

Propuesta de manejo del agua para la actividad agrícola en la  
microcuenca Fuentezuelas, Tequisquiapan, Querétaro.

Mariana Reséndiz Velázquez

2021



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

**Propuesta de manejo del agua para la actividad  
agrícola en la microcuenca Fuentezuelas,  
Tequisquiapan, Querétaro.**

**Tesis**

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

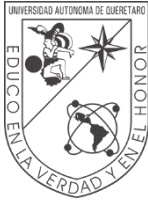
**Presenta**

Mariana Reséndiz Velázquez

**Dirigido por**

Dra. Diana Patricia García Tello

Querétaro, Qro. a Diciembre 2021



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

**Propuesta de manejo del agua para la actividad agrícola en la microcuenca  
Fuentezuelas, Tequisquiapan, Querétaro.**

**TESIS**

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

**Presenta:**

Mariana Reséndiz Velázquez

**Dirigida por:**

Dra. Diana Patricia García Tello

Dra. Diana Patricia García Tello  
Presidente

\_\_\_\_\_  
Firma

M. en G. Hugo Luna Soria  
Secretario

\_\_\_\_\_  
Firma

M. en GIC. Alejandro César Valdés Carrera  
Vocal

\_\_\_\_\_  
Firma

Dr. Juan Alfredo Hernández Guerrero  
Suplente

\_\_\_\_\_  
Firma

M. en GIC. José Carlos Dorantes Castro  
Suplente

\_\_\_\_\_  
Firma

\_\_\_\_\_  
Nombre y Firma  
Director de la Facultad

\_\_\_\_\_  
Director de Investigación y Posgrado

Centro Universitario  
Querétaro, Qro

## Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para lograr este grado académico.

A la Dra. Diana Patricia García Tello, por el apoyo brindado a lo largo de mi formación académica, por confiar en mí y motivarme a seguir preparándome, por siempre tener una palabra de aliento en los momentos difíciles, le estaré siempre agradecida.

Al Mtro. Hugo Luna Soria, por brindarme su apoyo y orientarme durante la realización de la presente.

Al Mtro. Alejandro César Valdés Carrera, por compartir conmigo sus conocimientos en SIG y por su gran paciencia a la hora de enseñar, por sus ideas y comentarios que siempre fueron de gran ayuda.

Al Dr. Juan Alfredo Hernández Guerrero, por sus comentarios e ideas que fueron de gran ayuda para la elaboración de la presente.

Al Mtro. José Carlos Dorantes Castro, por motivarme a seguir con mi formación académica y por brindarme su apoyo.

A mis compañeros Josué, Paola, Edgar, Megan y Hugo, por los agradables momentos que pasamos juntos.

A mis padres, quienes son mi gran ejemplo a seguir, pues me han enseñado que todo es posible con esfuerzo y dedicación, por impulsarme a seguir preparándome profesionalmente, por estar presentes en los momentos difíciles, por escucharme y darme ánimos, y por ayudarme a alcanzar mis metas, mi agradecimiento es infinito, este logro es dedicado a ustedes. Los amo.

A mis hermanitos, Andrés y Martín por estar siempre a mi lado y brindarme su apoyo incondicional en todo momento. Los amo.

## Índice

Introducción.....	2
Planteamiento del problema.....	4
Justificación .....	10
Preguntas de investigación.....	11
Objetivo general .....	11
Objetivos particulares.....	11
Capítulo 1. Marco conceptual.....	12
1.1 Enfoque de cuencas .....	12
1.2 Gestión y manejo de cuencas.....	13
1.3 La agricultura y los agricultores.....	16
1.4 Manejo del agua en la actividad agrícola.....	19
Capítulo 2. Antecedentes.....	22
2.1 Estudios de caso a nivel internacional .....	25
2.2 Estudios de caso a nivel nacional .....	26
2.3 Antecedentes locales sobre el manejo del agua en la agricultura .....	28
Capítulo 3. Caracterización del área de estudio .....	29
3.1 Aspectos físicos.....	29

3.1.1 Localización .....	29
3.1.2 Hidrografía-Hidrología .....	30
3.1.3 Fisiografía .....	31
3.1.4 Pendiente .....	32
3.1.5 Geología.....	32
3.1.6 Geomorfología.....	33
3.1.7 Edafología.....	35
3.1.8 Vegetación .....	36
3.1.9 Uso de suelo.....	38
3.1.10 Climatología.....	39
3.2 Aspectos Sociales .....	40
3.2.1 Antecedentes históricos.....	40
3.2.2 Perfil Sociodemográfico .....	41
3.2.3 Aspectos Económicos .....	44
Capítulo 4. Metodología.....	49
4.1 Etapa 1: Identificación de problemáticas.....	50
4.1.1 Delimitación de zonas funcionales.....	50
4.1.2 Morfometría .....	52
4.1.3 Balance Hídrico .....	53
4.1.3.1 Escurrimiento natural por cuenca propia (Cp) .....	54
4.1.3.2 Retornos de agua (Re).....	55
4.1.3.3 Usos del agua en la cuenca (U).....	55
4.1.3.4 Evaporación en cuerpos de agua (Ev) .....	55
4.1.3.5 Presión sobre el recurso hídrico .....	55

