Bajo ese escenario se fomentan nuevos entramados socioculturales desde la suburbanización de la periferia. En la ZMQ el desarrollo urbano avanza de una manera heterogénea por lo que va dejando reductos de usos de suelo agrícola y vegetación natural conforme el distanciamiento entre centro y periferia se va acortando. La ZMQ es una de las 10 áreas metropolitanas más pobladas a nivel nacional (al año 2020 tiene 1'597,941 habitantes) y la tercera en registrar un crecimiento del área construida superior al 20 % durante el quinquenio de 2015 a 2020 (INEGI, 2020). Al respecto, en la periferia al oriente de la ZMQ se ubica la microcuenca La Cañada, un territorio en constante transformación, cuya actual fisionomía dista mucho de la que fue hace al menos 20 años. La MLC se integra de tres núcleos de pueblos originarios asentados en la zona baja y media de la microcuenca que contrastan con los nuevos desarrollos habitacionales de todos los estratos sociales de la zona media y alta de la microcuenca, en donde también se pueden encontrar zonas con un alto índice de marginación y segregación social con problemáticas de inaccesibilidad a los servicios básicos, riesgos socioambientales, seguridad pública y pérdida de suelo y vegetación.

Entre los años de 1997 y 2020, la cubierta de vegetación perdió 54.6 % de superficie para que fue destinada al desarrollo urbano y, al mismo tiempo, las tierras productivas de temporal fueron principalmente abandonadas o urbanizadas, lo cual fue una situación que agudizó los problemas ambientales, mismos que se acentuaron a través de la pérdida y erosión del suelo (Pedroza, Hernández, y Luna, 2020). Bien puede trazarse este suceso a la par de la oferta laboral en sectores de la producción industrial, la construcción y el desarrollo inmobiliario y la provisión de servicios que se instalaron en la microcuenca (Carrillo *et al.*, 2017). Aunado a ello, el riesgo socioambiental en la microcuenca también se acentuó mediante el vertido de aguas residuales al río Querétaro, deslizamientos de laderas, pérdida de manantiales, pérdida de biodiversidad y el aumento de inundaciones (GMEM, 2017).

Por otra parte, en la microcuenca se ha evidenciado la pérdida de los MVS, que permiten a la población tejer sus relaciones entre lo biológico y lo cultural, lo que ha ido en detrimento desde mediados del siglo XIX, en otras palabras, la transmisión de conocimiento acerca de las prácticas asociadas con el cuidado de la biodiversidad y la seguridad alimentaria se han visto desfavorecidas, este proceso en gran parte de los casos va acompañado del abandono de parcelas, agostaderos,

tierras de cultivo y huertas, lo que contribuye al aumento de la erosión de suelo y la integridad de la microcuenca (Pedroza *et al.*, 2020). Tanto en las comunidades como en las ciudades, la dinámica hidrosocial se define por las vicisitudes de su contexto, por ello, la importancia de estudiar la cultura hidrosocial a escala de microcuenca desde un enfoque histórico e integral ya que la microcuenca La Cañada está pasando por un fuerte proceso de transformación y desarraigo (López, 2010).

Con base en los argumentos señalados y buscando contribuir a la sostenibilidad de la microcuenca La Cañada se decidió por objetivo llevar a cabo el diseño de un modelo agroecológico de la microcuenca La Cañada que contribuya al proceso de gestión sostenible de microcuencas en la ZMQ. Se pretende que los resultados contribuyan en la praxis desde la ecología de saberes y los procesos organizativos para la conformación de sistemas resilientes que incidan en los planes urbanos y programas de ordenamiento ecológico y territorial, por lo mismo, pretende ser viable para asistir en la toma de decisiones de actores sociales, instituciones y expertos en la defensa del territorio y la salvaguarda de la biodiversidad así como los conocimientos y procesos bioculturales en el manejo y cuidado de la vida.

3.3 Semblanza histórica de la microcuenca La Cañada

La microcuenca La Cañada ha sido un sitio estratégico para la producción primaria, la comunicación interregional y el desarrollo industrial, en ella se ha generado una dinámica socioeconómica considerable que ha aportado al desarrollo social, cultural y económico de la ZMQ (conformada por los municipios de Querétaro, Corregidora, El Marqués y Huimilpan) y la región hidrológica #12 de la cuenca alta del Lerma-Chapala, dentro de la cuenca del Río Laja y la subcuenca del Río Apaseo (Figura 6).

La microcuenca se compone de una red hidrográfica bien ramificada con un cauce principal (Río Querétaro) de 6to orden (Pedroza *et al.*, 2020). Predomina un clima del tipo semicálido con un régimen térmico que oscila entre 12° y 27°C, con una media anual de 18°C. Se aprecian de 30 a 59 días de lluvia al año, siendo las precipitaciones de verano las más abundantes registradas, con una precipitación media anual de 475 mm (SIATL, 2019). Está constituida por vegetación primaria y secundaria de selva baja caducifolia y matorral crasicaule. También cuenta con áreas naturales

de alto valor ambiental que están recomendadas como áreas naturales protegidas, las cuales son El Pozo y las laderas de La Cañada (Gobierno Municipal de El Marqués, y SEDESOL, 2011). La altitud se presenta en un rango entre los 1880 y 2300 msnm y cuenta con un potencial agroecológico del 35%, de acuerdo a las variables biofísicas y socioeconómicas (Pedroza, y Hernández, 2021).

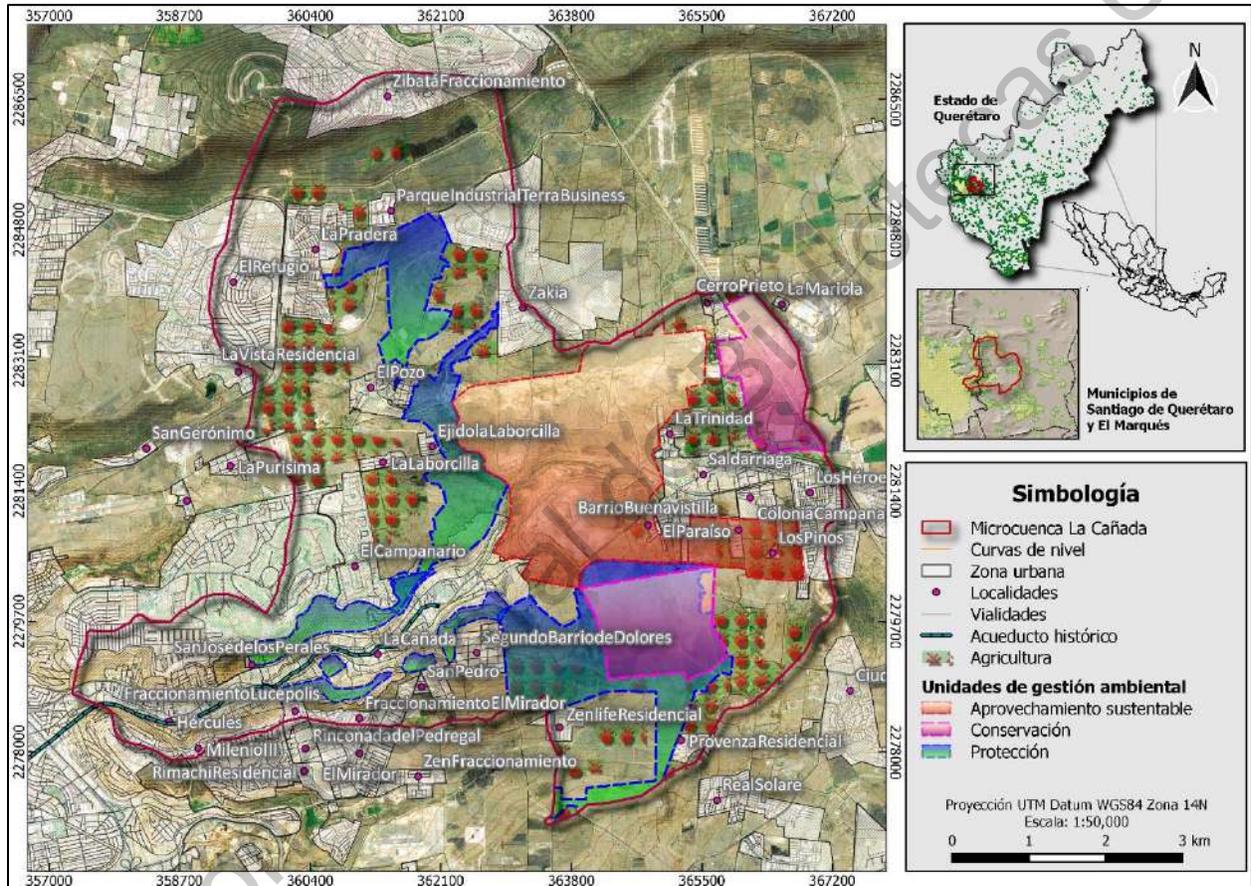


Figura 6. Localización de la Microcuenca La Cañada, Querétaro. Elaboración propia con base en Pedroza et al. (2021).

En el área metropolitana de Querétaro se encuentran cerca de 1500 huertos censados por el Programa de Desarrollo Comercial de la Agricultura Familiar (SAGARPA, 2016), de los cuales 210 corresponden a las localidades de Hércules, La Cañada, El Socavón, El Pozo y Saldarriaga en los municipios de Santiago de Querétaro y El Marqués. Estas zonas coinciden con la delimitación

de la MLC, a pesar de ser parte del periurbano, aún se encuentra suelo con vocación agrícola que se caracteriza por estar en zonas habitacionales de medianos y pequeños propietarios en donde se pueden encontrar huertas, jardines comunitarios y vegetación secundaria de selva baja.

La microcuenca La Cañada tiene su epicentro histórico, cultural y económico en la localidad de La Cañada, además de ser la cabecera municipal del municipio de El Marqués, se encuentra paralelamente a las márgenes del río Querétaro, en la parte baja de la microcuenca, la cual ha sido escenario político, cultural y económico importante desde la conquista española hasta principios del siglo XX.

Se cuenta entre los habitantes que hubo un tiempo en que se la llamó *Andamaxei* (el mayor juego de pelota en idioma *Nõhño*), pues muy probablemente debe su nombre a las laderas pronunciadas y fuertes pendientes que caracterizan su geomorfología. EL factor decisivo que impulsó el desarrollo social a lo largo del tiempo se sostuvo principalmente en la disponibilidad hídrica de los manantiales y pozos, así como en la buena productividad de la tierra, dando lugar a los asentamientos humanos desde el preclásico hasta la actualidad (Castañeda, Cervantes, Crespo y Flores, 1989).

Los hechos sucedidos a finales del siglo XVI en la microcuenca, contribuyeron en buena parte a la fundación de la ciudad de Santiago de Querétaro (Soustelle, 1993). Durante la colonia novohispana, se consolidó el sistema hidráulico La Cañada-Hércules, cuyo exponente más conocido es el Acueducto de Querétaro, construido entre 1760 y 1810 (Urquiola, 2013). El sistema hidráulico se materializó en tres momentos históricos desde el siglo XVI hasta el siglo XVIII, fraguado en los siguientes sistemas: 1) el sistema de acequias; 2) el sistema del acueducto; y 3) el sistema hidráulico textil (INAH, y UAQ, 2010).

Si bien, el desarrollo sociocultural del que tenemos evidencia directa data del s. XVI, es importante contextualizar los diferentes movimientos y asentamientos que sucedieron desde el preclásico, pues sin duda este territorio fue bien notado en el transcurso de diferentes grupos humanos y que aportaron las coordenadas para situar lo que es ahora parte de la zona metropolitana de la ciudad de Santiago de Querétaro.

Entre los años 500 a.c. - 400 d.c., la región donde se encuentra la MLC, se reconoce por los grupos con rasgos culturales de Chipícuaro, Teotihuacán, Cuicuilco y Tula, que se asentaron en la región y practicaron la agricultura como actividad principal (Figura 7). Se conocen estos

hechos a través de las evidencias arquitectónicas y cerámicas del culto a la fertilidad, los ciclos agrícolas y la inhumación de cuerpos, los cuales fueron fundamentales para estas culturas (Crespo, Viramontes, y Herrera, 1992). En el Postclásico (siglo X d.c.- siglo XVI d.c.), sucedió el retroceso de la frontera norte mesoamericana, las investigaciones apuntan a una variación climática y la escasez de agua, dando lugar a la ocupación de esta región por grupos de recolectores-cazadores chichimecas (Guamares y Guachichiles), que, al parecer, fueron los primeros pobladores en entrar en contacto con los españoles conquistadores a su llegada a este territorio (Castañeda *et al.*, 1989).

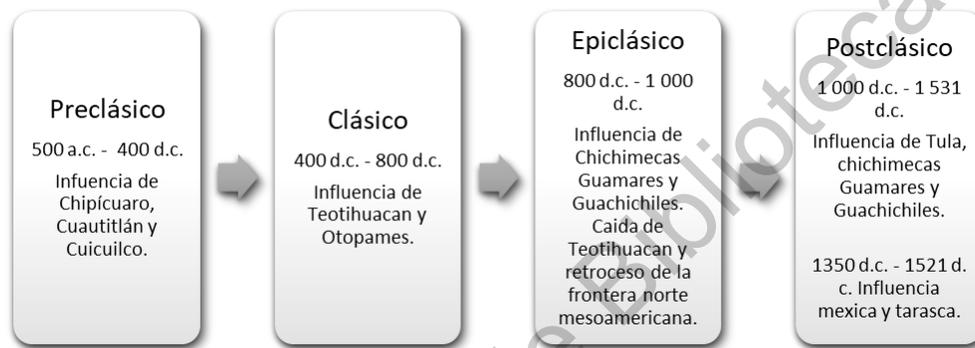


Figura 7. Línea del tiempo de la época precolonial. Elaboración propia con base en INAH, UAQ (2010).

Para el siglo XVI (Figura 8), se asentaron en La Cañada grupos venidos de Xilotepec, tras huir de la conquista militar española, en este hecho se hace notar el personaje Conín (bautizado como Hernando de Tapia) que, junto con treinta naturales de ese pueblo vinieron a establecerse en La Cañada (Acuña, 1987). Posteriormente, sucedió el encuentro pacífico entre Conín y el cacique español Hernán Pérez de Bocanegra que se caracterizó por el intercambio de semillas de algodón y trigo como un gesto de vasallaje, lo que aportaría el pago de tributos a la corona y la buena convivencia entre los pueblos originarios y la corona española.

La ruptura de lazos de cooperación entre los grupos originarios con sus principales gobernantes amerindios, promovió a partir de este suceso la migración al sitio de La Cañada, pasando a formar parte de la llamada República de Indias (Menegus, 1994). En consecuencia, Hernando de Tapia contribuyó al reparto de solares y milpas, con lo cual impulsó la expansión del área de cultivos y la construcción de acequias para su irrigación más allá de las márgenes del pueblo de La Cañada (Soto, 1998).

Este primer reparto agrario dio motivos para conjeturar cierta ventaja por parte de Hernando de Tapia, dado que acaparó para sí mismo buena parte de las tierras y dispuso un número considerable de tributarios, excluyéndolos de las listas de la Real Hacienda, de la misma manera que hicieron otros gobernadores de la República de Indias en la Nueva España (Somohano, 2006). Ante esta situación la Corona ordenó el reordenamiento de tierras, hecho conocido como las reformas de Valderrama, para repartírselas a las familias indígenas que carecían de tierra y así terminar con los tributarios no declarados (Menegus, 1994).

Para el año 1576 surgió un nuevo reparto agrario a raíz de la mortandad de la mitad de los pobladores originarios causada por las epidemias, razón por la cual, el virrey repartió las tierras dejadas por los difuntos a los españoles, entre las tierras repartidas se encontraban aquellas que fueron propiedad de la familia caciquil de Hernando de Tapia (Ramos, 2013).

En cuanto al aprovechamiento del agua, los testimonios de las primeras obras hidráulicas son conocidas como la Presa del Diablo (antes Presa del Lodo), la Presa de la División de Aguas, la Presa de la Congregación y el molino que dio origen a la fábrica de Hércules. En este contexto, surgen los primeros conflictos por el uso del agua que se resolvieron a partir de una repartición de aguas en el año de 1654, quedando el amparo a favor de los naturales de La Cañada para el aprovechamiento y cuidado de los ojos de agua y se refrendaron los derechos que correspondían a los diferentes usuarios (PMQ, 1994).

A finales del siglo XVII surgieron los primeros conflictos sobre la contaminación del agua que abastecía a la ciudad de Querétaro, debido a los cerca de 30 talleres textiles que se encontraban en las inmediaciones del río y arrojaban las aguas residuales directamente a las acequias (Urquiola, 2013). En 1721, comenzó la gestión para la conducción de agua limpia por más de 5 mil metros desde La Cañada hasta la ciudad de Santiago de Querétaro, eligiéndose el ojo de agua El Capulín como principal aporte de agua para este proyecto, en 1738 se dio por terminada la obra con una construcción de un total de 60 fuentes públicas y privadas en la ciudad de Santiago de Querétaro (Septién y Septién, 1999).

Quedó atestiguado por el entonces corregidor Gómez Acosta que el agua que brotaba de los manantiales de La Cañada era de la más alta calidad, así como de la existencia de más 1,000 huertas e innumerables árboles frutales que se mantuvieron hasta finales del siglo XIX y que dotaban al valle de Querétaro de alimentos y materias primas (Ramírez, 1997). A principios

del siglo XVIII surgió un nuevo conflicto agrario debido a la pérdida de tierras que les fueron otorgadas a los pueblos originarios de La Cañada, desde tiempo de la República de Indias, tierras que habían estado perdiendo bajo presión de los vecinados españoles a raíz de las epidemias que diezmaron a la población (Urquiola, Medina, y Samperio, 1989).