<b>4.2 Etapa 2. Conocer el uso y relación que los agricultores le dan al recurso hídrico en la microcuenca Fuentezuelas.....</b>	<b>56</b>
4.2.1 Identificación de actores sociales .....	56
4.2.2 Técnica la Bola de nieve .....	57
4.2.3 Entrevista a profundidad .....	57
<b>4.3 Etapa 3. Sistematización de la información y elaboración de propuesta de manejo del agua para la actividad agrícola.....</b>	<b>58</b>
<b>Capítulo 5. Análisis de resultados .....</b>	<b>59</b>
<b>5.1 Etapa 1. Identificación de las problemáticas socioambientales generadas en la microcuenca en torno al uso del agua en la actividad agrícola. ....</b>	<b>59</b>
5.1.1 Zonas funcionales y morfometría de la microcuenca Fuentezuelas..	59
5.1.2 Balance hídrico microcuenca Fuentezuelas .....	63
5.1.2.1 Ecurrimiento natural por cuenca propia (Cp) .....	63
5.1.2.2 Retornos de agua (Re) .....	63
5.1.2.3 Usos del agua en la cuenca (U).....	63
5.1.2.4 Evaporación en cuerpos de agua (Ev) .....	64
5.1.2.5 Disponibilidad de Agua .....	65
<b>5.2 Etapa 2. Conocer el uso y relación que los agricultores le dan al recurso hídrico en la microcuenca Fuentezuelas.....</b>	<b>66</b>
5.2.1 Actores sociales.....	66
5.2.2. Técnica bola de nieve .....	67
5.2.3 Entrevista a profundidad .....	68
5.2.4 Estructura organizacional entorno al agua.....	68
5.2.5 Relación de los agricultores con el agua.....	70
5.2.6 Manejo de los sistemas de riego en la microcuenca Fuentezuelas	73
5.2.7 Uso de agroquímicos en la microcuenca Fuentezuelas .....	75

<b>5.3 Propuesta de acciones para el manejo del agua en la actividad agrícola, microcuenca Fuentezuelas.....</b>	<b>78</b>
<b>5.3.1 Fortalecimiento de la estructura organizacional en el ejido respecto al manejo del agua en la agricultura.....</b>	<b>79</b>
<b>5.3.2 Restauración del suelo para mejorar infiltración del agua.....</b>	<b>82</b>
<b>5.3.3 Manejo integrado del agua para la agricultura .....</b>	<b>85</b>
<b>Reflexiones finales.....</b>	<b>88</b>
<b>Referencias bibliográficas.....</b>	<b>94</b>

### Índice de Tablas

<b>Tabla 1. Índice y grado de marginación por Localidad.....</b>	<b>42</b>
<b>Tabla 2. Rezago Social.....</b>	<b>43</b>
<b>Tabla 3. Orientación Sectorial por Localidad.....</b>	<b>46</b>
<b>Tabla 4. Parámetros morfométricos.....</b>	<b>52</b>
<b>Tabla 5. Presión de uso. ....</b>	<b>56</b>
<b>Tabla 6. Volumen escurrido.....</b>	<b>63</b>
<b>Tabla 7. Retornos.....</b>	<b>63</b>
<b>Tabla 8. Usos del agua en la microcuenca.....</b>	<b>64</b>
<b>Tabla 9. Evaporación .....</b>	<b>65</b>

## Índice de Figuras

<b>Figura1. Mapa topográfico.....</b>	<b>29</b>
<b>Figura 2. Manantial en la comunidad de La Laja. ....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 3. Toba Riolítica.....</b>	<b>33</b>
<b>Figura 4. Frente lávico .....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 5. Feozem .....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 6. Matorral Crasicaule y pastizal inducido .....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 7. Uso de suelo y vegetación 2020.....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 8. Tenencia de la Tierra.....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 9. Ruta metodológica para “Propuesta de manejo del agua para la actividad agrícola en la microcuenca Fuentezuelas .....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 10. Curva hipsométrica microcuenca Fuentezuelas .....</b>	<b>60</b>
<b>Figura 11. Mapa de orden de corrientes.....</b>	<b>61</b>
<b>Figura 12. Mapa de zonas funcionales .....</b>	<b>62</b>
<b>Figura 13. Esquema técnica bola de nieve para la microcuenca Fuentezuelas. ....</b>	<b>67</b>
<b>Figura 14. Esquema, estructura organizacional ejido Fuentezuelas .....</b>	<b>68</b>
<b>Figura 15. Acciones para el fortalecimiento de la estructura organizacional en el ejido para el manejo del agua en la agricultura.....</b>	<b>81</b>
<b>Figura 16. Acciones para la restauración del suelo para mejorar infiltración del agua.....</b>	<b>84</b>
<b>Figura 17. Acciones para el manejo integrado del agua para la agricultura..</b>	<b>87</b>



## Resumen

A lo largo de los años la agricultura ha jugado un papel importante para la sociedad al satisfacer una de las necesidades esenciales para el ser humano, sin embargo, en los últimos años, la demanda de alimentos generada por el crecimiento poblacional, ha ocasionado el deterioro de los recursos naturales en especial del recurso hídrico, esto debido a las prácticas agrícolas deficientes. De tal forma, resulta esencial encontrar un equilibrio entre todos los factores que integran la actividad agrícola, a fin de que estos sean manejados de manera eficiente. En este sentido el objetivo principal de esta investigación es generar una propuesta de manejo del agua para la actividad agrícola en la microcuenca Fuentezuelas, con la finalidad de plantear acciones que puedan resultar en la mejora de los componentes que integran la microcuenca, así como en la relación que los agricultores tienen con el recurso hídrico.

**Palabras clave:** manejo de agua, microcuenca, agricultura.

## Abstract

Over the years, agriculture has played an important role in society by satisfying one of the essential needs of human beings. However, in recent years, the demand for food generated by population growth has caused the deterioration of natural resources, especially water resources, due to poor agricultural practices. Therefore, it is essential to find a balance between all the factors that make up the agricultural activity, so that they are managed efficiently. In this sense, the main objective of this research is to generate a water management proposal for the agricultural activity in the Fuentezuelas micro-watershed, with the purpose of proposing actions that can result in the improvement of the components that make up the micro-watershed, as well as in the relationship that farmers have with the water resource.

**Keywords:** water management, micro-watershed, agriculture.

## Introducción

La agricultura ha jugado un papel importante desde el origen de la civilización, sin embargo, en los últimos años la agricultura ha desempeñado un papel importante dentro de las actividades primarias, esto debido a la demanda de alimentos generada por el crecimiento poblacional, la cual también ha traído consigo distintos problemas ambientales y sociales (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2012). Analizar estas problemáticas bajo el enfoque de cuencas, es de gran importancia, ya que el manejo y gestión del agua en esta actividad, es fundamental para el desarrollo socioeconómico, así como un activo ambiental esencial para conservar los ecosistemas y la biodiversidad (Dourojeanni, Jouravlev y Chávez, 2002). La Organización de las Naciones Unidas (ONU) señala que la agricultura ha tomado un papel fundamental al garantizar la seguridad alimentaria y considerar al agua como uno de los recursos más importantes para llevarla a cabo, por lo que es primordial analizar si dentro de esta actividad el recurso es utilizado de forma racional. Ya que la demanda de producción de alimentos trae consigo el uso intensivo del agua para llevar a cabo la actividad, por lo que es importante analizar la sobreexplotación del recurso, el cual está ligado al manejo que los actores le dan a la cuenca (Palerm, Collado y Rodríguez, 2010).

Lo antes mencionado, refiriéndonos al aumento de la agricultura, se puede observar en el municipio de Tequisquiapan, perteneciente al estado de Querétaro, caracterizado por encontrarse en una región semidesértica, que dispone de una importante cantidad de hectáreas de riego mayor a la presente en los municipios vecinos, teniendo en total 4, 867 ha con infraestructura de riego. El resto de la superficie agrícola es de 6, 211 ha que son destinadas para realizar agricultura de temporal, las cuales están distribuidas en 11 ejidos y 3 colonias agrícolas ganaderas (PDU, 2016).

Los cultivos predominantes son el maíz, frijol, tomate verde, chile, sorgo y alfalfa. En el caso de la zona de estudio representada por la microcuenca Fuentezuelas la actividad principal es la industria de la construcción, seguida de la manufacturera y la tercera es la actividad agrícola, de la cual la agricultura de riego representa un 29.82 % de la superficie total y la agricultura temporal un 11.41 % (Maestría en Gestión Integrada de Cuencas [MGIC], 2016)

Sin embargo, es importante señalar que, aunque la agricultura representa la tercera actividad más importante dentro de la microcuenca, esta actividad ha ido en aumento y se ha intensificado en los últimos años, esto debido a la demanda de tierras de cultivo que disponen de infraestructura de riego, además, de la disponibilidad del agua, por esta razón la agroindustria también ha buscado establecerse en esta zona (MGIC, 2016). Por ello, esta investigación se centrará en identificar y conocer las problemáticas socioambientales y a los actores implicados, a fin de analizar los datos y elementos desde una visión de cuencas con el objetivo de crear una propuesta de manejo para la actividad agrícola en esta microcuenca.

Ante el panorama descrito sobre la situación actual del manejo y gestión del agua en la agricultura se devela el planteamiento del problema de la investigación.

## Planteamiento del problema

La agricultura a nivel mundial es el sector que más consume agua, globalmente representa alrededor del 69 % de toda la extracción, el consumo doméstico alcanza aproximadamente el 10 % y la industria el 21 % lo que resulta inevitable la tensión que crea la agricultura en los recursos hídricos (FAO, 2012). Por otro lado, de acuerdo con Vargas (2010), la agricultura utiliza entre 80 % y 90 % de toda el agua dulce disponible en los países en desarrollo.

En este sentido, en México el modelo de desarrollo económico basado en la sustitución de importaciones, reorientó el curso de la economía hacia la industrialización, esto a través de la producción de bienes materiales que beneficiaron y fortalecieron el mercado interno; a la par se buscó la modernización del campo, ya que tenía que ser altamente eficiente, capaz de apoyar el desarrollo industrial al propio tiempo de satisfacer la demanda de alimentos en el país (González y Osorio, 2001).