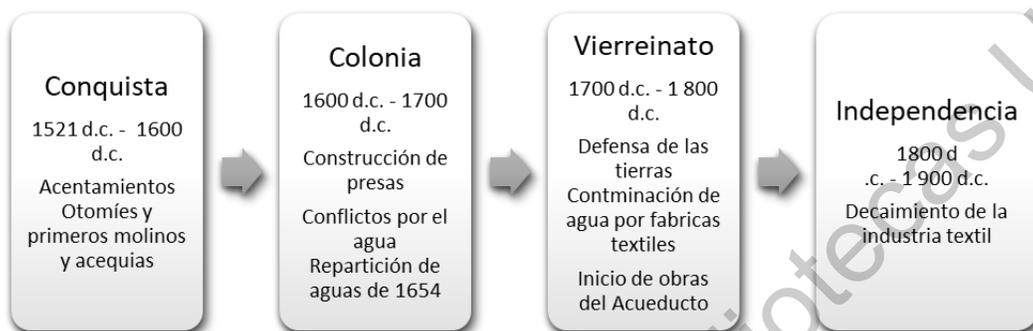


Figura 8. Línea del tiempo de la época colonial. Elaboración propia con base en INAH, UAQ (2010).

Durante la Independencia, los obrajes fueron desapareciendo debido a la fuerte crisis económica de la posguerra hasta que, a mediados del siglo XIX, con la creación del Banco del Avío, se promovió la reactivación industrial del país, lo que atrajo inversionistas a la ciudad de Santiago de Querétaro (Soto, 2004). De esta manera los personajes industriales como Sabás Domínguez, Cayetano Rubio y McCormick reestablecieron la industria fabril llegando a ocupar hasta 6 mil trabajadores (Landa, 2004).

Fue en 1838, cuando Rubio adquirió el Molino de La Cañada y el Molino Blanco y los transformó en la fábrica industrial de algodón de Hércules y la fábrica de La Purísima, gracias a importantes obras hidráulicas como la perforación de pozos y cámaras filtrantes (Socavón, Presa del Diablo). Así mismo José María Fernández de Jáuregui transformó el Molino de Cortés en la fábrica textil del Molino, después adquirido por Rubio (Soto, 2004). En este contexto la industria textil se favoreció del proyecto modernizador del nuevo Estado-Nación, del que el empresario Rubio fue un importante actor, que en muchas ocasiones fueron en contra de los intereses y derechos de la población local, en donde los artesanos independientes perdieron sus fuentes autónomas de trabajo en favor de la industria textil (Landa, 2004).

Finalmente, el sistema de acequias construido durante el siglo XVI y el siglo XVII, el sistema del acueducto del siglo XVIII y el sistema hidráulico textil del siglo XIX – XX, que condujeron el desarrollo de la microcuenca hacia los albores del progreso industrial, se ha quedado al amparo de la memoria histórica de la ciudad y de aquellos que aún mantienen los recuerdos del manantial El Pinito, el de Paté, las numerosas huertas y sembradíos de temporal que acompañaban los márgenes del río Querétaro en su transcurso hasta el valle de la ciudad.

El espacio que ocupa la microcuenca La Cañada como territorio de una importante relación hidrosocial se ha consolidado en la identidad de los barrios y sus tradiciones pues son las veces de guardianes de una narrativa que entreteje la vida de la comunidad. La tradición oral como detonante de transferencia de saberes y experiencias ocupa anualmente las fiestas barriales, fuertemente inspiradas por el sincretismo religioso en las que se expresan valores y cosmovisiones bioculturales bien arraigadas (Ibarra, 2016).

La distribución de las comunidades en la microcuenca se organizó desde un momento rural agrario de forma barrial, que posteriormente se resignificaron como parte del espacio urbano periférico de la ZMQ. En esta transformación del espacio, los medios de vida también se ven modificados y expandidos bordeando las ventajas y problemáticas propias de la asimilación como parte del horizonte metropolitano. A partir de la intensa actividad antrópica, se puede constatar la sobreexplotación de los acuíferos en la desaparición de los manantiales que alimentaban al río Querétaro y que constituía parte importante de la relación humano-naturaleza de este territorio. En este sentido, se han documentado ciertos temas de predisposición a enfermedades, inseguridad y consumo problemático de sustancias (Vázquez, Carranza, Salazar, y Pozas, 2019).

Aunado a esto, la fragmentación del territorio, la pérdida de vegetación, el crecimiento urbano y la contaminación del agua superficial, ha traído consigo la destrucción de la zona ripiara del río Querétaro y con ello una parte importante de la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos (Pineda, Pineda, López, y González, 2010). Al día de hoy se pueden encontrar al menos 142 especies de vertebrados que, a pesar del crecimiento urbano y la presión demográfica, se mantienen gracias a las superficies de áreas naturales, solares, huertas y baldíos. Las diferentes áreas de vegetación son una cubierta importante de selva baja caducifolia y matorral crasicaule (Gutiérrez, Soria, López, y Pineda, 2007; GMEM, 2016), las cuales albergan usos artesanales y tradicionales muy relacionados a la cestería, en el caso del aprovechamiento de carrizo (*Arundo donax*) para las

fiestas patronales y barriales en la elaboración de indumentaria, altares, elementos ceremoniales y arreglos florales (Avendaño, 2010; Ibarra de Albino, 2019).

3.4 Métodos y materiales

Como base conceptual, la investigación se fundamentó en la etnografía militante (Gómez, Mata, y González, 2017) y ambiental (Casillas & Peña, 2020) buscando responder al enfoque de la gestión integrada de cuencas para la toma de decisiones informadas y planificadas (Qi, y Altinakar, 2013). Se utilizaron estrategias de la ecología de saberes y de la comunicación y organización multiobjetivo que mejor se adaptaron al contexto antes presentado

El procedimiento se integró en tres momentos distintos de investigación, análisis y sistematización: 1) En el primer momento se contextualizaron las Unidades Agroecológicas (UA) mediante recorridos de campo y se realizó el mapeo participativo de la MLC; 2) en el segundo momento se seleccionaron las UA para el diseño de un SAE y se caracterizaron los medios de vida de los productores y sus agroecosistemas; y 3) en el tercer momento se elaboró el diseño gráfico de un modelo de SAE.

3.4.1 Momento 1) La multiterritorialidad en la microcuenca La Cañada

Se llevaron a cabo recorridos participativos que contribuyeron a describir de manera visual el paisaje, mediante un mapa temático del territorio de acuerdo a la zonificación de las UA (Pedroza *et al.*, 2020), para ello se realizó un muestreo fotográfico con una cámara celular de 12 *mega pixels* y un georreferenciador integrado al dispositivo (*iPhone 8*). Durante los recorridos se estableció el contacto con los actores locales mediante encuentros informales, utilizando la narrativa de la ecología de saberes (Geilfus, 2009; Sousa Santos, 2009), la observación participante, el diálogo semiestructurado y la técnica de “bola de nieve” (Martín-Crespo & Salamanca, 2007), esta última para aumentar el alcance de la muestra poblacional.

En el mapeo participativo de la microcuenca (Valderrama, 2013), se convocó a los actores locales a participar en un taller con una duración de 180 minutos dividido en dos sesiones. Se utilizaron herramientas que consistieron en dinámicas de trabajo con grupos, visualización cartográfica, comunicación oral y observación directa con apoyo en material visual impreso y

grabaciones de audio para asistir en el trabajo de sistematización (Geilfus, 2009). Las sesiones comenzaron por la presentación de cada uno de los participantes, una breve introducción al Manejo Integrado de Cuencas dada por el tallerista, con la cual se abordaron temas de conectividad, funciones hidrológicas y el ciclo biogeoquímico.

Posteriormente, se presentaron los objetivos del taller (Oliva & Iso, 2014), se abordó la agroecología en la optimización del uso de los recursos naturales y la revaloración de los procesos biodinámicos para la recuperación y mantenimiento de los SE, para ello se utilizó el mapa de la microcuenca (escala 1:50 000), y se les invitó a los participantes a conversar sobre ¿por qué y para qué hacer mapas?, ¿cómo es su territorio?, ¿Qué situaciones se presentan que puedan representar un problema para la comunidad?, ¿Qué reconocen en el territorio que sea importante reconsiderar?

Por último, se les pidió que representaran en el mapa todo lo que les significa una relación con los recursos naturales, el uso de la tierra, actividades económicas, infraestructura, distribución de los barrios, problemas ambientales percibidos y zonas de productividad. Por último, se sistematizó la información y se elaboró la matriz de actores que comparten intereses y capacidad de acción-colaboración en el diseño de un SAE.

3.4.2 Momento 2) Los medios de vida sustentables en los procesos organizativos

Se elaboró un diagnóstico socioambiental para analizar el potencial participativo de la comunidad en sus aspectos políticos, organizativos, económicos y sociales, que permitió indagar a cerca de los medios de vida de las personas que realizan una actividad bioproductiva. Para tal fin, se diseñó y aplicó una encuesta con una duración de 45 minutos dirigida a los actores locales para caracterizar los medios de vida, en un primer momento, se les aplicó un cuestionario semiestructurado para caracterizar los elementos organizativos de los medios productivos de los que disponen. El cuestionario se dividió en 4 temas, 26 preguntas, 15 de opción múltiple y 9 abiertas sobre aspectos fundamentales para la planificación del diseño agroecológico, además se hicieron recorridos y levantamiento fotográfico de los espacios productivos.

Tras la sistematización de la información obtenida se elaboró la caracterización de los sistemas bioproductivos de los participantes y el diagrama de interrelación socioecosistémica que delimita la dinámica que mantienen los sistemas bioproductivos en el área periurbana de la microcuenca con los elementos socioculturales y los recursos naturales.

3.4.3 Momento 3) Diseño de un Sistema Agroecológico como aporte a la sostenibilidad de la microcuenca La Cañada

En base al análisis de la información obtenida se eligieron las UA que resultaron con mayor potencial para llevarse a cabo una intervención agroecológica dadas las condiciones sociales, culturales, económicas y ambientales de la microcuenca. Posteriormente se elaboró el mapa de actores sociales o sociograma para identificar las relaciones de poder en lo referente a la propuesta de Manejo Agroecológico de la MLC.

Por último, se sistematizó la información generada sobre la territorialización de las historias de vida y las actividades bioproductivas, lo que aportó las bases conceptuales y estratégicas para elaborar la propuesta agroecológica de sostenibilidad socioambiental de la microcuenca que permitió seleccionar los polígonos de mayor susceptibilidad para la recuperación de los servicios ecosistémicos y la promoción de la seguridad hídrica, así como la soberanía alimentaria. En la definición de los polígonos para plantear la propuesta de manejo, se buscó que los espacios cumplieran alguna de las siguientes aptitudes: de recuperación agroforestal, de soberanía alimentaria y de modelo demostrativo en sostenibilidad de cuencas hidrográficas para mostrar el potencial del terreno con respecto a las obras de conservación de suelo, de restauración hidrológica, de recuperación de vegetación y de seguridad alimentaria.

3.5 Resultados

3.5.1 Visibilizando el paisaje de la microcuenca La Cañada

En la caracterización visual de cada una de las UA de la MLC, se observaron elementos de la dinámica del paisaje de continuidad urbana representados en elementos físicos como infraestructura pública, servicios, caminos y desarrollos habitacionales, también se aprecian monumentos histórico-arquitectónicos que datan del manejo hidrológico del s. XVI, empalmados entre obras públicas como vialidades, camellones o dejados a la deriva como elementos rocosos de predios abandonados.

Las vías férreas, que corren en paralelo a las vialidades principales, denotan el tránsito además de automovilistas, materiales y vagones, también, del paso de migrantes que aprovechan la ruta ferroviaria que cruza la MLC, dándoles la oportunidad de descender de los vagones de carga para descansar y proveerse de la ayuda que se les facilita para continuar su camino a la frontera

norte con E.U. En el continuo urbano-periurbano se encuentran espacios concurridos y bien dispuestos a la vida comunitaria que integran las localidades de Hércules y La Cañada y sus múltiples barrios que las conforman, las vías principales comunican diferentes parques, centros deportivos, plazuelas, escuelas y negocios de toda índole.

Desde la parte baja de la microcuenca y mirando hacia el horizonte cercano se aprecian las planicies de lomeríos aledaños a las laderas, fuertemente intervenidas por edificios, fraccionamientos privados, asentamientos irregulares y colonias populares. La discontinuidad del paisaje se acentúa al observar los nubarrones y polvaredas, producto de los bancos de materiales que a cielo abierto provechan los yacimientos minerales para explotarlos.

La dinámica de los MVS se va configurando a través de parcelas y granjas que a través de pórticos anchos dejan entrever viejos corrales, aunque algunas abandonadas y otras inmersas entre el conglomerado periurbano y rural, dan señal de un entorno que poco a poco se ha configurado entre la modernidad y la vida sencilla del campo.

La vegetación natural conservada, en mayor o menor medida se ubica en las laderas, las cañadas, algunos lomeríos y la boca del valle. Estas áreas son de difícil acceso pues solo se interna en ellas a través de senderos, viejos caminos y terracerías descompuestas, a pesar de ello se observó que son rutas frecuentadas principalmente por pastores, obreros, senderistas, ciclistas e indigentes. En la mayoría de las zonas riparias como en las áreas de vegetación natural, se documentaron trazas de desperdicios y basura de diferentes ídoles de carácter urbano. En la observación visual de la calidad del agua de los cauces y ríos en la microcuenca se constató que la mayoría de los afluentes se encuentran densamente cargados de sólidos disueltos y despiden un fuerte olor a amoníaco y materia en descomposición.

En la UA 1 se tuvo una visión panorámica debido al limitado acceso a esta zona, de ella se pudo apreciar al norte de la MLC una vasta área de vegetación natural con pendientes mayores a 15° y de solares deshabitados en la zona sur y algunos signos de pastoreo. En los recorridos por la UA 2 se evidencio un mejor acceso vial, sin embargo, el contacto con la población no fue posible ya que existen pocos asentamientos humanos y está fuertemente intervenida por bancos de materiales y el desarrollo de nuevas zonas habitacionales, principalmente en la parte media de la microcuenca (Figura 9, 25).

En la UA 3 se encontraron paisajes caracterizados por vegetación natural y pendientes ligeras (Figura 9, 7), en ella se ubican parcelas de riego semipermanentes y algunas granjas

agropecuarias, se encuentra bien comunicada con zonas habitadas tanto urbanas como periurbanas, en ella hay cuatro áreas señaladas por su importancia ambiental para la conservación y protección, y otras zonas destinadas al aprovechamiento sustentable (POELMEM, 2018). Esta unidad integra la zona riparia de del río Querétaro y el afluente de La Cañada que mantienen vegetación riparia.

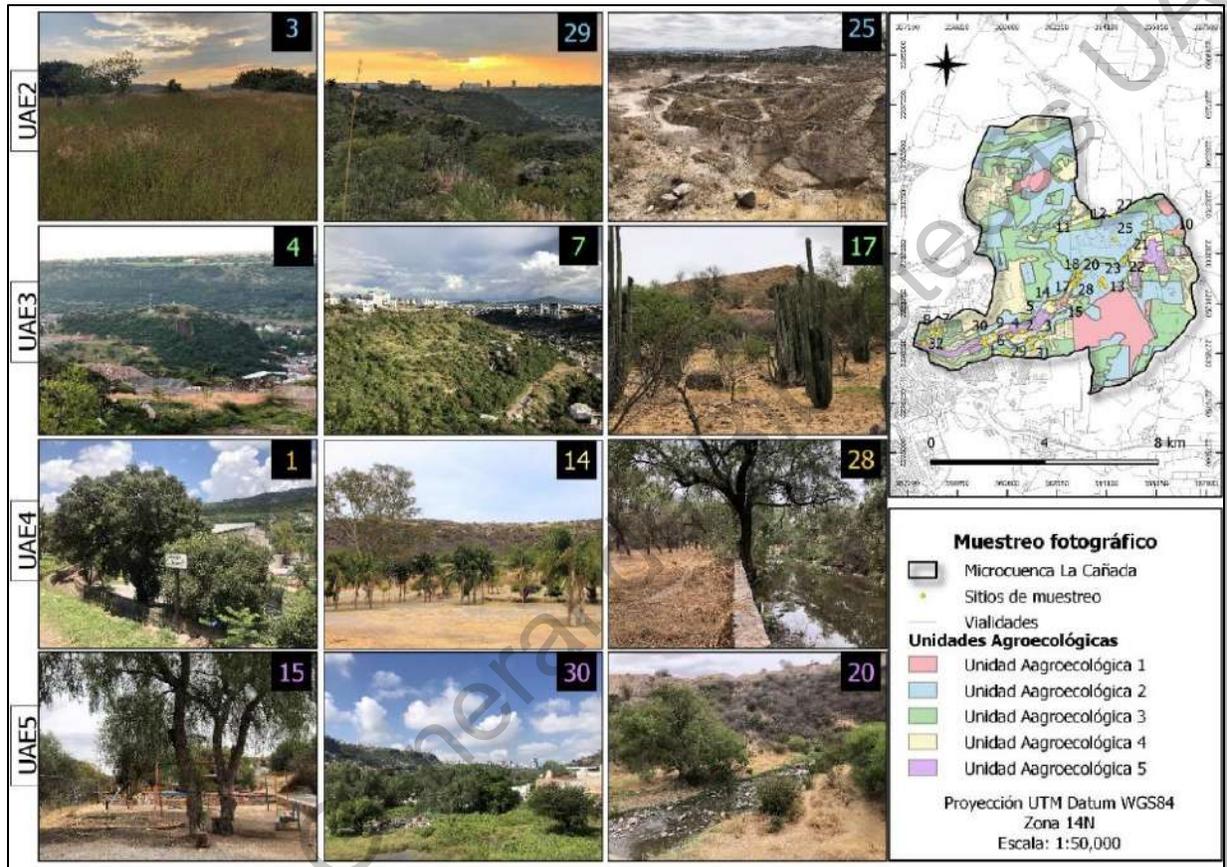


Figura 9. Mapa temático de las Unidades Agroecológicas de la microcuenca La Cañada realizado entre septiembre de 2020 y marzo 2021. Figura de elaboración propia con información de Pedroza et al. (2021).

La UA 4 es la unidad que representa de mejor forma la dinámica periurbana y su vinculación con actividades agropecuarias de mediana escala, zonas industriales y principales vías de comunicación. En esta unidad se estableció contacto con pobladores que realizan actividades bioproductivas del tipo AUP (Figura 9, 28).

Finalmente, la UA 5 integra principalmente la zona baja de la microcuenca por lo que se compone de núcleos urbanos y periurbanos aledaños al río Querétaro, en ellos se encuentran

diversas huertas, jardines, campos de juego y centros deportivos (figura 9, 30). Por lo anterior es la unidad que concentra la mayor densidad poblacional lo cual se refleja en la presencia de infraestructura habitacional, servicios de educación, salud y seguridad. Así mismo en esta unidad se encontraron la mayor cantidad de participantes de la AUP, teniendo por principal método de producción la horticultura medicinal y alimentaria.

3.5.2 Mapeo participativo de los medios de vida en la microcuenca La Cañada

El mapeo del territorio permitió identificar la dinámica en el acceso a los recursos naturales y las transformaciones socioambientales que fueron posible medir en relación a los MVS. Los aspectos más representativos del mapeo fueron la delimitación barrial, los puntos de riesgo socioambiental y la toponimia de elementos naturales, históricos y culturales (Figura 10). Dadas las condiciones geomorfológicas de la microcuenca, la tendencia del crecimiento demográfico se ha concentrado en la zona baja hacia el poniente de la microcuenca, por lo que la información mapeada se reflejó principalmente en esta zona.

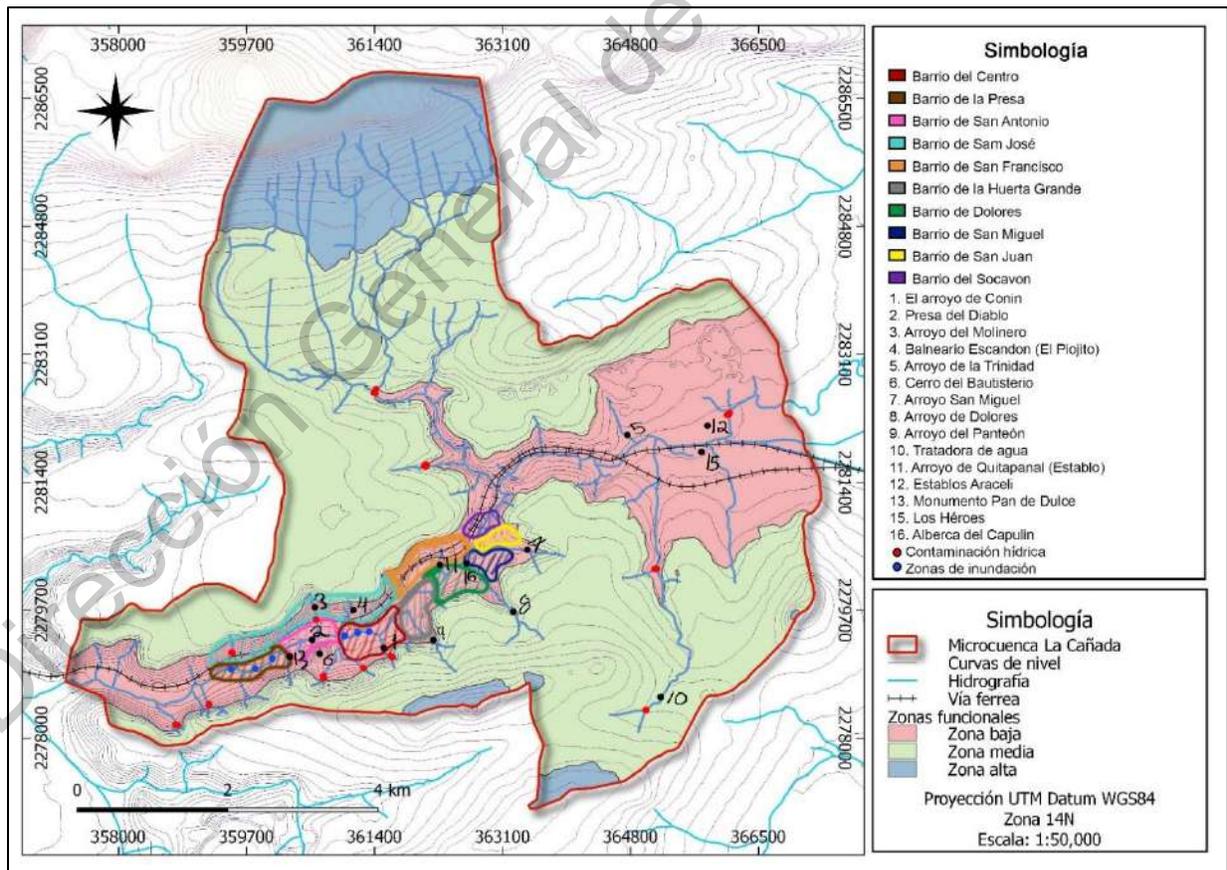


Figura 10. Mapeo participativo de la microcuenca La Cañada.

En lo referente a la percepción del entramado sociocultural fue notorio el conocimiento de la formación de cada barrio, los sitios de culto, espacios públicos, huertos, parcelas y demás actividades económicas. En este aspecto, las narrativas de la cotidianidad fueron acompañadas de historias sobre las relaciones sociales entorno a la micropolítica y la historia de los lugares.

En el diagnóstico de los MVS se contó con la participación de 42 % de las personas del género femenino y el 58 % del género masculino, provenientes del barrio de Hércules, La Cañada y Saldarriaga. El rango de edades de los y las participantes oscilaron entre los 25 hasta los 60 años, siendo la edad promedio de 25 años. En lo referente a la educación, el 42 % cuenta con nivel escolar de secundaria, el 29 % cursó la preparatoria y solo un 29 % llegó a nivel de licenciatura. Por su parte, en lo referente a la salud el 28 % manifestó padecer algún problema crónico degenerativo, sin embargo, solo el 28 % acude a los servicios públicos de salud para tratar algún padecimiento, el otro 72 % acude a médicos particulares, homeópatas, alternativos y herbolarios. En el aspecto de la vivienda, los materiales de construcción, comúnmente empleados, son el concreto y en menor medida el adobe, madera y lámina. Cabe señalar que solo 1 vivienda de 25, carece de drenaje y conexión a la red de agua potable, las demás cuentan con servicios básicos y en su mayoría servicio de internet por cable. Entre las características socioeconómicas destaca el ingreso económico que en promedio oscila los 8,857 pesos mexicanos mensuales.

Durante la construcción del mapa surgieron narrativas fundacionales del pueblo de La Cañada con elementos espirituales y sus manifestaciones que tejen las relaciones míticas entre la comunidad y el nacimiento de manantiales, arroyos, identidades de los cerros, cañadas y cuevas. De esta manera se explica, en sus orígenes, la presencia de numerosos manantiales y la abundante biodiversidad del territorio. Por ello, la toponimia de los espacios reconocidos en el territorio habla acerca de la evolución de los significantes y de cómo se reconfiguran en relación al uso y valoración del espacio, aunque también refieren expresiones de un pasado inédito:

“[...] se habla de Xidó que para algunos quiere decir laja en el idioma otomí, pero para otros quiere decir fluido materno que alimenta al recién nacido. Entonces, el Xidó se ubicaba a un lado de donde está el mercadito y era un manantial que corría desde el cerro y se comunicaba con el río.” (Cronista local del pueblo de La Cañada).

Desde el análisis de las narrativas dominantes que constituyen una parte importante de la rehistorización del territorio, los problemas que los informantes locales detectaron y que consideraron importante en la articulación de un SAE, es la primicia de que pudiera aportar a mitigar es la escasez de alimentos, la desnutrición, la inseguridad, el desempleo y el bajo nivel de escolaridad. Aunque a demás señalaron la importancia de mantener la identidad cultural del pueblo pues es para ellos de gran relevancia histórica arraigada que se expresa, entre otros, en las fiestas patronales y barriales, que bien pudiera ser la síntesis culmen de la organización local. Algunas de las problemáticas sociales bien territorializados tienen que ver con la predisposición a enfermedades, inseguridad y consumo problemático de sustancias. En cuanto a la dinámica hidrosocial se caracterizó por la escasez y contaminación del agua, así como por la distribución inequitativa del vital líquido. También, se pudieron contrastar conflictos por el territorio relacionado a apropiaciones irregulares de terrenos, sobreexplotación de materiales y desarrollos inmobiliarios de gran impacto ambiental.

Tabla 7. Matriz de relación entre actores e identidades de la microcuenca La Cañada.

Sector	Actor	Intereses	Potencial	Oportunidades	Fortalezas
<i>Público municipal</i>	-secretario de Desarrollo Agropecuario	Construcción de criterios para propuestas de programas y proyectos productivos	Tipos de manejo productivo y zonas potenciales en la MLC	Asesoramiento en el manejo de sistemas agroecológicos	Certeza institucional y operacional
	-secretaria de Desarrollo Sustentable	Construcción de reglas de operación e incentivos para proyectos agroecológicos	Medidas de prevención y mitigación de cambio climático	Elaboración de fichas descriptivas por tipo de sistema agroecológico	Certeza legal y operacional
<i>Sociedad organizada</i>	-Por amor a La Cañada -Verbos y Vibras -Rizoma -Centro cultural Paula de Allende	Vinculación social y gestión de espacios agroecológicos	Promoción del tejido social, organizacional y de desarrollo endógeno	Relaciones horizontales, inclusivas y armónicas	Mayor nivel de participación social
<i>Privado, asistencial y cultural</i>	-Cronista de La Cañada -Mayordomo -Guía espiritual	Articulación de ecología de saberes, historia y tradiciones	Recuperación de la memoria biocultural y promoción de actividades ecológicas	Cohesión social y valoración de los servicios ecosistémicos	Legitimidad social, barrial y comunitaria
<i>Social</i>	-Habitantes de la microcuenca	Producción agroecológica, recuperación de biodiversidad	Desarrollo endógeno, mejora en la salud y calidad de vida	Conservación de los ecosistemas, desarrollo de un mercado local	Cambio en la dinámica de producción, comercio y consumo

Elaborada a partir de la información de campo obtenida con los métodos de Gliessman (2002), Sarandón (2014) y Jiménez (2019).

Con lo señalado anteriormente, la tabla 7 muestra la matriz de relación entre actores locales, así como los perfiles con posible interés en procesos agroecológicos en el territorio de la MLC, además, describe el nivel y tipo de participación y aporta las directrices para el involucramiento de los actores en el proceso hipotético de la implementación de un SAE en la microcuenca. Se tomaron en cuenta las entrevistas realizadas a los informantes locales que se integró por cinco representantes de organizaciones civiles, dos funcionarios públicos del municipio de El Marqués de la secretaria de Desarrollo Sustentable, el secretario de Desarrollo Agropecuario y el cronista local de La Cañada.

3.5.3 Sistemas bioproductivos en el periurbano de la microcuenca La Cañada

Durante los recorridos por las UA se estableció contacto con 12 actores locales (6 mujeres y 6 hombres) que tienen en total 12 sistemas bioproductivos que corresponden a la tipología de Agricultura Urbana Periurbana (AUP). De los participantes, 3 mujeres y 3 hombres habitantes de La Cañada, 1 mujer de Saldarriaga con actividad primaria en La Cañada y Saldarriaga, y 2 mujeres y 3 hombres del barrio de Hércules. En los 12 sistemas están relacionados la participación de al rededor 35 personas en actividades de mantenimiento y producción de alimentos y herbolaria, así como en la elaboración de productos de agregado de valor. Algunas de las actividades que realizan los participantes y forman parte de los MVS son la albañilería, alfarería, electricidad, plomería fisioterapia, herbolaria, reproducción de plantas, permacultura, bioconstrucción, diseño de huertos familiares y redes de consumo local.

En el mapa temático de los agroecosistemas (Figura 11) se observaron algunos de los espacios en donde se desenvuelven las actividades primarias del tipo AUP, que se encuentran principalmente organizados en zonas urbanas y periurbanas en la parte baja de la microcuenca, específicamente en la UA 4 y 5. Los sistemas bioproductivos que se muestrearon tienen un tamaño promedio de 750 m², siendo de 50 m² el de menor tamaño y de 2,500 m² el de mayor tamaño. El 57 % de los espacios productivos son arrendados y el resto son los propietarios quienes los trabajan. La antigüedad productiva de los huertos oscila entre los 300 hasta los 2 años. La distancia entre las viviendas de las personas involucradas y los espacios bioproductivos en promedio es de

220 metros, el medio de transporte más utilizado es el automóvil privado seguido de la bicicleta y, por último, el servicio interurbano de transporte.

En promedio, la experiencia de las personas que participan del manejo bioproductivo es de 6 años, aunque la transferencia de saberes se pudo rastrear hasta dos generaciones atrás. El inventario faunístico de los sistemas bioproductivos (Anexo 2). Algunos de los productos que se obtienen a partir de la AUP son del tipo medicinales, alimenticios, artesanales e insumos diversos. Son comunes la elaboración de productos de agregado de valor como tinturas, extractos, ungüentos, pomadas, tizanas, productos lácticos, fermentos, conservas, deshidratados, fertilizantes orgánicos, plántulas, semillas y sustratos.



Figura 11. Mapa temático de los agroecosistemas caracterizados en la microcuenca La Cañada. Figura de elaboración propia con información de Pedroza *et al.* (2021).

Los límites del agroecosistema y sus interacciones sociales (Figura 12) reflejan las dinámicas sociales, culturales, económicas y ambientales de la comunidad. Los participantes describieron los beneficios percibidos que tiene la AUP en la salud y la economía familiar y se relacionaron con los elementos comunitarios que interactúan con el territorio hidrográfico de la microcuenca, así como con la dinámica propia de la ZMQ. El diagrama muestra los niveles y escalas de interrelación socioecosistémica, cómo interconexiones en base a la percepción de los elementos incluidos en la AUP que reflejan el nivel de complejidad del sistema, pero al mismo tiempo la capacidad de contribución de la AUP a la conservación y sostenibilidad del paisaje hidrográfico y que en definitiva contribuyen a mantener y mejorar los MVS de la población.

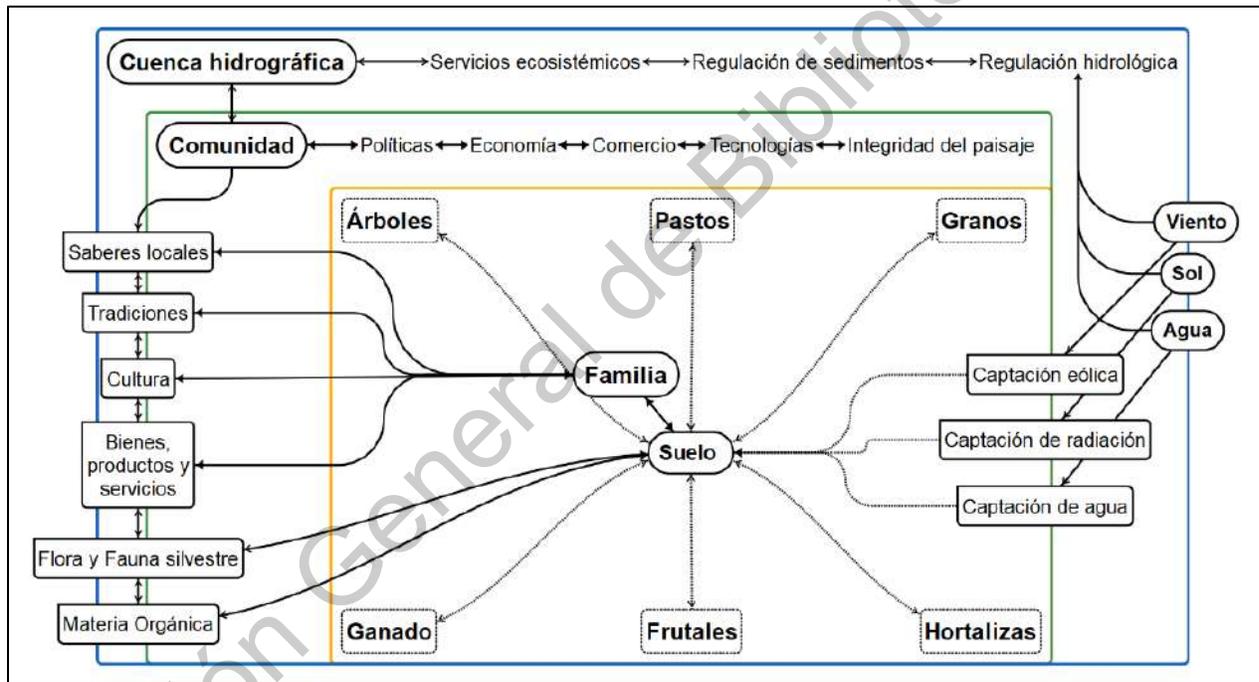


Figura 12. Diagrama socioecosistémico de la microcuenca La Cañada, Querétaro. Elaboración propia con base en el método de Noguera *et al.* (2019).