Como resultado de estos cambios, actualmente en México el 75.7 % del agua es concesionada para uso agrícola, la fuente predominante es la superficial, con el 63.4 % del volumen concesionado para este uso, las superficies sembrada y cosechada para el año agrícola 2017-2018 y cultivos perennes, en régimen de riego y temporal fueron de 21.16 y 20.27 millones de hectáreas respectivamente (CONAGUA, 2019). De acuerdo al Programa Nacional Hídrico (2018) México cuenta con 7.2 millones de hectáreas con infraestructura de riego, la eficiencia de conducción y distribución en Distritos de riego en el año agrícola 2017-2018 fue de 86.9 % y 76.6 % respectivamente, debido a que una parte importante de los canales están contruidos en tierra. La eficiencia de conducción está tomada desde fuentes de abastecimiento hasta la entrega a las asociaciones Civiles de Usuarios en un punto de control y la de distribución se considera desde el punto anterior y hasta nivel interparcelario (CONAGUA, 2019).

Por otra parte, en el estado de Querétaro el modelo de desarrollo se presentaba aparentemente simple y para que pudiera avanzar era necesaria la

conurrencia de tres elementos: 1) tecnificación y modernización del campo y la ganadería; 2) la invitación para establecerse en el estado la cual beneficiaría a un especial grupo de industrias procesadoras de alimentos; y 3) ampliar las redes de comercialización y distribución, incorporando lo procesado en Querétaro a la dinámica económica del mercado nacional (González y Osorio, 2001). Sin embargo, el estado de Querétaro, no contaba con las condiciones necesarias para acoger industria alimenticia, dado que la infraestructura hidráulica, la mano de obra capacitada, las vías de comunicación, los servicios básicos, incluso la infraestructura, no satisfacían las demandas de esta nueva actividad (González y Osorio, 2001).

Es por ello que en Querétaro el esfuerzo en cuanto a inversión de capital fue cuantioso, por lo que fue necesaria la participación económica de la federación para la realización de grandes obras de irrigación como presas, bordos y nuevos centros de almacenamiento de agua (González y Osorio, 2001). La creación de infraestructura hidráulica durante este periodo fue fundamental. El periodo de incremento más importante se dio en los años cincuenta, ya que del total actual (63 presas), 3 % existía antes de los años cincuenta; 65 % se construyó durante la década 1950-1960; 20 % durante los años setenta; y únicamente 11 % de 1980 a la fecha, de esta manera, durante 1950 y principios de los años sesenta, más de 80 % de las inversiones del sector agropecuario se orientaron al sistema de regadío (González y Osorio, 2001).

En este sentido, la ubicación territorial de las agroindustrias está ligada a la disponibilidad de agua. Tal es el caso del corredor agroindustrial Colón – Tequisquiapan, caracterizado por ser un territorio semidesértico y por disponer de más hectáreas de tierras con riego que los municipios aledaños, lo que les permite sembrar más cultivos comerciales como forrajes y hortalizas (Serna, 2010).

En los últimos años de acuerdo con los datos del VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007, poco más de 237 mil hectáreas (35.3 %) de la superficie total censada en el estado de Querétaro es agrícola (INEGI, 2007). En Querétaro, el 28.8 % de la superficie dedicada a la agricultura es de riego en tanto que la mayor

parte, 71.2 % corresponde a superficie de temporal. Los municipios con mayor superficie agrícola que tienen disponibilidad de riego en la entidad son: El Marqués, Pedro Escobedo, San Juan del Río, Amealco de Bonfil y Tequisquiapan, los cuales en conjunto concentran 63.3 % de la superficie agrícola de riego (INEGI, 2007).

A su vez, el municipio de Tequisquiapan cuenta con una superficie agrícola de 11, 487 ha, de las cuales 5,919 son de riego y 5, 568 de temporal (INEGI, 2007). De igual forma, en la zona de estudio microcuenca Fuentezuelas la superficie agrícola es de 12.54 km<sup>2</sup> que representa el 29.82 % de la superficie total. La agricultura se basa principalmente en el cultivo de maíz, frijol, chile jalapeño, alfalfa, sorgo, tomate y pasilla (MGIC, 2016).

Teniendo en cuenta lo planteado, es importante abordar el tema de la agricultura bajo el enfoque de cuencas, ya que este enfoque permite analizar la importancia del agua como eje integrador del territorio, el cual vincula e interconecta los elementos naturales, sociales y económicos. Según (Cotler *et al.*, 2010) las cuencas hidrográficas constituyen las unidades territoriales idóneas para la planeación y gestión de los recursos naturales, así como la integración de diversos actores.

Por otro lado, las cuencas permiten comprender la conectividad hídrica, además de ser la unidad básica para la planificación de las actividades que se desarrollan en ésta, igualmente los ríos tienen su origen en estas áreas, el agua se infiltra en las áreas de recarga de aguas y el hombre obtiene su alimento a partir del desarrollo de actividades económicas como la agricultura (Solórzano y Dercksen, 2000). De manera que la agricultura juega un papel fundamental en la regulación de los servicios ambientales y el sostenimiento de los sistemas vivos (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias [INIFAP], 2013).

Sin embargo, debido a la expansión e intensificación de la agricultura, se ha tenido como resultado distintos problemas ambientales, ya que se ha demostrado que para llevar a cabo esta actividad se necesita de grandes cantidades de agua. Por otro lado, es importante destacar que el uso de tierras para cultivo, ha sido una

de las principales causantes del impacto ambiental generada por actividades antropogénicas ya que ha contribuido a la emisión de gases efecto invernadero, a la pérdida de biodiversidad y contaminación de ríos, lagos y acuíferos (Andrade, 2016). Si bien el uso de nutrientes de origen natural para llevar a cabo la agricultura de origen natural es necesario para la productividad, un exceso de nutrientes procedentes de esta actividad puede saturar los ríos y los lagos, y hacer que proliferen las algas, lo que puede deteriorar la calidad del agua (FAO, 2007a).

Por esta razón, la (FAO, 2007a) destaca que:

“El enfoque cuencas hidrográficas y la gestión incorporada, es de vital importancia para analizar aquellos aspectos de los medios de vida sostenibles que están directamente asociados a los activos del capital natural, por ejemplo, fortaleciendo la capacidad de los participantes locales para la gestión de las tierras agrícolas y los recursos asociados en forma tal que se promuevan la estabilidad ambiental y la seguridad alimentaria y del agua” (P. 49).

Ahora bien, haciendo hincapié en la zona de estudio, la microcuenca Fuentezuelas, se localiza dentro de la Región Hidrológica no.26 Pánuco, pertenece a la Cuenca del Río Moctezuma y a la Subcuenca del Río San Juan, con una extensión de 42.07 km<sup>2</sup>. Dentro de la microcuenca el suministro de agua para la actividad agrícola es de dos tipos de riego y de temporal (MGIC, 2016). La agricultura de riego en la microcuenca tiene una superficie de 12.54 km<sup>2</sup> que representa el 29.82% de la superficie total, estos agrosistemas utilizan agua suplementaria para el desarrollo de los cultivos durante el ciclo agrícola, por lo que su definición se basa principalmente en la manera de cómo se realiza la aplicación del agua, por ejemplo: aspersión, goteo, bombeo desde la fuente de suministro o por gravedad cuando va directamente a un canal principal desde aguas arriba de una presa o bien, un cuerpo de agua natural (MGIC, 2016).

Si bien algunas de las parcelas cuentan con sistema por goteo, también es importante especificar que algunas de estas parcelas no cuentan con ningún tipo de

sistema de riego por lo que se emplea el riego por inundación o rodado, donde el control y manejo del agua no están regulados y es muy difícil saber exactamente qué cantidad de agua se está aplicando en cada punto del terreno, haciendo de este sistema de riego el que más consume agua, por lo tanto, los sistemas por inundación deberían ser evitados, principalmente donde el agua es escasa (FAO, 2002).

La agricultura de temporal, cubre una superficie de 4.80 km<sup>2</sup> que representa el 11.41 % de la superficie total de la microcuenca. Se clasifica como tal al tipo de agricultura de todos aquellos terrenos en donde el ciclo vegetativo de los cultivos que se siembran depende del agua de lluvia, por lo que su éxito depende de la precipitación y de la capacidad del suelo para retener el agua (MGIC, 2016).

Otro aspecto importante a tomar en cuenta, es el papel fundamental de los actores sociales involucrados en esta actividad, así como sus intereses y acciones. En el caso del papel de los actores que trabajan en el campo, tanto campesinos como ejidatarios, ha ido cambiando con el tiempo ya que a medida que la agricultura moderna se ha ido introduciendo en el sistema de producción campesina, se transformó el pensar y el comportamiento tradicional (Vargas, 2005). En la actualidad, los campesinos ya no actúan tanto con base en el conocimiento heredado, sino que la mayoría acude a asesoría técnica o se atienen a programas y apoyos gubernamentales (Toledo, 2008). Al mismo tiempo se ha tenido la percepción de que los agricultores son quienes desperdician el agua, sin entender ni explicar las razones de este uso extensivo del agua, promovido durante décadas por las mismas agencias gubernamentales que hoy lo cuestionan (Vargas, 2010).

En el caso de la microcuenca Fuentezuelas el pensar y el comportamiento tradicional de los campesinos y agricultores, se ha ido transformando ya que son pocos los campesinos que cultivan para autoconsumo, la mayoría son agricultores que rentan las tierras para sembrar, contratan gente y la cosecha que se obtiene se vende muchas veces a intermediarios, por otro lado, se ha puesto en cuestión el manejo del agua debido a los intereses y acciones contradictorias de los diferentes actores sociales.



Dentro de este orden de ideas y en relación con la problemática expuesta, la finalidad de realizar una propuesta de manejo para la actividad agrícola en la microcuenca Fuentezuelas, se puede resultar en la mejora de los componentes que la integran, en el aspecto económico podría tenerse un aumento en los ingresos, en el ámbito social, el fortalecimiento y equilibrio de las relaciones sociales; de acuerdo con Bassi (2007) estos beneficios se logran con la mejora en el uso y manejo de las tierras, es decir, producir sin degradar, así como en la diversificación del sistema de producción, mejoría en la infraestructura, y por último en la generación de nuevas oportunidades de trabajo, resultado de la organización y colaboración local.