3.5.4 Diseño de un modelo agroecológico para la sostenibilidad de microcuencas

De acuerdo al potencial participativo de la comunidad y la susceptibilidad del territorio para el Manejo Agroecológico de la microcuenca La Cañada, se realizó una búsqueda y cruce de información de los datos generados hasta esta etapa de la investigación. De manera que las UA 4

y UA 5 resultaron ser las más susceptibles para llevarse a cabo una intervención de manejo agroecológico. Los factores principales para esta ponderación consistieron en la presencia de núcleos poblacionales que cuentan con alguna experiencia en la AUP o algún antecedente agroproductivo, por otro lado, cuentan con los espacios desocupados de mayor tamaño que están mejor comunicados con las principales vialidades y los núcleos poblacionales, por lo que hace de estas unidades el espacio idóneo para generar la participación social, económica y política de la comunidad en la conversión a modelos de producción agroecológicos. A través de las reuniones y mesas de trabajo con vecinos, voluntarios y técnicos se realizó el sociograma de representación de las relaciones de poder entre los diferentes actores sociales, públicos y privados en lo referente a la propuesta de Manejo Agroecológico de la Microcuenca La Cañada, el objetivo fue conformar las bases para un grupo motor que en un futuro integre la mesa de trabajo para la gestión de dispositivos barriales de sostenibilidad agroecológica de microcuencas.

La Figura 13 muestra los niveles de involucramiento y los segmentos de agrupación de los diferentes actores locales. El sector civil y social mantiene una organización barrial en torno a sus tradiciones en términos identitarios y culturales antes mencionados. De este sector salieron las propuestas de manejo desde sus formas de comunalidad y medios de vida. En él también se encuentran las organizaciones sociales y barriales con representatividad local que participarían de los beneficios y compromisos de una intervención agroecológica. El sector público se compone de las secretarías que regulan en materia de producción, manufactura, comercio y seguridad que están implicados en el manejo de especies en el territorio mexicano en los tres niveles de poder. De esta manera se subdividen las competencias Estatales y Municipales que regulan el cumplimiento de las normativas y proveen la estructura para gestionar incentivos materiales, económicos públicos y legales que faciliten los procesos.

En la consulta a representantes del sector público sugirieron que la propuesta de manejo agroecológico habría de plantearse desde la participación intersectorial, en donde se involucrasen las secretarías para la gestión de los permisos necesarios, así como la gestión de fondos y programas de desarrollo social y sostenibilidad ambiental de los cuales se podrían obtener beneficios. La propuesta fue consultada con actores de organizaciones civiles y actores institucionales, en ambos casos coincidieron en que las áreas más susceptibles de llevarse a cabo un manejo agroecológico habrían de ser las zonas aledañas al río Querétaro, desde Hércules hasta El Socavón, es decir la zona baja de la microcuenca,

“[...] esa franja, todavía hay algunas áreas que cultivan, entonces, me parece que pudiera ser como un área mayormente susceptible a este tipo de estudios, habrá algunos pequeños predios, zonas de predios grandes que a lo mejor le quieran entrar.” (secretario de Desarrollo Agropecuario del municipio de El Marqués).

El sector académico e internacional proveería el soporte metodológico, técnico y profesional en la planificación y ejecución de los planes de acción, así como el monitoreo de los indicadores de sustentabilidad, equidad de género e integración de pueblos originarios. El sector privado aportaría los medios materiales, así como las relaciones comerciales para establecer la cadena de suministros, la comercialización de los productos y el agregado de valor.

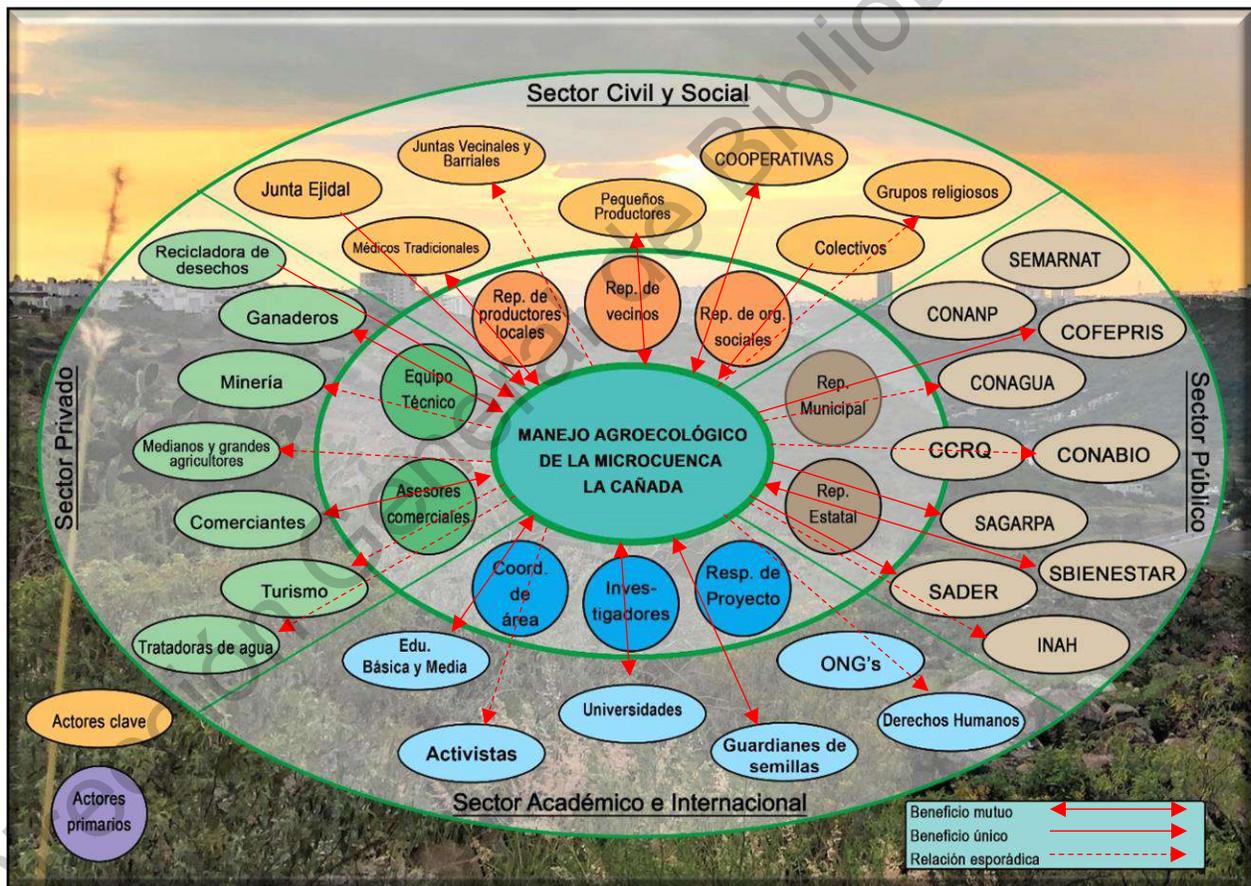


Figura 13. Sociograma para el mapeo de actores y relaciones sociales por sectores y entidades.

A partir de las mesas de trabajo, los recorridos por el territorio, la caracterización de las UA, las entrevistas a actores clave, el mapeo participativo de los MVS y el Análisis Espacial Multicriterio (Pedroza *et al.*, 2020) se seleccionaron los predios dentro de las UA 4 y UA 5 que por sus condiciones biofísicas son más viables para llevarse a cabo acciones de sostenibilidad socioambiental. De esta manera, se propusieron 6 predios en las UA 4 y UA 5 aledaños al río Querétaro (Figura 14), tres de ellos circunscriben las márgenes del periurbano y la vegetación natural de las laderas de La Cañada, los otros tres se ubican inmersos en el núcleo periurbano. Los predios seleccionados suman en total 12.2 hectáreas, que en su mayoría son de vegetación perturbada y suelo intemperizado en proceso de desertificación. Espacios como estos se encuentran deshabitados y sin infraestructura, en algunos de ellos se han detectado casos de violaciones, conductas delictivas y consumo problemático de sustancias, además, son, muchas veces, usados como tiraderos de basura y escombros de construcción.

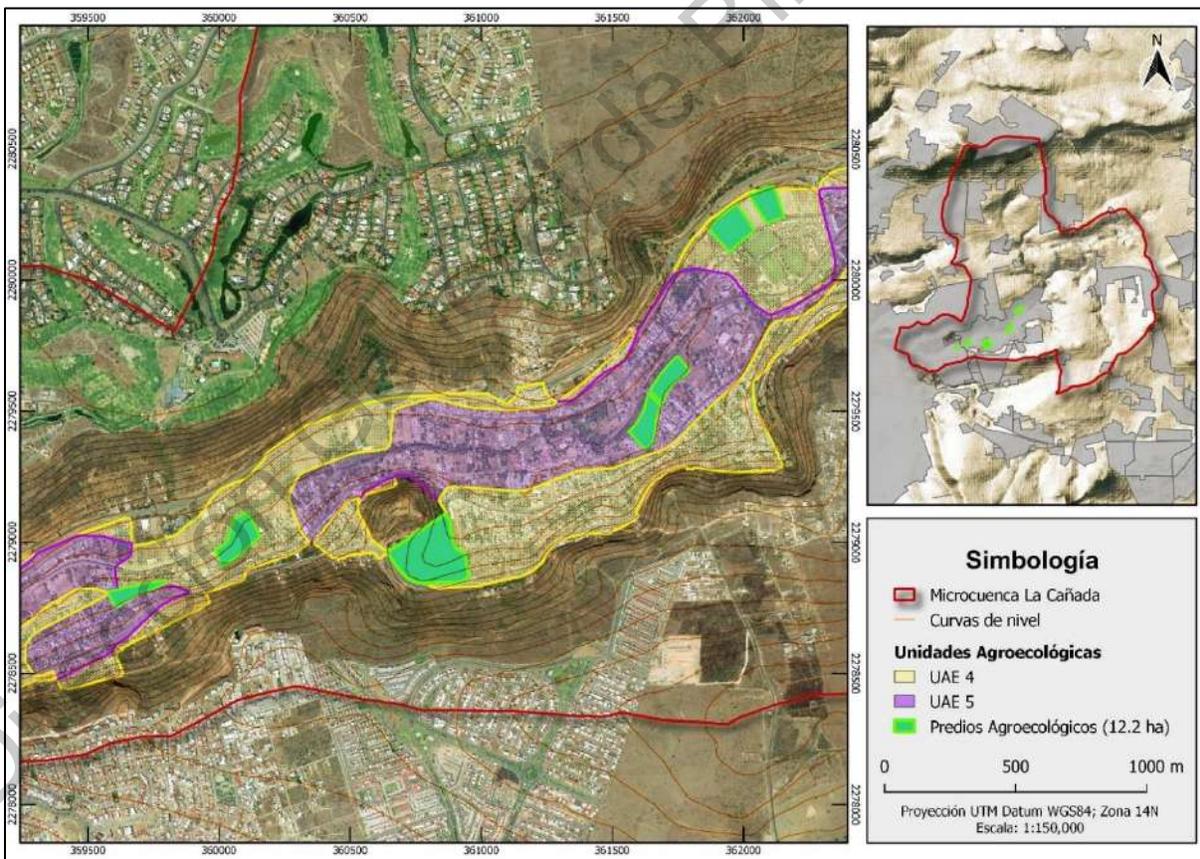


Figura 14. Mapa de localización de predios agroecológicos como propuesta de un SAE. Elaboración propia con información de Pedroza *et al.* (2020) y vista satelital de *Google Earth*.

Tomando en cuenta sus cualidades biofísicas, socioeconómicas y políticas se seleccionó uno de los predios para llevar a cabo el diseño del modelo demostrativo. El potencial del terreno con respecto a las obras de conservación de suelo, de restauración hidrológica, de recuperación de vegetación y de seguridad alimentaria fueron más representativas en el predio aledaño al cerro del Bautisterio (Figura 15), ya que presentó mayores posibilidades de mostrar el potencial de las técnicas de conservación de biodiversidad, sostenibilidad ambiental y producción alimentaria en la intención de ser comunicado a los tomadores de decisiones al representar el sistema agroecológico (SAE) de manera gráfica y simbólica.

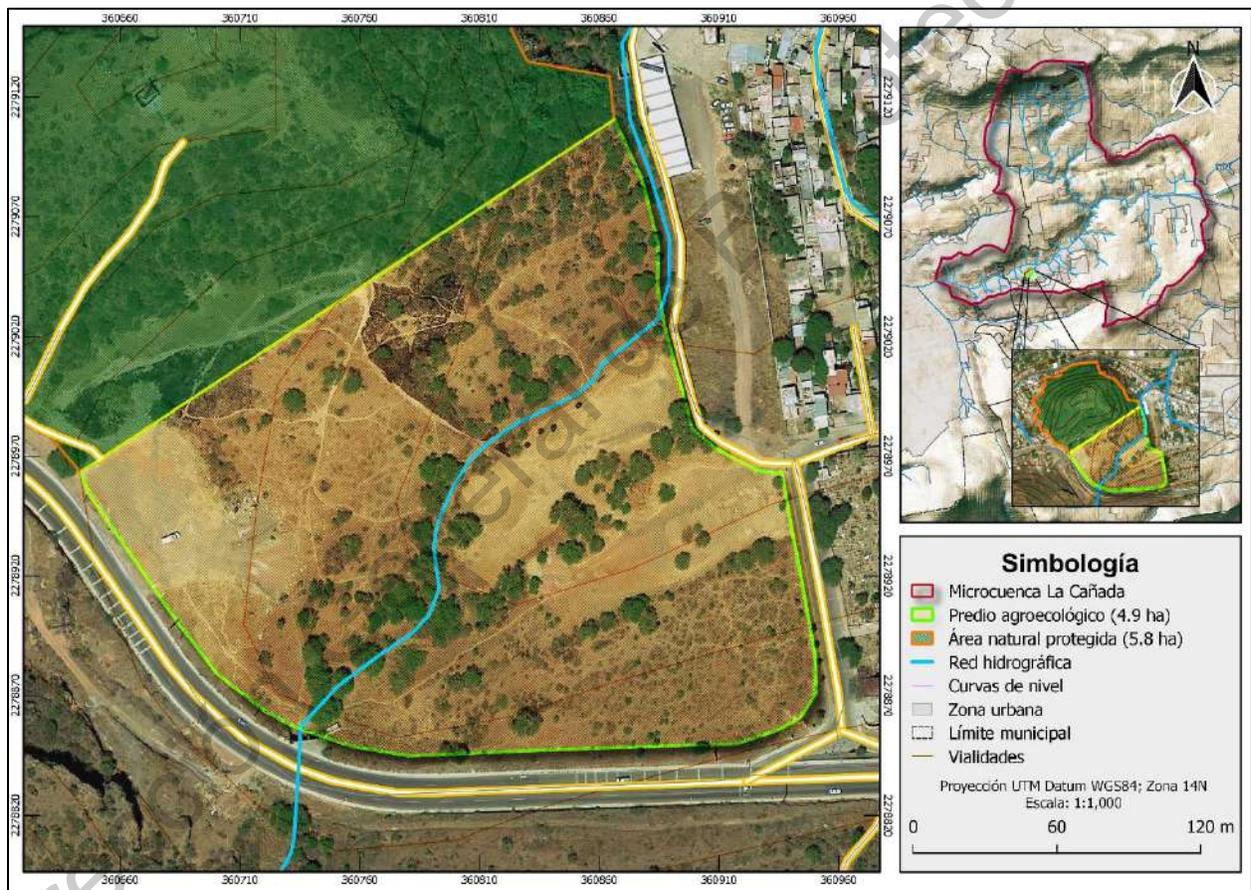


Figura 15. Mapa de localización del predio aledaño al cerro del Bautisterio, La Cañada. Elaboración propia con información de Pedroza *et al.* (2020), POELMEM (2018) y vista satelital de *Google Earth*.

En la propuesta de diseño del SAE se integraron técnicas de manejo hidrológico y de producción biointensiva para la recuperación agroforestal, la sostenibilidad de cuencas y la soberanía alimentaria. El diseño de manejo hidrológico se centró en la función de retención e infiltración hídrica al encontrarse en la parte baja de la microcuenca, en el diseño de manejo biointensivo se planteó como premisa la recuperación de los servicios ecosistémicos mediante prácticas agroecológicas de restauración los ciclos biogeoquímicos y la formación sucesiva de vegetación. Estos diseños pretenden amortiguar la presión antrópica de la parte media y alta sobre el cerro del Bautisterio, considerado como área de protección por el POEL del municipio de El Marqués del año 2018 e incluyen elementos para revertir los efectos negativos del cambio climático que pueden ser cuantificados por sistemas de evaluación de impacto acumulado planteados por el MESMIS, de manera que en los años sucesivos pueda evaluarse el impacto percibido a corto mediano y largo plazo en el predio y en la relación con otras unidades de escurrimiento.

En lo que refiere a la integridad del paisaje se pudo observar que el suelo, en su mayor parte, es desprovisto de vegetación, con signos de pastoreo, áreas incendiadas y algunas superficies de suelo desnudo con efectos de arrastre de sedimentos por acción hidrometeorológica. Se encuentran pendientes entre 7 % y 42 % de inclinación.

La propuesta de manejo hidrológico del predio (Figura 16), plantea la regulación y conducción de los escurrimientos superficiales hacia el interior del suelo, comenzando en el valle y continuando hacia las laderas utilizando la pendiente natural del terreno para hacer llevar los escurrimientos hasta los extremos de las crestas del valle, esto contribuiría a la conservación de suelo, agua en las zonas de captación y las zonas de irrigación. A través del predio pasa un cauce temporal de segundo orden que desemboca en el río Querétaro entre las calles De la Presa y Ricardo Avendaño. Las obras de conducción hidrológica se pensaron para realizarse de manera sencilla con herramienta manual o el uso de animales. Los tipos de obras son de contención tipo zanja, canales de conducción, ramas y piedra acomodada para formación de humedales y bordos.