En relación al ambiente Bassi (2007) menciona:

“Los beneficios incluyen un mejor manejo del agua, mediante técnicas que promuevan la infiltración del agua en el suelo, regularizando el caudal de los ríos y arroyos y mejorando la calidad del agua para sus diversos usos, reducción de la erosión, menos contaminación orgánica y química del suelo y agua, más biodiversidad, menor consumo de energía y mayor almacenamiento de nutrientes en forma orgánica (carbono y nitrógeno) así como estabilizar y equilibrar las relaciones con el ambiente para reducir riesgos” (p. 72).

## Justificación

Como se ha expresado en los apartados anteriores, la microcuenca Fuentezuelas es un territorio en el que la actividad agrícola ha ido en aumento, a causa de la demanda de alimentos que existe en la actualidad, además de la demanda de tierras de cultivo con infraestructura de riego y el agua disponible en esta zona. Esto ha generado cuestionamientos acerca del manejo y distribución del recurso hídrico, así como sobre las acciones del gobierno que pudieran haber contribuido al uso no eficiente del agua en la agricultura y los cambios que se están realizando en las políticas públicas dirigidas al manejo del recurso hídrico en la actividad agrícola.

En palabras de Avilés (2006) el impacto generado por el mal manejo del agua en la actividad agrícola podría resultar en problemas de disponibilidad, desperdicio y contaminación del agua, y es que, ante una situación de escasez del agua, la amenaza se cierne sobre tres aspectos fundamentales del bienestar humano: la producción de alimentos, la salud y la estabilidad política y social. Asimismo, el sector agrícola es el mayor consumidor de agua, no sólo porque la superficie irrigada en el mundo ha tenido que quintuplicarse, sino porque no se cuenta con un sistema de riego eficiente, razón principal que provoca que las pérdidas de este elemento se tornen monumentales (Avilés, 2006).

Por ello, es importante conocer el uso y la relación social que los agricultores le dan al recurso hídrico, para así poder proponer acciones para el manejo del agua para la actividad agrícola bajo el enfoque de cuencas, ya que el manejo apropiado de una cuenca brinda beneficios a la sociedad, que se origina en una amplia gama de bienes y servicios ecosistémicos que parten de mantener las funciones ecológicas, sociales y económicas, a partir de un manejo participativo, adaptativo, sistemático y con visión a largo plazo en el territorio (Cotler *et al.*, 2013). También, es importante destacar que para hacer una buena gestión del agua en la agricultura se requiere una fuerte relación del productor con su entorno, así como con los oferentes de tecnología, la cual viene en forma de conocimiento, pero también en materiales (IICA, 2015).

De este modo se espera que a partir de la propuesta de manejo del agua para la actividad agrícola en la microcuenca Fuentezuelas, las acciones para llevar a cabo esta actividad se enfoquen a una agricultura donde se priorice la parte ambiental, y sea socialmente más justa. A fin de que los principales beneficiarios que son los agricultores, campesinos y ejidatarios lleven a cabo un buen manejo de los recursos naturales, donde pueda haber una mejora en la calidad de vida y en el desarrollo de actividades.

### **Preguntas de investigación**

A continuación, se presenta la pregunta de investigación, la cual fue realizada para aportar una mejor guía y cumplir con los objetivos de esta investigación.

¿Las acciones para el manejo del agua bajo el enfoque de cuencas podrían mejorar el uso y relación de los agricultores con el agua?

### **Objetivo general**

Realizar una propuesta de manejo del agua para la actividad agrícola en la microcuenca Fuentezuelas, Querétaro.

### **Objetivos particulares**

1. Identificar las problemáticas socioambientales generados en la microcuenca en torno al uso del agua en la actividad agrícola.
2. Conocer el uso y relación que los agricultores le dan al recurso hídrico en la microcuenca Fuentezuelas.
3. Proponer acciones para el manejo del agua en la microcuenca Fuentezuelas.

## Capítulo 1. Marco conceptual

En este primer capítulo se aborda el marco conceptual, el cual tiene la finalidad de sostener la investigación de la propuesta para el manejo del agua en la actividad agrícola en la microcuenca Fuentezuelas. Enfatizando en las definiciones de enfoque de cuencas, manejo y gestión de cuencas, agricultura y agricultores, así como el manejo del agua en la actividad agrícola.

### 1.1 Enfoque de cuencas

Las cuencas hidrográficas pueden definirse como espacios delimitados por un parteaguas, donde se concentran todos los escurrimientos que confluyen y desembocan en un punto común llamado también punto de salida de la cuenca, que puede ser un lago (endorréica) o el mar (exorréica) (INIFAP, 2013). La extensión de una cuenca puede variar, desde pocas a miles hectáreas. Ahora bien, una de las definiciones más relevantes dentro de los estudios de Cuenca, es la que retoman Cotler *et al.* (2013) la cual versa en:

“Una Cuenca Hidrográfica permite entender espacialmente el ciclo hidrológico, así como cuantificar e identificar los impactos acumulados de las actividades humanas o externalidades, es decir, sedimentos, contaminantes y nutrientes a lo largo de la red hidrográfica, que afecta positiva o negativamente la calidad y cantidad de agua, la capacidad de adaptación de los ecosistemas y la calidad de vida de los habitantes” (p.36).