Las barreras de contención del tipo zanjas contribuirían a conducir la esorrentía para llevar el agua a través de canales desde el cauce principal hacia las laderas, siguiendo las curvas de nivel cada 10 metros, de manera que la irrigación sea uniforme hasta los puntos en donde normalmente el agua correría superficialmente sin llegar a infiltrarse. El uso de ramas y piedra acomodada

servirán para formar las presas de conducción de la zona de humedal y del bordo de manera que fortalezca la zona riparia y aumente el tiempo de concentración y descarga. Estas obras se harían acompañar por barreras de piedra cada 10 m para contener los sedimentos arrastrados por acción del viento y el agua, además se podrían acompañar con terrazas de formación sucesiva, zanjas trincheras, acomodo de material vegetal muerto, cortinas rompevientos y especies de cobertura en terrazas de muro vivo.

La propuesta de manejo biointensivo partió de las necesidades expresas en las mesas de trabajo y las entrevistas sobre la valoración y estética del paisaje, las prácticas bioculturales y la baja disponibilidad de alimentos locales en la comunidad. Así mismo incluye elementos que permiten la integración de actividades productivas, lúdicas, pedagógicas, contemplativas y de esparcimiento. El potencial comunitario y organizativo se vio reflejado en el diseño SIG para proyectar y presentar de manera gráfica la distribución del espacio a partir de las condiciones actuales del predio.

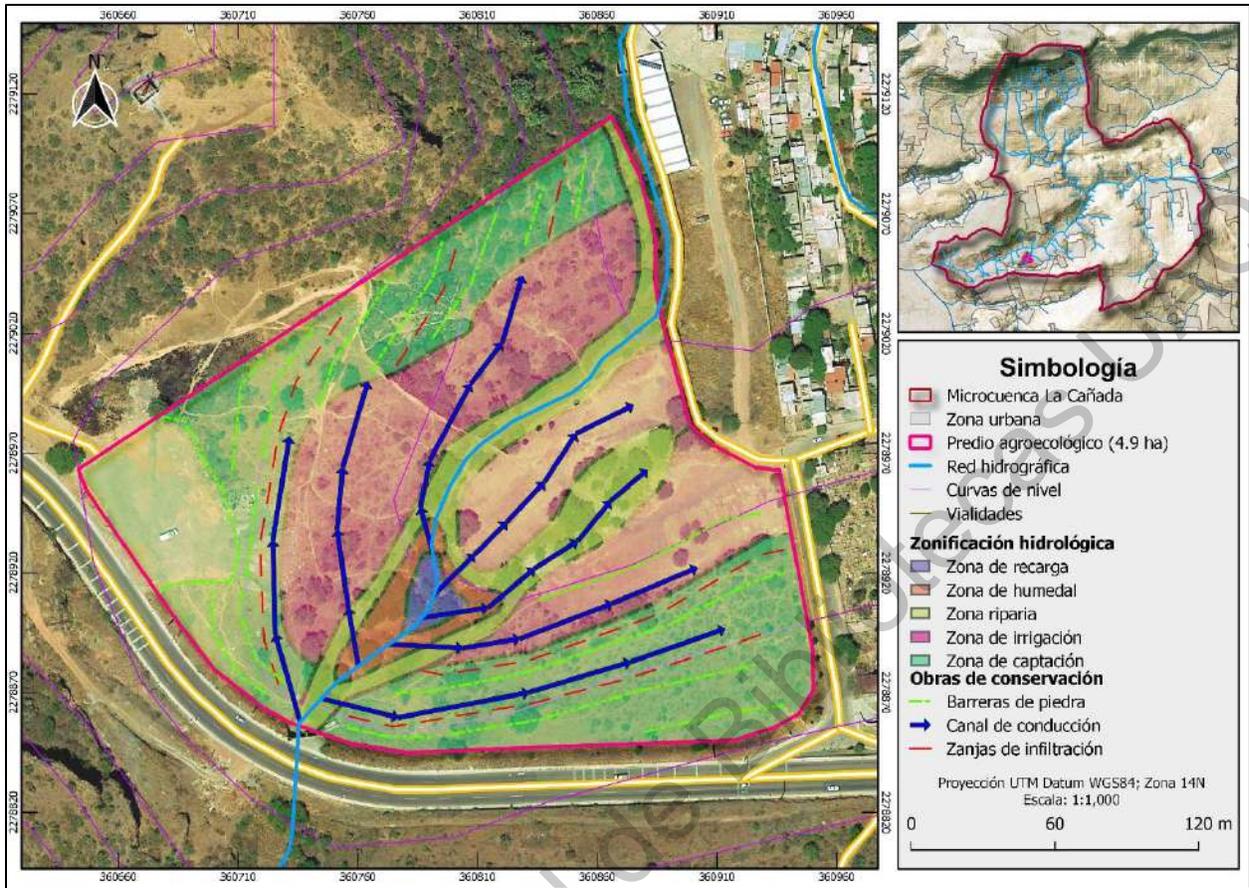


Figura 16. Diseño hidrológico del predio aledaño al cerro del Bautisterio, La Cañada. Elaboración propia con información de Pedroza *et al.* (2020) y la vista satelital de *Google Earth*.

En la Figura 17 se presentó la propuesta de diseño biointensivo para el predio en cuestión, en ella se combinaron técnicas de agroforestería, horticultura ambiental, medicinal y alimenticia. Las necesidades expresadas se plantearon como de recuperación de la biodiversidad, la reducción de la contaminación, la mejora en el manejo de residuos orgánicos, en el reúso de materiales, el reverdecimiento de espacios baldíos, la autosuficiencia alimentaria, la mitigación de inundaciones que se han presentado en la zona y la mejora estética del paisaje.

Las estrategias son del tipo de franjas de vegetación sucesiva, elementos como piedras y tabiques huecos en donde se creen ambientes seminaturales de manera que la diversidad de la presencia de insectos, especies vegetales y microclimas pueda beneficiar la recuperación de la cadena trófica, así mismo se contempla área de agostadero, apícola y forestal.

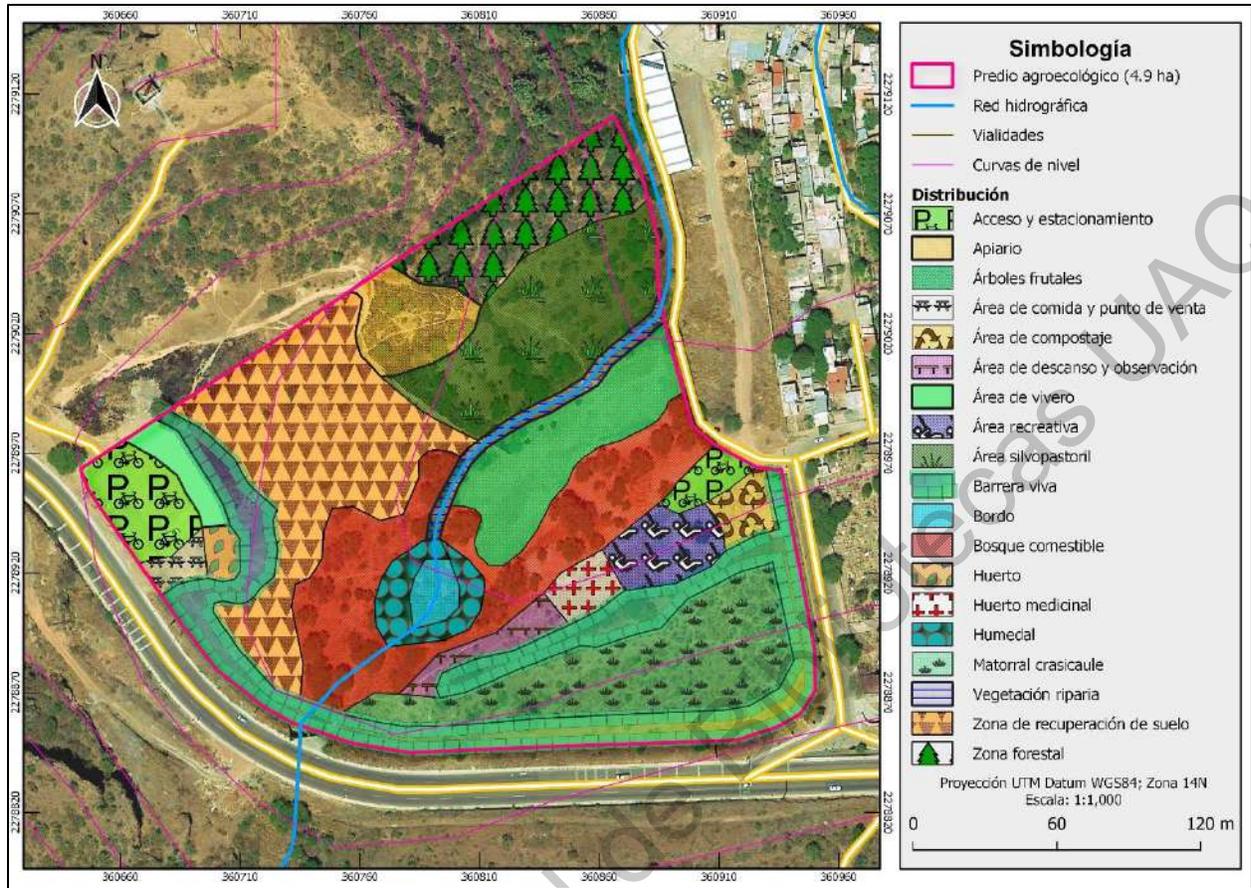


Figura 17. Diseño biointensivo del predio aledaño al cerro del Bautisterio, La Cañada. Elaboración propia con información de Pedroza *et al.* (2020) y vista satelital de *Google Earth*.

Se propone la utilización de barreras vivas constituidas por plantas de porte alto y de crecimiento rápido para favorecer el control biológico de malezas y plagas y, así amortiguar la demanda de alimento de insectos y animales herbívoros, estas barreras se suelen crear para proteger los cultivos menores como las hortalizas.

Los ambientes seminaturales los propician la vegetación natural que cumplen la función de frenar el viento y retener el suelo, así mismo pueden constituir parte de las barreras vivas y servir también para proveer sombra. En el área de bosque comestible se propone la plantación de especies de selva baja caducifolia, teniendo algunas de ellas usos alimenticios, medicinales y artesanales que complementan la vegetación ya existente, en él se podrán llevar a cabo actividades con un añadido productivo como el compostaje, la lombricultura, la crianza de animales y la propagación de especies endémicas.

El área de árboles frutales cumple las veces de resguardo de germoplasma de variedades de frutales bien adaptados a este territorio y que se encuentran en las diferentes huertas de La Cañada y Hércules, este espacio podría contribuir de mejor forma si se asocia con franjas de plantas alelopáticas (plantas repelentes, plantas trampa, plantas antagónicas y plantas comensalistas) que permitirían en control biológico de plantas, insectos y microorganismos, lo cual haría innecesario y altamente perjudicial el uso de agroquímicos para el microecosistema.

Las coberturas vegetales que se emplearían en las zonas transición y de recuperación de suelo principalmente durante otoño-invierno, pueden ser vivas o muertas y deberán ir en asociación con otras plantas de porte mediano y bajo, ya sean perennes o temporales, su función es disminuir la temperatura del suelo, sirven de protección de la radiación para la microflora y la microfauna, así como fuente de alimentación para parásitos y polinizadores.

En diferentes puntos se recomienda instalar dispositivos con materiales *in situ* que hagan las veces de refugio de insectos, pequeños mamíferos y reptiles, esto con la finalidad de proveer de hábitat en un ambiente seminatural a una mayor variedad de especies que favorezcan la cadena trófica y la polinización de los cultivos. De esta manera, se podrá contribuir a la investigación entomológica de la zona.

El abono verde se podrá utilizar en el área silvopastoril, en el área apícola y en el área forestal para propiciar la fertilidad del suelo, se pueden utilizar plantas herbáceas, de crecimiento rápido y de gran follaje de la familia de las leguminosas, las gramíneas y brasicáceas. Se podrán utilizar las especies que naturalmente crecen en estas áreas, procurando enmendar el suelo con materia orgánica humificada para fomentar su distribución.

Tanto el área de humedal como de vegetación riparia se recomienda propiciar las plantas de ambientes semiacuáticos que contribuirían a limpiar el agua que se acumularía cada temporada, además que ayudaría a mantener una humedad relativamente alta durante un periodo de tiempo mayor al de la temporada de lluvias.

La irrigación de las zonas de cultivo se propuso mediante gravedad a partir del bordo utilizando el riego por goteo y el bombeo por ariete. De esta manera habría la suficiente irrigación para producir hortalizas en parte de la temporada de estiaje.

El área de compostaje se propone como estrategia para la conversión de la materia orgánica mediante organismos descomponedores a fuentes básicas de fertilización mediante la producción de materia humificada y rica en nitrógeno, fósforo y potasio. A este proceso se le conoce como la

producción de enmiendas orgánicas que aporta microorganismos benéficos al suelo y ayuda a recuperar suelos compactados y acidificados. Este espacio prestaría un servicio comunitario al poderse procesar residuos orgánicos domésticos, de granjas aledañas, además de los residuos producidos por los huertos del predio y la poda de árboles.

Con base en, aproximadamente 20 técnicas propuestas, se pretende que el diseño hidrológico y biointensivo funcionarían en conjunto para proporcionar la estabilidad funcional del sistema agroecológico que coincide con el de un modelo agroforestal proveyendo de vegetación estratificada en herbáceas, arbustos y arbóreas en dónde se plantea la formación de arreglos de vegetación adaptados a las condiciones presentes del predio. Mediante la aplicación de estas metodologías y técnicas se pretende que sirvan para evaluar mediante los indicadores del MESMIS de manera integral: las mejoras o mantenimiento de la productividad, el aumento de los servicios ecosistémicos, la protección y prevención de la degradación del suelo, agua y biodiversidad, que tengan viabilidad económica y que sean culturalmente aceptados y socialmente compatibles.

3.6 Discusión

Es indispensable considerar los límites de los sistemas existentes, los componentes que lo integran en sus relaciones internas y externas, de manera que se planteen las herramientas que mejor se adapten al entorno. Como en Sarandón & Flores (2014), la participación en el diseño de un sistema agroecológico es esencial para tomar en cuenta las diferentes escalas en las que se vive el territorio y así poder definir los sistemas agroecológicos en función de lo que se espera obtener.

Los resultados obtenidos y relacionados con otros trabajos similares fueron de gran soporte, pues reflejan las condiciones bioculturales implícitas en el manejo de la biodiversidad, de acuerdo a los usos y costumbres de las comunidades en sus aspectos culturales, como celebraciones espirituales y festividades, y también en el uso alimenticio y medicinal (Barchuk, 2020).

Ejemplos de estos métodos se pueden encontrar en cuencas aledañas en donde han sido probados bajo diversas escalas y contextos, tal es el caso de la microcuenca La Joya ubicada en los límites entre Querétaro y Guanajuato, como resultado de diversos trabajos realizados por la Universidad Autónoma de Querétaro a través del Centro Regional de Capacitación en Cuencas. En la microcuenca La Joya, se han realizado evaluaciones de efectos acumulativos a partir de las obras implementadas para el manejo sustentable de conservación y sostenibilidad de microcuencas

(Pérez-Hernández, 2017), con resultados positivos en cuanto al aumento de la cobertura vegetal y una reducción del área de suelo degradada, lo cual muestra una correlación entre las obras de conservación y la participación social en el manejo de conservación.

Como en las propuestas extraídas de manuales de CONAFOR (2018 y 2020), Barchuk (2020), y Sarandón y Flores (2014) que refieren para el diseño de sistemas agroecológicos se pudo constatar que es posible integrar los conceptos de la nueva GIC con la agroecología, pues ambos conceptos emergen del mismo planteamiento ecológico científico en donde se incluyen la productividad, la estabilidad, la resiliencia, la confiabilidad y la adaptabilidad para la recuperación de los socioecosistemas, utilizando técnicas no invasivas sino participativas y autogestivas.

Como en Gómez, Mata y Gonzales (2017), cuestionan la agroecología como una nueva herramienta del extensionismo rural, al igual que la GIC, pues comentan que, en efecto, se trata de un nuevo extensionismo pero del tipo participativo, pues bien, los elementos técnicos y científicos seguirán formando parte de una estructura institucionalizada, del conocimiento científico-práctico, sin embargo, el conocimiento no formal que surge de la participación social contribuye enormemente a plantear las directrices y los fundamentos culturales y sociales de lo que habrá de tener el mejor impacto en los MVS de la población. De modo que, desde la investigación acción participativa es posible construir un diseño de transición agroecológica apegado a la percepción y las necesidades de la población, lo cual amplía las expectativas de aceptación y la sinergia política y económica para que los proyectos se mantengan en el tiempo.

Conclusiones

La caracterización del paisaje en torno a las UA y la caracterización de los MVS fue indispensable para conocer las actividades bioproductivas de las familias que participaron en el estudio, en relación a la AUP. Se pudo reflejar el potencial de participación social, así como el posible efecto en la sostenibilidad ambiental y la mejora de los MVS de la población.

En lo referente a la interrelación que suponen los obstáculos para la seguridad hídrica y alimentaria en la microcuenca, se percibió que en el discurso institucional hay elementos que sugieren la posibilidad de articular la iniciativa de manejo sostenible entre pequeños propietarios, dependencias locales, profesionales y técnicos. De igual forma, los representantes de organizaciones locales consideraron importante agotar todas las estrategias participativas para

lograr consenso entre la población y poder asegurar las siguientes etapas de manejo agroecológico de la microcuenca, en la implementación y la organización de base social para el funcionamiento de un SAE comunitario. En este sentido, la participación no sólo ha de venir de los productores y consumidores a nivel local, sino también por parte de los actores políticos, privados y académicos.