En este sentido, García (2012) refiere que:

“La cuenca es un sistema de captación y concentración de aguas superficiales en el que interactúan recursos naturales y asentamientos humanos dentro de un complejo de relaciones, donde los recursos hídricos aparecen como un factor determinante. Por otra parte, permite que las personas y sus organizaciones compartan, sus identidades, tradiciones y culturas; además de socializar y trabajar en función de la disponibilidad de recursos” (p.2).

En otras palabras, las cuencas se reconocen como un sistema debido a la existencia de interacciones entre el sistema natural del suelo, el agua y biodiversidad y el sistema socioeconómico que, si bien éste no tiene un límite físico, sí depende de la oferta, calidad y disposición de los recursos (Faustino, 2005).

Asimismo, Dourojeanni *et al.* (2002) expresa que la cuenca ha sido reconocida como la unidad territorial más adecuada para la gestión integrada de los recursos hídricos debido a la interrelación que existe entre estos factores, por tal motivo, facilitan la relación entre quienes viven en ellas, aunque se agrupen dentro de las mismas en territorios delimitados por razones político-administrativas. Su dependencia de un sistema hídrico compartido y de los caminos y vías de acceso, además de enfrentar riesgos similares, confieren a los habitantes de una cuenca características socioeconómicas y culturales comunes (Dourojeanni *et al.*, 2002).

## **1.2 Gestión y manejo de cuencas**

En términos generales, el concepto de gestión hace referencia a la administración de recursos, sea dentro de una institución estatal o privada, para alcanzar los objetivos propuestos por la misma. Bajo el concepto de gestión de cuencas, Dourojeanni *et al.* (2002) lo definen como aquellas acciones previas para determinar un manejo adecuado, para lo cual, fue necesario la planificación, la negociación, la orientación y la atención de los diferentes objetivos que cada sector-actor tiene dentro de una cuenca. Estas acciones van orientadas a aprovechar los recursos naturales (usarlos, transformarlos, consumirlos) existentes en la cuenca para fines de crecimiento económico (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 1994).

Otro aspecto importante a mencionar es que la gestión integrada de cuencas lleva a cabo los procesos y acciones necesarias para conseguir un manejo integral o manejo de la cuenca. Es decir, incluye el reconocimiento de la cuenca, la identificación y análisis de los actores e informantes claves, el diagnóstico, el ordenamiento del territorio, el establecimiento de la línea base, la elaboración e implementación del plan de gestión de la cuenca, los mecanismos de gestión

financiera y administrativa, el sistema de monitoreo y evaluación, así como la sistematización y comunicación de las experiencias (Cotler *et al.*, 2013).

Sí bien, la gestión integral considera como un elemento fundamental la participación de diferentes actores claves de la cuenca, el fortalecimiento de su capacidad de gestión, esto no siempre implica una participación y el asumir responsabilidades por parte de los actores claves (Faustino *et al.*, 2006). Sin embargo, la gestión bajo el contexto de una cuenca posibilita una visión global y sistémica del territorio, en el cual se pueden determinar las principales fuentes contaminantes, sus intensidades e impactos en la dinámica eco-hidrológica de la cuenca, permitiendo priorizar zonas de trabajo, lo cual facilitaría la colaboración entre instituciones y aumentaría la coherencia de las acciones (Cotler y Caire, 2009).

De acuerdo con lo descrito anteriormente la FAO (2007b) menciona que la gestión en cuencas se concentra en los medios de vida sostenibles que están directamente asociados a los activos del capital natural, por ejemplo, el fortaleciendo de la capacidad de los participantes locales para la gestión de las tierras agrícolas y los recursos asociados en forma tal que se promuevan la estabilidad ambiental y la seguridad alimentaria e hídrica, es decir, la gestión de cuencas debe incluir un mandato de desarrollo sostenible y tener objetivos dirigidos a los recursos naturales y a los medios de vida sostenibles. Por otro lado, la FAO también menciona que si los programas de gestión de cuencas sólo se concentran en los recursos naturales producirían pocas repercusiones en los medios de vida y la pobreza, por lo que las cuestiones ambientales y las socioeconómicas deben estar ligadas y no se pueden tratar por separado.

Aunado a esto, un elemento importante que acompaña a la gestión, es el manejo de cuencas que se entiende como la acción de organizar o conducir un objeto o situación bajo características especiales que lo hacen específico y, por consiguiente, requieren destrezas igualmente particulares. El manejo de cuencas se refiere al uso y aprovechamiento de los recursos naturales de la cuenca, donde existe un ente determinado que ejerce de manera principal la responsabilidad de

implementar acciones para emplear esos recursos, lo que implica ordenar, ejercer autoridad, disponer y organizar, los recursos naturales en la cuenca.