El predio presentado para el SAE tiene una particularidad importante, además de estar considerada como área protegida, el cerro del Bautisterio tiene un gran valor identitario para la comunidad de La Cañada, por lo que lo vuelve un espacio singular ya que de contribuir a la conservación del área natural tendría efectos positivos en el bienestar de la población. En la MLC se han documentado temas de predisposición a enfermedades, inseguridad y consumo problemático de sustancias (Vázquez, Carranza, Salazar, y Pozas, 2019), que corresponden a los datos obtenidos por los participantes, el estudio reflejó en diferentes puntos los conflictos por el uso de suelo, los problemas de contaminación ambiental y la segregación social que van asociados a situaciones de riesgo y vulnerabilidad por inundaciones, deslaves, contaminación hídrica y escases de agua potable.

La metodología presentada contribuyó a valorar la calidad visual del paisaje y contextualizar el espacio urbano-rural de las actividades agroalimentarias en la MLC, así como a identificar procesos de degradación ambiental manifestados en la desarticulación del continuo de urbano-periurbano.

Se considera que esta metodología puede serle útil a los tomadores de decisiones para plantear un manejo agroecológico que contribuya a consolidar la soberanía alimentaria, reducir la percepción de inseguridad, la mejora estética del paisaje, lo cual constituye un baluarte importante para la recuperación del patrimonio histórico de esta localidad. Cabe mencionar que la consulta catastral sobre este predio no fue considerada para el planteamiento de este plan de manejo debido a que se trata de un manejo presentado a nivel demostrativo y complementario, sin embargo, en el diseño de un anteproyecto se habrá de incluir la participación de los propietarios particulares de la tierra o de la propiedad municipal ya que en el área periurbana no existe la propiedad comunal. En un futuro diseño de un plan de manejo de este tipo se habrá de generar consenso comunitario y evaluar el nivel de participación con indicadores cuantitativos. Es importante también, considerar en un futuro estudio técnico la inclusión de variables que se puedan utilizar para monitorear el impacto ambiental y social en diferentes escalas.

Discusión general

El AEM que incluyó el balance hidrológico, el análisis morfométrico, las respectivas zonificaciones contribuyeron de base en análisis espacial del territorio. Permitió conocer datos concretos sobre las condiciones fisiológicas, biofísicas y socioeconómicas, así como el cruce de variables para obtener las unidades homogéneas que permitieran caracterizar, en base a los criterios socioecosistémicos, cada unidad agroecológica. A su vez, este análisis de información cartográfica permitió delimitar las zonas de investigación participativa de manera efectiva y precisa pudiendo optimizar las condiciones temporales de la investigación y los recursos que posibilitaron el diagnóstico. Es entonces, que el cruce de información cartográfica y la información generada en el trabajo de campo, mediante entrevistas, talleres y mesas de trabajo, así como recorridos de campo, aportaron la base socioecosistémica que aporta los elementos sustanciales para determinar los sitios más susceptibles de una supuesta priorización en la transición agroecológica.

La definición del modelo agroecológico para los sitios prioritarios fue posible gracias a la participación de actores locales que representaron la AUP en las unidades agroecológicas mejor evaluadas para la participación social del área periurbana de la microcuenca La Cañada. Con esta metodología se diseñó el modelo agroecológico para uno de los predios de interés, por lo que es posible considerar que esta integración de herramientas mixtas posibilitó el suficiente acercamiento a la microcuenca para contestar el objetivo principal de la investigación como propuesta para contribuir a la sostenibilidad ambiental de la microcuenca La Cañada, Querétaro a través de un modelo de transición agroecológico.

Paralelamente se podría complementar este estudio con conceptos y métodos de la GIC resumidas en Qi *et al.* (2013) y Wang *et al.* (2016), comenzando por el análisis de la dinámica de cambio de uso de suelo, mediciones puntuales de erosión y pérdida de capacidad e infiltración de los sitios prioritarios. Sería de considerarse el evaluar los indicadores de mejora de la calidad del agua, así como la interacción entre las diferentes comunidades de seres vivos con el agua en la microcuenca y en los predios seleccionados. De igual manera será importante elaborar una narrativa social del uso de la tierra que aporte elementos para conocer la dinámica del cambio de uso de suelo que pone en entredicho la política de conservación y recuperación de los SE para el Plan de Ordenamiento Ecológico Local. Por lo cual es importante profundizar en el uso del agua

y la tierra en la microcuenca de manera que se puedan validar futuros diseños y proyectar acciones de transición agroecológica de manera legítima, consensuada y fundamentada en criterios de conservación y recuperación ecológica y también de integración de los conocimientos bioculturales tradicionales en el cuidado y la defensa de la soberanía alimentaria de la comunidad.

Se podría plantear que este enfoque agroecosistémico de manejo de cuenca derivó positivamente en resultados que coinciden con el Manejo Adaptativo, la mitigación del Cambio Climático, la integración del desarrollo social, económico y ambiental, la valoración del Conocimiento Tradicional y el Manejo Integrado de Cuenca.

Para complementar los resultados obtenidos y ampliar el alcance del estudio es importante incorporar un análisis completo de la unidad de escurrimiento en cuestión (Figura 18) para el diseño completo de los sistemas de manejo sostenible del ecosistema. De esta manera se podrá complementar la propuesta del diseño agroecológico para solidificar los aspectos que han de ser trabajados al llevar a cabo una transición agroecológica de la unidad y que ésta pueda servir de ejemplo conceptual, práctico y experimental para llevar a cabo manejos adaptados a otras unidades de escurrimiento tanto de esta microcuenca como de otras en la ZMQ y en otras ciudades medias del territorio mexicano. Para la elaboración de un plan de acción que implemente alguna estrategia de manejo agroecosistémico, se recomienda consolidar un grupo de actores de la AUP que evalúen y ejecuten las gestiones correspondientes para llevar a cabo el modelo sobre un predio autorizado por los propietarios y las partes interesadas que se integre a la red de la AUP en la microcuenca La Cañada.

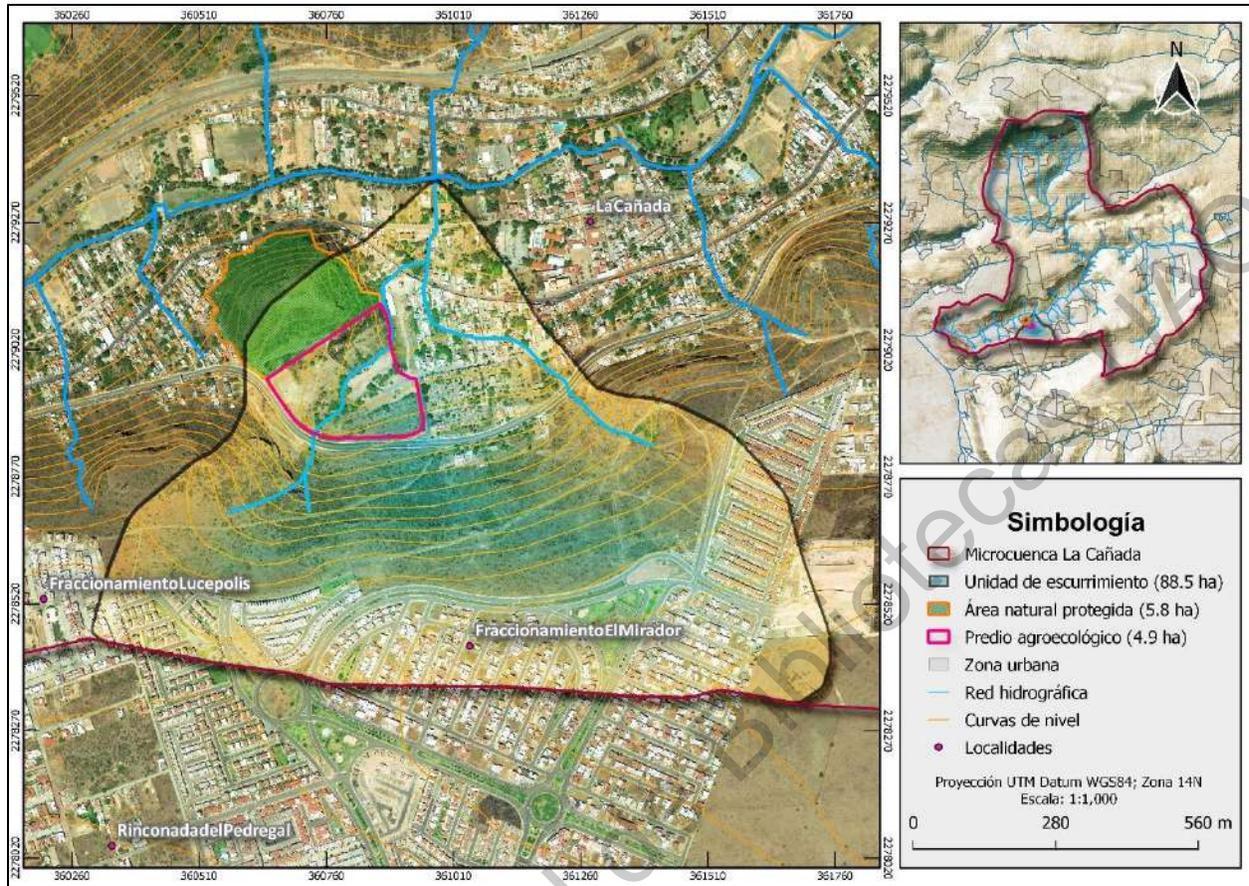


Figura 18. Unidad de escurrimiento, La Cañada. Elaboración propia con información de Pedroza et al. (2020), imagen satelital de Google Earth.

Conclusiones

El manejo adaptativo se reconoce en este trabajo por ser un enfoque viable para articular una visión amplia y profunda del territorio y así favorecer las acciones que atiendan los problemas relacionados con la pérdida de los SE y la calidad de los MVS. Con base en esta experiencia se observó que la AUP al consolidarse en espacios participativos pueden propiciar la transferencia y generación de conocimiento local que contribuya a fundamentar ejercicios de seguridad y soberanía alimentaria. La participación es una estrategia para reivindicar los saberes bioculturales y la importancia de la organización local en la gestión del territorio y de los MVS. Este estudio contribuyó desde un compromiso ético, científico y humano por consolidar la resiliencia de las comunidades del México contemporáneo en las cuencas de ciudades medias. En este sentido, la

generación e intercambio de conocimiento biocultural constituye un punto de sinergia en el diseño participativo y la ejecución de procesos de Ordenamiento Territorial.

Recientemente, se han impulsado políticas públicas que reconocen el papel de los agroecosistemas urbanos en el manejo sostenible de las cuencas en áreas no necesariamente rurales o agrícolas, en este sentido, se está develando un área de oportunidad para impulsar el marco político que consolide la transición a modelos sostenibles de producción alimentaria desde y para los núcleos urbanos de las ciudades medias pudiendo incluso abastecer mercados regionales e internacionales. Al respecto, es necesario reconocer la importancia de la organización barrial y comunitaria para la utilización ética del acervo biocultural en beneficio de las propias comunidades que lo sustentan y de la sociedad que recibe los productos de la utilización de estos espacios disponibles, así como percibir de apoyos productivos para la consolidación de proyectos de la propia comunidad siempre que se observen los protocolos de protección de la biodiversidad y los recursos genéticos que México ha ratificado en el Convenio sobre la Diversidad Biológica a través del protocolo de Nagoya (2018) y el protocolo de Cartagena (2003).

En este sentido, los efectos positivos en la percepción de la seguridad y la salud pública que se dan en espacios recuperados para la producción alimentaria de la comunidad ya están siendo evaluados mediante los indicadores MESMIS, como lo plantean las experiencias científicas en diferentes lugares de América Latina y el Caribe, es entonces, el enfoque agroecosistémico un planteamiento novedoso en la redefinición del ordenamiento territorial de las ciudades que transitan hacia políticas de inclusión que le reconozcan a los productores y trabajadores agroalimentarios urbanos como sujetos de primer orden en términos de protección socioterritorial y ambiental, como se plantea en Páez-Barahona (2020) y Salazar-Galán *et al.* (2022), se ha demostrado que los agroecosistemas contribuyen a mitigar el cambio climático y la emisión de carbono, pero también a construir alternativas de resiliencia frente a eventos de riesgo sanitario de magnitudes globales como lo ha sido el COVID-19.

Existe una creciente certidumbre de que el enfoque agroecosistémico contribuye al manejo sustentable de cuencas en áreas metropolitanas, en términos de mejoras en los MVS de la comunidad y los SE de las microcuencas y unidades de escurrimientos. El impacto positivo en la regulación del clima, la mitigación de inundaciones, la mejora del hábitat, el incremento de la biodiversidad y la recuperación de espacios para la productividad alimentaria son indicadores que

llevan ya más de una década de estudio por lo que se cuenta con resultados y metodologías para implementar proyectos de recuperación socioambiental de los espacios urbanos.

Este trabajo demostró ser viable para comunicar la complejidad del territorio hidrográfico, en la localidad de La Cañada y Hércules, existe un importante bagaje oral que es testimonio de leyendas, mitos e historias y que identifican procesos y personajes de la microhistoria y la micropolítica del territorio. Por lo que son elementos potenciales para procesos organizativos en este tipo de manejos que bien podrían armonizar con los programas de desarrollo de manera interinstitucional y transdisciplinaria, de tal manera que se puedan facilitar mecanismos de financiamiento de las iniciativas locales para el desarrollo del sector primario. En este sentido el cronista local de La Cañada aseveró:

“[...] Se habla de un lugar en el pueblo de La Cañada que se llama La Huerta Grande, en ese lugar llegaron a cultivar bastantes extensiones de caña de azúcar, ahora es algo inaudito, nadie se imagina que en aquel tiempo la gente de La Cañada se dedicaba al cultivo de la caña de azúcar”.

Al argumento anterior cabría agregar que el aprovechamiento de la disponibilidad hídrica en favor del progreso industrial en la microcuenca desde los albores de la revolución industrial ha favorecido el establecimiento de un mercado del agua poco transparente y bien marcado por un desinterés por parte de las autoridades y habitantes. Además, es evidente que el mercado local para el abasto de alimentos y materias primas y prácticamente inexistente. Considerando el grueso poblacional de la cuenca baja de la MLC, es importante consolidar una estrategia de desarrollo local que impulse la producción familiar que mantienen como parte de sus medios de vida.

Las actividades en torno a la AUP en la microcuenca, tienen un componente comunitario importante que parte de las relaciones familiares y vecinales, dando lugar al intercambio de conocimientos, saberes y bienes de consumo. En estos agroecosistemas se mantiene una dinámica de interrelación comunitaria y biocultural basada en el cuidado de la salud mediante una alimentación consciente y el uso de remedios herbolarios para el tratamiento alternativo de enfermedades, además suelen ocuparse para la convivencia y recreación en los días de descanso.

Referencias bibliográficas

- Acuña, R. (1987). *Relación de Querétaro, Relaciones geográficas del siglo XVI*. Michoacán: Universidad Autónoma de México.
- Adhikari, K., & Hartemink, A. E. (2016). Linking soils to ecosystem services, A global review. *Geoderma*, 262, 101-111. doi:<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.08.009>
- Allen, T. F., & Star, T. B. (1982). *Hierarchy: Perspectives for ecological complexity*. Chicago: University of Chicago Press.
- Altieri, M. (1989). Agroecology: A new research and development paradigm for world agriculture. *Agriculture Ecosystem Environment*, 27, 37-46.
- Altieri, M. (1993). Ethnoscience and biodiversity: key elements in the design and of sustainable pest management systems for small farmers in developing countries. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 46, 257-272.
- Altieri, M. (1999). *Agroecología, Bases científicas para una agricultura sustentable*. Montevideo: Nordan Comunidad.
- Altieri, M., & Toledo, V. (2010). La revolución agroecológica de América Latina: Rescatar la naturaleza, asegurar la soberanía alimentaria y empoderar al campesino. (ILSA, Ed.) *El Otro Derecho*. Obtenido de "<http://biblioteca.clacso.org.ar/Colombia/ilsa/20130711054327/5.pdf>"
- Argenti, O. (2002). *Alimentar a las ciudades: provisión y distribución de alimentos*. En: *Una visión de la alimentación, la agricultura y el medio ambiente en el año 2020*. Washington: IFPRI.
- Astier, C. M., Argueta, Q., Orozco-Ramírez, Q., González, S. M., Morales, H. J., Gerritsen, P. R., . . . Ambrosio, M. (2015). Historia de la agroecología en México. *Agroecología*, 10(2), 9-17.
- Avendaño, R. (2010). La tradición oral. En UAQ-INAH, *La ruta del agua. Historia, cultura y naturaleza. La Cañada Querétaro* (págs. 103-110). Querétaro: Worldcolor.

- Bakker, K. (24 de 08 de 2012). Water security: research challenges and opportunities. *Science*, 337, 914-915. doi:10.1126/science.1226337
- Barchuk, A. H., Guzmán, M. L., Locati, L., & Suez, L. S. (2020). *Manual de buenas prácticas para diseños agroecológicos*. Córdoba: Editorial Brujas.
- Berkes, F. (2007). Understanding uncertainty and reducing vulnerability: lessons from resilience thinking. *Natural Hazards*, 41, 283-295. doi:10.1007/s11069-006-9036-7
- Berkes, F., Colding, J., & Folke, C. (2000). Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. *Ecological Applications*, 10(5), 1251-1262. doi:10.2307/2641280
- Blomquist, W., Dinar, A., & Kemper, K. (2005). *Comparison of institutional arrangements for river basin management in eight basins*. Washington, D.C.: World Bank Group.
Recuperado el 08 de 09 de 2020, de
<https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/104441468005704969/comparison-of-institutional-arrangements-for-river-basin-management-in-eight-basins>
- Boada, M., & Toledo, V. (2003). *El planeta nuestro cuerpo. La ecología, el ambientalismo y la crisis de la modernidad*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Bonnal, J. (2005). The sociological approach to watershed management from participation to decentralization. En B. Swallow, N. Okono, M. Achouri, & L. Tennyson (Ed.), *Preparing for the next generation of watershed management programmes and projects*. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Servicio de Conservación Forestal.
- Brundtland, G. H. (1987). *Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, "Nuestro Futuro Común"*. Oslo: Organización de las Naciones Unidas.
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2001). *Ley de Desarrollo Rural Sustentable*. Ciudad de México: Diario Oficial de la Federación.
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2018). *Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable*. Ciudad de México: Diario Oficial de la Federación.

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2018). *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. Ciudad de México: Diario Oficial de la Federación.

Camino-Dorta, J., Gimeno-Ortiz, M., & Ramón-Ojeda, A. (2014). Las unidades ambientales homogéneas como herramienta para la ordenación territorial y la caracterización de litorales áridos. *Vegueta. Anuario de la Facultad de Geografía e Historia*, 14, 199-228. Recuperado el 15 de 01 de 2121, de https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/12821/1/0234500_00014_0009.pdf

Carrillo, M., Salinas, R., González, M., Real, G., Belmont, E., Solorio, E., & Uribe, C. (2017). *Industria, reconfiguración del territorio y nuevos actores laborales en el municipio de El Marqués, Querétaro, México*. Ciudad de México, México: Colofón, Universidad Autónoma de Querétaro. Recuperado el 15 de 02 de 2021

Casillas-Báez, M., & Peña de Paz, F. (2020). La etnografía en los conflictos ambientales y las fronteras de la Antropología. *Revista De El Colegio De San Luis*, 10(21), 1-31. doi:<https://doi.org/10.21696/rcsl102120201183>

Castañeda, C., Cervantes, B., Crespo, A. M., & Flores, L. M. (octubre-diciembre de 1989). Poblamiento prehispánico en el centro-norte de la frontera mesoamericana. *Boletín oficial del INAH*(28).

Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2016). *Guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos*. Diario Oficial de la Federación.

Cotler, H. (2007). *El manejo integral de cuencas en México*. Ciudad de México, México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado el 05 de 2020, de <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2008/06/El-Manejo-Integral-de-Cuencas-en-Mexico-segunda-edición.pdf>

Cotter, J. (2003). *Troubled Harvest: Agronomy and revolution in Mexico, 1880-2002*. Connecticut: Westport: PRAEGER.

- Crespo, A. M., Viramontes, C., & Herrera, A. (1992). *Arqueología e historia antigua de Querétaro*. Querétaro: Gobierno del estado de Querétaro / INAH - Centro Regional Querétaro.
- Dourojeanni, A. (2006). *Conceptos y definiciones sobre gestión integrada de cuencas*. Santiago de Chile: CONAMA.
- Earth Charter Associates, Ltd. (2000). *Earth Charter Initiative*. San José, Costa Rica: Secretaría Internacional de la Carta de la Tierra. Obtenido de <https://earthcharter.org/invent/images/uploads/Text%20in%20Spanish.pdf>
- Flotemersch, J., Leibowitz, S., Stoddard, J., Thoms, M., & Tharme, R. (2016). A Watershed Integrity Definition and Assessment Approach to Support Strategic Management of Watersheds. *River Research and Applications*, 32(7), 1654-1671. Recuperado el 03 de 2020, de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/rra.2978>
- Gaceta Oficial del Ayuntamiento del Municipio de Querétaro. (2014). *Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Querétaro*. Querétaro: Secretaría del Ayuntamiento.
- Gallardo-López, F., Hernández-Chontal, M. A., Linares-Gabriel, A., & Cisneros-Saguilán, P. (2019). Scientific contributions of agroecology in Latin America and the Caribbean: a review. *FCA UNCUYO*, 51(1), 215-229. Recuperado el 12 de 02 de 2021, de <http://revistas.uncuyo.edu.ar/ojs3/index.php/RFCFA/article/view/2447/1763>
- García-Flores, J. C. (2016). *Análisis agroecológico de huertos familiares al sur del estado de México. Estrategia de conservación de recursos naturales y de seguridad alimentaria*. Toluca, México: Universidad Autónoma de México. Recuperado el 23 de 10 de 2020, de <http://148.215.1.182/bitstream/handle/20.500.11799/65897/TESIS%20MCA%20JOSE%20CARMEN%202016-split-merge.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Gaspari, F. J., Rodríguez, V. A., Senisterra, G. E., Delgado, M. I., & Besteiro, S. I. (2013). *Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas*. La Plata, Argentina: Universidad Nacional de la Plata.

- Gaspari, F. J., Senisterra, G. E., Delgado, M. I., Rodríguez, V. A., & Besteiro, S. I. (2010). *Manual de manejo integral de cuencas hidrográficas*. La Plata, Argentina: Universidad Nacional de La Plata.
- Geilfus, F. (2009). *80 herramientas para el desarrollo participativo. Diagnóstico, planificación, monitoreo y evaluación*. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Recuperado el 13 de 07 de 2020
- Gerencia de Restauración Forestal. (2018). *Protección, restauración y conservación de suelos forestales. Manual de obras y prácticas*. Zapopan, México: Comisión Nacional Forestal. Recuperado el 21 de 08 de 2020, de <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/20/1310Manual%20de%20Conservacion%20de%20Suelos%20.pdf>
- Gliessman, S. (2016). Transforming food systems with agroecology. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 40(3), 187-189.
doi:<http://dx.doi.org/10.1080/21683565.2015.1130765>
- Gliessman, S. R. (2002). *Agroecología: Procesos ecológicos en agricultura sostenible*. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza.
- Gliessman, S. R. (2007). *Agroecology: the ecology of sustainable food systems*. New York: CRC Press, Taylor & Francis.
- Gobierno Municipal de El Marqués & SEDESOL. (2011). *Atlas de peligros naturales y riesgos del municipio de El Marqués, Querétaro*. Querétaro, México: Gobierno Municipal de El Marqués.
- Gobierno Municipal de El Marqués. (2016). *Catálogo fotográfico de biodiversidad del municipio de El Marqués*. Querétaro, México: GMEM. Obtenido de http://www.elmarques.gob.mx/inf_consulta/desa_urbano/2015-2018/CATALOGO_ECOLOGIA.pdf
- Gobierno Municipal de El Marqués. (2017). *Programa de Ordenamiento Ecológico Local de el Municipio de El Marqués, Qro*. Querétaro: Gobierno municipal.

- Gómez, E., Mata, B., & González, M. (2017). ¿Es la agroecología un extensionismo participativo? El caso de las escuelas campesinas en México. *Revista Kavilando*, 9(1), 170-183. Recuperado el 24 de 10 de 2020, de <http://www.kavilando.org/revista/index.php/kavilando/article/view/204>
- González, I. (2020). *Colapso del capitalismo global y transiciones hacia sociedades ecomunitarias. Mirando más allá del empleo*. Bilbao, España: Inguru Gaiak. Recuperado el 15 de 12 de 2020
- Gregersen, H. M., Ffolliott, P. F., & Brooks, K. N. (2007). *Integrated watershed management: Connecting people to their land and water*. Cambridge, Reino Unido: CABI. doi:10.1079/9781845932817.0000
- Gutiérrez, D., Soria, H., López, C., & Pineda, R. (2007). *Guía de mamíferos del estado de Querétaro*. México: UAQ, SEDESU, DRT.
- Henao, S. J. (2006). *Introducción al manejo de cuencas hidrográficas*. Bogota, Colombia: Universidad Santo Tomás.
- Herrera-Cruz, R. L., & Mauricio-Carmona, A. J. (2020). Transformaciones de los medios de vida sostenible en el periurbano del corredor industrial de Guanajuato. En *Factores críticos y estratégicos en la interacción territorial. Desafíos actuales y escenarios futuros* (págs. 709-726). Ciudad de México: UNAM/Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C. Recuperado el 23 de 03 de 2021, de <http://ru.iiec.unam.mx/id/eprint/5249>
- Hull, R. B., Richert, D., Seekamp, E., Robertson, D., & Buhyoff, G. J. (2003). Understanding of environmental quality: ambiguities and values held by environmental professionals. *Environmental Management*, 31, 1-13.
- Ibarra de Albino, L. E. (2019). Construir comunidad desde la acción ritual. El Gallo como un articulador de barrios en La Cañada, El Marqués, Querétaro. *Mirada Antropológica*, 14(4), 6-16. Recuperado el 23 de 02 de 2021, de <http://rd.buap.mx/ojs-dm/index.php/mirant/issue/view/23/9>

- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (2007). *Conjunto de Datos Vectorial Edafológico Carta F14-10. Escala 1:250 000 Serie II*. Recuperado el 02 de 2020, de <https://inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825661533>
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (2015). *Carta Topográfica Digital F14C65. Escala 1:50 000 serie III*. Recuperado el 02 de 2020, de <https://inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825270896>
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (2016). *Carta Topográfica Digital F14C66a. Escala 1:20 000*. Recuperado el 02 de 2020, de <https://inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463144861>
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (2016). *Carta Topográfica Digital F14C66d. Escala 1:20 000*. Recuperado el 02 de 2020, de <https://inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463144878>
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (2017). *Conjunto de datos vectoriales de la carta de uso del suelo y vegetación. Escala 1:250 000. Serie VI. Conjunto Nacional*. Recuperado el 02 de 2020, de <https://inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463598459>
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (2019). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas*. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/app/descarga/?ti=6>
- Jiménez-Ramos, D. (2019). *Geo-grafías comunitarias. Mapeo Comunitario y Cartografías Sociales; procesos creativos, pedagógicos, de intervención y acompañamiento comunitario para la gestión social de los territorios*. Sierra del Tentzon, Puebla, México: Camidabit-Los Paseantes. Recuperado el 25 de 03 de 2021
- Katzir, R. (1998). *Agricultura periurbana y agroecología*. Israel: Ministerio de asuntos exteriores.
- Kumar, G., Sena, D. R., Kurothe, R. S., Pande, V. C., Rao, B. K., Vishwarama, A. K., . . . Mishra, P. K. (2014). Watershed impact evaluation using remote sensing. *Current Science*, 106(10), 1369-1379.

- Landa-Fonseca, C. (2004). *Agua y conflictos sociales en Querétaro 1838-1876, Cayetano Rubio y sus fábricas textiles*. Querétaro: Universidad Autónoma de Querétaro.
- López-Albirde, J. (2010). *La ruta del Agua. Historia, cultura y naturaleza en La Cañada de Querétaro*. Querétaro, México: World Color .
- Martín-Crespo, C., & Salamanca, A. (2007). El muestreo en la investigación cualitativa. *Nure Investigación*(27). Recuperado el 11 de 08 de 2020, de <https://www.nureinvestigacion.es/OJS/index.php/nure/article/view/340/330>
- Meadows, D., Meadows, D., & Jorgen, R. (2004). *Limits to growth: The 30 year Update*. Barcelona: Chelsea Green Publishing.
- Mena-Conrado, S. B. (2020). *Huertos urbanos en el Llano Chico: Agricultura Urbana para barrios sostenibles, saludables e integrados*. Quito, Ecuador: Facultad para la Ciudad el Paisaje y la Arquitectura.
- Méndez-Lemus, Y., & Vieyra-Medrano, A. (2011). Expansión periférica y medios de vida agropecuarios: Una perspectiva de análisis del rol del capital social en la adaptación de los sistemas agropecuarios a la periurbanización. En D. G. Dirección de Desarrollo Académico, *Periferia Urbana y Hogares Campesinos: El rol del capital social en la adaptación de los sistemas agropecuarios al proceso de periurbanización de la ciudad de Morelia*. México: Centro de Investigación en Geografía Ambiental, UNAM. Recuperado el 24 de 03 de 2021, de <http://datosabiertos.unam.mx/DGAPA:PAPIIT:TC300111>
- Menegus, M. (1994). Del señorío indígena a la República de Indios. El caso de Toluca. *Consejo Nacional para la Cultura y las Artes*, 1500-1600.
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and human well-being: Synthesis*. Washington, DC: Island Press.
- Mondot, J. F. (2019). Apôtre du Néolithique. *L'histoire*, 6(460), 34-36. Obtenido de <https://www.cairn.info/magazine-l-histoire-2019-6-page-34.html?contenu=article>
- Naciones Unidas. (1992). Programa 21. *Cumbre de la Tierra*. Rio de Janeiro, Brasil: Naciones Unidas. Recuperado el 10 de 09 de 2020, de <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/agenda21sptoc.htm>

- Neary, D. G. (2000). Changing the perceptions of watershed management from retrospective view point. *U.S. Department of Agriculture*, 167-176. Recuperado el 08 de 09 de 2020, de <https://www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/41997>
- Nicholls, C. I., Altieri, M. A., & Vázquez, L. L. (2017). Agroecología: Principios para la conversión y el rediseño de sistemas agrícolas. *Agroecología*, 10(01), 61-72. Recuperado el 23 de 01 de 2021, de <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/300741/216161>
- Noguera-Talavera, A., Salmerón, F., & Reyes-Sánchez, N. (2019). Bases teórico-metodológicas para el diseño de sistemas agroecológicos. *Revista De La Facultad De Ciencias Agrarias UNCuyo*, 51(1), 273-293. Recuperado el 2020 de 09 de 09, de <http://revistas.uncuyo.edu.ar/ojs3/index.php/RFCA/article/view/2451>
- Organización de las Naciones Unidas. (1972). *Informe de la conferencia de las naciones unidas sobre el medio humano*. Nueva York: Naciones Unidas.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura . (2007). *La Nueva Generación de Programas y Proyectos de Gestión de Cuencas Hidrográficas* (Vol. 150). Roma, Italia: Naciones Unidas. Recuperado el 03 de 2020, de <http://www.fao.org/3/a0644s/a0644s00.htm>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2011). *The State of the world's land and water resources for food and agriculture: Managing systems at risk*. Rome, Italy: FAO.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2012). *Global soil partnership for food security and climate change mitigation and adaptation*. Roma, Italia. Recuperado el 24 de 09 de 2020, de <http://www.fao.org/3/a-az891e.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2014). *Agroecología para la Seguridad Alimentaria y Nutrición*. Roma: FAO.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2014). *Ciudades más verdes en América Latina y el Caribe*. Roma. Recuperado el 29 de 09 de 2020, de <http://www.fao.org/ag/agp/greencities/pdf/GGCLAC/Ciudades-mas-verdes-America-Latina-Caribe.pdf>

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2016). *Estado mundial del recurso suelo*. Roma, Italia: FAO & GTIS. Recuperado el 07 de 09 de 2020, de <http://www.fao.org/3/a-i5126s.pdf>
- Páez-Barahona, A. F. (2020). Agroecología urbana frente al cambio climático. Aporte al ordenamiento territorial agroecológico en las ciudades. *Revista Ciudades, Estados y Política*, 7(3), 35-50. doi:<https://doi.org/10.15446/cep.v7n3.82189>
- Pedroza-Meneses, H. I., & Hernández-Guerrero, J. A. (2021). Análisis espacial y Zonificación Agroecológica en la cuenca La Cañada, Querétaro. En *XIII Foro de Investigación y Posgrado*. Querétaro, México: Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro.
- Pedroza-Meneses, H. I., Hernández-Guerrero, J. A., & Luna, M. (Noviembre de 2020). Zonificación para la conservación de suelo y agua, caso de estudio: Microcuenca La Cañada, Querétaro. (M. Antonio-Cruz, A. Merlo-Zapata, & C. Márquez-Sánchez, Edits.) *4to Congreso Nacional de Investigación Interdisciplinaria: Enfrentando retos emergentes de ciencia y tecnología / Instituto Politécnico Nacional*, 532-539.
- Pérez-Hernández, C. D. (2017). *Efectos acumulativos en la microcuenca La Joya: Evaluación de obras y prácticas de conservación*. Santiago de Querétaro, México: Universidad Autónoma de Querétaro. Recuperado el 2021 de 08 de 02, de <http://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/1578>
- Porzecanski, I., Saunders, L. V., & Brown, M. T. (2012). Adaptive management fitness of watersheds. *Ecology and Society*, 17(3), 29-43. doi:10.5751/ES-05061-170329
- Presidencia Municipal de Querétaro. (1994). *Documentos para la historia urbana de Querétaro, siglos XVI y XVII*. Querétaro.
- Priego, A., Bocco, G., Mendoza, M., & Garrido, A. (s.f.). *Propuesta para la generación semiautomatizada de unidades de paisajes. Fundamentos y métodos (Serie Planeación Territorial)*. Ciudad de México: SEMARNAT-INECC-CIGA. doi:<https://doi.org/10.22201/ciga.9789688179239p.2011>

- Qi, H., & Altinakar, M. S. (2013). Integrated watershed management with multi-objective land-use optimizations under uncertainty. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 139(3), 239-243. doi:10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000537
- Ramírez-Sánchez, F. (1997). *Ndamaxey: Historia de El Marqués, Querétaro*. Querétaro: Quebecor Printing Inc.
- Ramos de Cárdenas, F. (2013). Relación geográfica de Querétaro 1582. *Instituto de Estudios Constitucionales, Poder Ejecutivo del Estado de Querétaro*, 128-129.
- Rekondo, M., Espinet, M., & Llerena, G. (2015). La construcción discursiva de la competencia eco-ciudadana en la escuela: La realización de un diseño tecnológico colaborativo en agroecología escolar. *Investigación en la escuela*, 86, 7-19. Recuperado el 22 de 01 de 2021, de <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/59706/R86-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Salazar-Galán, S., Mascort-Albea, E., & Sánchez-Fuentes, D. (2022). Redefinición territorial pos covid-19: resiliencia frente a riesgos y desequilibrios en los modelos urbano-rurales. *Revista EURE - Revista de Estudios Urbano Regionales*, 48(143), 1-9. doi:<https://doi.org/10.7764/EURE.48.143.16>
- Sánchez, J., Mendoza, Y., & García, P. (2020). *Zonificación ecológica y socioeconómica como aporte al proceso de planificación y gestión, en el marco del proceso de Ordenamiento de la Cuenca Grande del Municipio de San Antonio del Tequendama, Departamento de Cundinamarca*. Colombia: Universidad Santo Tomas. doi:<https://doi.org/10.15332/dt.inv.2021.01877>
- Santos-Preciado, J. M. (2020). *Sistemas de Información geográfica*. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Sarandón, S. J., & Flores, C. C. (2014). *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. Buenos Aires, Argentina: Universidad Nacional de La Plata. Recuperado el 2020, de https://www.researchgate.net/publication/333878060_Agroecologia_bases_teoricas_para_el_diseno_y_manejo_de_Agroecosistemas_sustentables

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2003). *Evaluación de la Degradación del Suelo causada por el Hombre en la República Mexicana, escala 1:250,000*. Ciudad de México: SEMARNAT-CP. Recuperado el 14 de 09 de 2020, de https://www.researchgate.net/publication/307967321_SEMARNAT-CP_2003_Memoria_Nacional_2001-2002_Evaluacion_de_la_Degradacion_del_Suelo_causada_por_el_Hombre_en_la_Republica_Mexicana_escala_1250000_Memoria_Nacional
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2019). *Informe de la situación del medio ambiente en México, edición 2018*. Ciudad de México: SEMARNAT. Recuperado el 05 de 09 de 2020, de https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/tema/pdf/Informe2018GMX_web.pdf
- Septién y Septién, M. (1999). *Obras monográficas, Obras de Manuel Septién y Septién, Tomo II*. Querétaro: Gobierno del Estado de Querétaro.
- SIATL. (03 de 09 de 2019). *Simulador de flujos de agua de cuencas hidrográficas*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática: http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/
- Somohano-Martínez, L. (2006). La movilidad poblacional de Tlachco/Querétaro, siglos XVI y principios del XVII. *Papeles de Población*, 12(49), 239-262. Recuperado el 10 de 11 de 2020, de <https://www.redalyc.org/pdf/112/11204909.pdf>
- Soto-González, F. (2004). *Hércules. Industrialización y clase obrera en Querétaro 1838-1877*. Querétaro, México: Viterbo Editorial.
- Soto-Pérez, J. L. (1998). Historia a la vista. *Heraldo de Navidad*, 310-316.
- Sousa Santos, B. (2009). *Una epistemología del Sur*. México: Siglo XXI.
- Soustelle, J. (1993). *La familia otomí-pame del centro de México*. México: Universidad Autónoma de Estado de México, Instituto Mexiquense de Cultura.
- Taylor, S. J., & Bogdan, R. (2008). *Introducción a los Métodos Cualitativos de Investigación*. España: Paidós.

- Tischler, W. (1965). *Agrökologie*. Jena, Germany: Gustav Fischer Verlag.
- Tittonell, P. (2019). Las transiciones agroecológicas: múltiples escalas, niveles y desafíos. *Revista De La Facultad De Ciencias Agrarias UNCuyo*, 51(1), 231-246. Recuperado el 13 de 07 de 2020, de <http://revistas.uncuyo.edu.ar/ojs3/index.php/RFCa/article/view/2448>
- Toledo, V. M., & Barrera, N. (2014). *La memoria biocultural: La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales*. Popayan, Colombia: Universidad del Cauca.
- United Nations. (2017). *Convention to combat desertification*. Ordos, China: UN. Recuperado el 12 de 08 de 2020, de https://www.unccd.int/sites/default/files/inline-files/ICCD_COP%2813%29_L.18-1716078E_0.pdf
- Urquiola-Permisán, J. I. (2013). *Aguas sucias... aguas limpias: el acueducto de Querétaro*. Querétaro: Ediciones Culturales del Municipio de Querétaro.
- Urquiola-Permisán, J. I., Medina-Medina, A., & Samperio-Gutiérrez, H. (1989). *Historia de la cuestión agraria mexicana. Estado de Querétaro*. Querétaro: Juan Pablos Editor, S.A.
- Valderrama, R. (2013). Diagnóstico participativo con cartografía social. Innovaciones en metodología Investigación-Acción Participativa. *Revista Andaluza de Ciencias Sociales*, 12, 53-65.
- Valdés-Carrera, A., & Hernández-Guerrero, J. A. (enero-junio de 2018). Zonas funcionales y unidades de paisaje físico-geográfico en la microcuenca Potrero de la Palmita, Nayarit, México. *Revista Geográfica de América Central*(60), 189-229.
- Vazquez, P., Sacido, M., & Zulaica, L. (2013). Zonificación agroecológica de la cuenca del río Quequén grande, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Rvista Geoaraguaia*, 3(2), 26-45. Recuperado el 2020, de <http://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geo/article/view/4851/3261>
- Vázquez-Cruz, R. (2020). La Zona Metropolitana de Querétaro en proceso de metropolización: 1990-2010. *Contexto*, 14(20), 31-52. Recuperado el 26 de 09 de 2020, de <http://contexto.uanl.mx/index.php/contexto/article/view/226>

- Wagg, C., Bender, S. F., Widmer, F., & van der Heijden, M. G. (2014). Soil biodiversity and soil community composition determine ecosystem multifunctionality. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(14), 5266-5270. doi:10.1073/pnas.1320054111
- Waikar, M. L., & Nilawar, A. P. (2014). Morphometry analysis of drainage basin using geographical information system: a case study. *International Journal of Multidisciplinary and Current Research*, 179-184.
- Wang, G., Mang, S., Cai, H., Liu, S., Zhang, Z., Wang, L., & Innes, J. L. (30 de 07 de 2016). Integrated watershed management: evolution, development and trends. *Journal of Forestry Research*, 27(5), 967-994. doi:10.1007/s11676-016-0293-3
- Wezel, A., & Soldat, V. (2009). A quantitative and qualitative historical analysis of the scientific discipline of agroecology. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 7(1), 3-18.
- Wezel, A., Bellon, S., Doré, T., Francis, C., Vallod, D., & David, C. (2009). Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 29, 503-515. Obtenido de <https://doi.org/10.1051/agro/2009004>
- Yousuf, A., & Singh, M. (Edits.). (2020). *Watershed hydrology, management and modeling*. Florida: CRC Press. Recuperado el 23 de 01 de 2021, de <https://books.google.com.mx/books?hl=en&lr=&id=ZPm7DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA152&dq=PORZECANSKI+watershed&ots=jNIDcVZI8n&sig=2YbpxXO0tpqMvVSJ8uNwGbIXvYQ#v=onepage&q=PORZECANSKI%20watershed&f=false>
- Zheng, L. D. (2004). *History of watershed resource management*. Beijing: Water Resources Management Publishing House.

Anexos

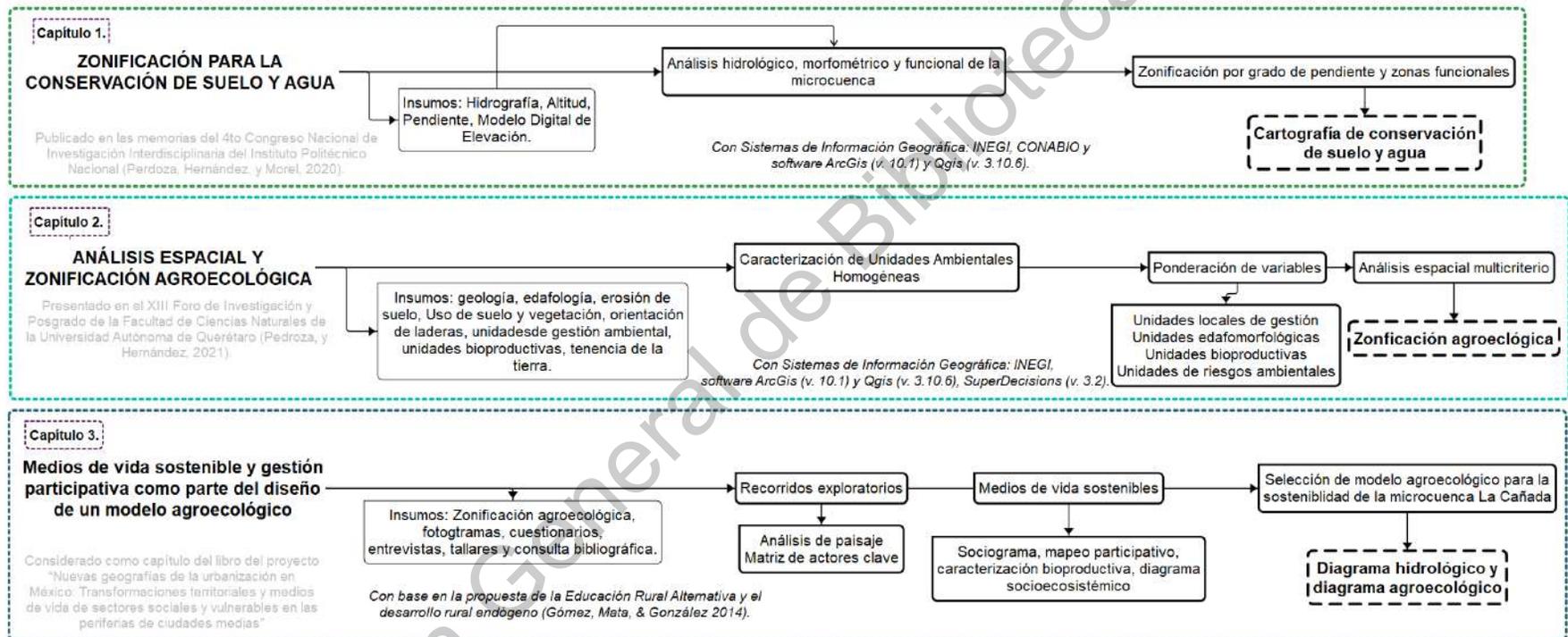


Figura 19. Diagrama metodológico. Fuente: elaboración propia.

Tabla 8. Variedades vegetales en la Agricultura Urbana-Periurbana de la microcuenca La Cañada.

#	Nombre común	Nombre científico	Familia	# de individuos en los sistemas
1	Acelga	<i>Beta vulgaris var. cicla</i>	Amaranthaceae	23
2	Ajenjo	<i>Artemisia absinthium</i>	Asteraceae	5
3	Asclepias	<i>Asclepias sp.</i>	Apocynaceae	8
4	Aguacate	<i>Persea americana</i>	Lauraceae	18
5	Ajo	<i>Allium sativum</i>	Amarallydaceae	12
6	Albaca	<i>Ocimum basilicum</i>	Lamiaceae	14
7	Árbol de las cruces	<i>Mimosa</i>	Fabaceae	20
8	Arugula	<i>Eruca vesicaria</i>	Brassicaceae	15
9	Avena	<i>Avena sativa</i>	Poaceae	22
10	Berenjena	<i>Solanum melongena</i>	Solanaceae	8
11	Betabel	<i>Beta vulgaris</i>	Amaranthaceae	15
12	Biznaga	<i>Echinocactus</i>	Cactaceae	9
13	Boc choy	<i>Brassica rapa</i>	Brassicaceae	15
14	Brócoli	<i>Brassica oleracea var. Italica</i>	Brassicaceae	16
15	Buganvilia	<i>Bougainvillea sp.</i>	Nyctaginaceae	18
16	Calabaza	<i>Cucúrbita sp.</i>	Cucurbitácea	23
17	Caléndula	<i>Caléndula officinales</i>	Asteraceae	13
18	Carrizo	<i>Phragmites australis</i>	Poaceae	40
19	Camote	<i>Ipomoea batatas</i>	Convolvulácea	3
20	Cebolla	<i>Allium cepa</i>	Amarallydaceae	13
21	Cedrón	<i>Aloysia citrodora</i>	Verbenácea	9
22	Chaya	<i>Cnidoscolus aconitifolius</i>	Euphorbiaceae	1
23	Chayote	<i>Sechium edule</i>	Cucurbitácea	1
24	Chilacayote	<i>Cucúrbita ficifolia</i>	Cucurbitáceas	13
25	Chile	<i>Capsicum annum</i>	Solanaceae	20
26	Cinco negritos	<i>Lantana camara</i>	Verbenácea	1
27	Col	<i>Brassica oleracea var. Capitata</i>	Cucurbitácea	7
28	Coliflor	<i>Brassica oleracea var. Botrytis</i>	Brassicaceae	12

29	Datura	<i>Datura sp.</i>	Convolvulácea	3
30	Diente de león	<i>Taraxacum officinale</i>	Asteraceae	6
31	Durazno	<i>Prunus pérsica</i>	Rosaceae	3
32	Fresa	<i>Fragaria sp.</i>	Rosaceae	12
33	Frijol	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Fabaceae	80
34	Garambullo	<i>Myrtillocactus geometrizzans</i>	Cactaceae	3
35	Girasol	<i>Helianthus annuus</i>	Asteraceae	14
36	Granada	<i>Púnica granatum</i>	Lythraceae	4
37	Granjeno	<i>Celtis Pallida</i>	Cannabaceae	4
38	Guanábana	<i>Annona muricata</i>	Annonaceae	2
39	Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae	13
40	Hierba buena	<i>Mentha spicata</i>	Lamiaceae	1
41	Higo	<i>Ficus carica</i>	Morácea	5
42	Higuerilla	<i>Ricinus communis</i>	Euphorbiaceae	8
43	Hoja santa	<i>Piper auritum</i>	Piperácea	18
44	Huele de noche	<i>Cestrum nocturnum</i>	Solanaceae	1
45	Huizache	<i>Acacia sp.</i>	Fabaceae	5
46	Jamaica	<i>Hibiscus sabdariffa</i>	Malvácea	2
47	Laurel de la india	<i>Ficus microcarpa</i>	Morácea	1
48	Lima	<i>Citrus Limetta</i>	Rutácea	1
49	Limón	<i>Citrus aurantifolia</i>	Rutácea	6
50	Maguey	<i>Agave</i>	Asparagácea	74
51	Maíz	<i>Zea mays</i>	Poaceae	260
52	Mandarina	<i>Citrus tangerino</i>	Rutácea	2
53	Maracuyá	<i>Pasiflora edulis</i>	Pasiflorácea	5
54	Marihuana	<i>Cannabis</i>	Cannabaceae	80
55	Mejorana	<i>Origanum majorana</i>	Lamiaceae	6
56	Mora	<i>Morus</i>	Morácea	1
57	Moringa	<i>Moringa oleífera</i>	Moringácea	1
58	Naranja agria	<i>Citrus aurantium</i>	Rutácea	6
59	Naranja dulce	<i>Citrus sinensis</i>	Rutácea	6
60	Níspero	<i>Eriobotrya japónica</i>	Rosaceae	4
61	Nopal	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Cactaceae	40
62	Oreganillo	<i>Turnera diffusa</i>	Turneraceae	3
63	Palmera		Acerácea	7
64	Papa	<i>Solanum tuberosum</i>	Solanaceae	38

65	Pápalo	<i>Porophyllum ruderale</i>	Asteraceae	1
66	Papaya	<i>Carica papaya</i>	Caricácea	3
67	Pera	<i>Pyrus</i>	Rosaceae	1
68	Peyote	<i>Lophophora williamsii</i>	Cactaceae	3
69	Piña	<i>Ananas comosus</i>	bromeliáceas	3
70	Pirul	<i>Schinus molle</i>	Anacardiácea	8
71	Pitaya	<i>Stenocereus queretaroensis</i>	Cactaceae	1
72	Plátano	<i>Musa</i>	Musácea	3
73	Rábano	<i>Raphanus sativus</i>	Brassicaceae	20
74	Rosal	<i>Rosáceas</i>	Rosaceae	7
75	Romero	<i>Salvia rosmarinus</i>	Lamiaceae	1
76	Sábila	<i>Aloe</i>	Asphodeloideae	25
77	Salvia blanca	<i>Salvia apiana</i>	Lamiaceae	6
78	Salvia medicinal	<i>Salvia officinalis</i>	Lamiaceae	1
79	Tabaco	<i>Nicotiana tabacum</i>	Solanaceae	20
80	Tejocote	<i>Crataegus mexicana</i>	Rosaceae	1
81	Vaporru	<i>Crataegus mexicana</i>	Rosaceae	2
82	Vid	<i>Vitis</i>	Vitácea	1
83	Yuca	<i>Yucca</i>	Asparagácea	5
84	Zanahoria	<i>Daucus carota</i>	Apiaceae	30
85	Zapote blanco	<i>Casimiroa edulis</i>	Rutácea	9
86	Zarzamora	<i>Rubus</i>	Rosaceae	7

Elaborada a partir de la información de campo en los doce sistemas bioproductivos, nombres científicos obtenidos de www.tropicos.org.

Índice de abreviaturas

AEM	-	Análisis Espacial Multicriterio
AUP	-	Agricultura Urbana Periurbana
GIC	-	Gestión Integrada de Cuencas
IAP	-	Investigación Acción Participativa
MDE	-	Modelo Digital de Elevación
MESMIS	-	Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando Indicadores de Sustentabilidad
MLC	-	Microcuenca La Cañada
MVS	-	Medios de Vida Sustentable
OT	-	Ordenamiento Territorial
POEL	-	Plan de Ordenamiento Ecológico Local
SA	-	Sostenibilidad Ambiental
SAE	-	Sistema Agroecológico
SE	-	Servicios Ecosistémicos
SIG	-	Sistemas de Información Geográfica
UA	-	Unidades Agroecológicas
UAH	-	Unidades Ambientales Homogéneas
UB	-	Unidades Bioproductivas
UEM	-	Unidades Edafomorfológicas
USV	-	Uso de Suelo y Vegetación
ULG	-	Unidades Locales de Gestión
URA	-	Unidades de Riesgos Ambientales
ZAE	-	Zonificación Agroecológica
Zf	-	Zonas Funcionales
ZMQ	-	Zona Metropolitana de Querétaro