Por lo que la toma de decisiones y el manejo de los recursos se realiza considerando las necesidades y deseos de los diferentes usuarios y partes interesadas, llegando a un bien común para el aprovechamiento de los ecosistemas (Cotler *et al.*, 2013). Pongo por caso la actividad agrícola, ya que para llegar a un bien común de estos ecosistemas debe plantearse una alternativa para enlazar las perspectivas socioeconómicas, así como el manejo y evolución de los sistemas de producción respecto a su base social productiva y cultural.

De esta manera el manejo integral, pretende enfatizar en la importancia y necesidad que ese manejo se realice considerando la cuenca como un sistema (con partes funcionalmente interdependientes), como un todo, de manera global. Es importante destacar, que el manejo integral no implica que necesariamente se tiene que trabajar en todos los componentes e interacciones que tiene y ocurren en la cuenca, pero sí partir desde un análisis integral de este sistema, a fin de sustentar técnica, científica, social, económica y ambientalmente la viabilidad de las acciones y la prioridad de las mismas (Dourojeanni *et al.*, 2002). Así mismo, es importante señalar que el concepto de “manejo de cuencas” lleva implícito los elementos “integral” e “integrado” de lo contrario no se estaría analizando el manejo de cuencas como corresponde. Es así que muchas veces se ha utilizado integral o integrado para enfatizar la intervención (Faustino *et al.*, 2006).

Desde el punto de vista de Davenport (2002) describe al manejo de cuencas como:

“Un proceso adaptativo que alinea, coordina y construye programas hacia objetivos comunes, es por esto que la implementación de un manejo integral de cuencas requiere la concurrencia, la cooperación y la colaboración de diversos actores bajo una visión común” (p.271).

En resumen, el manejo de cuencas puede entenderse como un proceso de planeación y evaluación de acciones, que están dirigidas al control acciones mal

implementadas, mediante la participación organizada e informada de la población. En el contexto de una cuenca hidrográfica, como unidad territorial, las acciones estarán orientadas al aprovechamiento adecuado de los recursos naturales con fines productivos, a la conservación de los ecosistemas y al control y prevención de los procesos de degradación ambiental (Cotler *et al.*, 2009).

Finalmente, en la gestión y manejo del agua deberán enfatizar en garantizar la calidad, disponibilidad y cantidad de agua para los diferentes usuarios de los productos de las cuencas. Sin embargo, hay que destacar continuamente que esa agua se “produce” a través del ciclo hidrológico y que el manejo y gestión integral del sistema agua, vegetación, atmósfera y población es absolutamente necesario para ese objetivo (Dourojeanni *et al.*, 2002). En este sentido es importante mencionar que el buen manejo del agua en la actividad agrícola depende de la relación que los agricultores tienen con este recurso ya que todo va a depender de la disponibilidad y calidad.

### **1.3 La agricultura y los agricultores**

En relación con lo mencionado anteriormente el buen manejo y gestión de la cuenca va a depender de la interacción de los actores sociales, así como las actividades que se llevan a cabo, un ejemplo de esto es la agricultura (del latín agricultūra de agri, campo, y cultūra, cultivo: labranza o cultivo de la tierra) es el conjunto de técnicas y conocimientos para cultivar la tierra; dentro de los sectores económicos se clasifica en el sector primario, junto a actividades como la ganadería, silvicultura, caza y pesca. Es también la modificación del estatus natural de los ecosistemas, además de que, a lo largo de la historia, ha servido para configurar la cultura y la realidad rural (Armesto, 2007).

Dicho de otro modo, en esta actividad se incluyen los diferentes trabajos de tratamiento del suelo y cultivo, considerando el conjunto de acciones humanas que transforman el medio ambiente natural, con el fin de hacerlo más apto para el crecimiento de las siembras. De igual forma, las actividades económicas que abarca el subsector tienen su fundamento en la explotación de los recursos que la tierra



original, favorecida por la acción del hombre, tiene como resultado la producción de alimentos vegetales como cereales, frutas, hortalizas y forrajes; fibras utilizadas por la industria textil; cultivos energéticos, etcétera (INIFAP, 2013).

La agricultura comprende una demanda global para satisfacer las necesidades de alimento y fibras que son esenciales para el desarrollo socioeconómico. Dichas necesidades se incrementan conforme aumenta la población, cuyo crecimiento promedio en los últimos 50 años ha sido de 50 millones de personas por año (Cartellón *et al.*, 2014). Sin embargo, esta actividad depende absolutamente del agua, por lo que los cambios en los patrones y la intensidad de las lluvias, las sequías e inundaciones impactan significativamente en la producción agrícola (IICA, 2017). Actualmente existen dos tipos de agricultura, la tradicional y la moderna. La tradicional o extensiva emplea poca tecnología y usa extensivamente los recursos del lugar y la agricultura moderna o intensiva es la que produce la mayor cantidad de alimentos en el mundo, en esta su utiliza tecnología como sistemas de riego, fertilizantes, pesticidas y maquinaria (SIAP, 2018).

Es importante mencionar que los campesinos y agricultores son parte fundamental del desarrollo de esta actividad, cuando hablamos de campesinos hacemos referencia a la agricultura tradicional. Es decir, un campesino puede ser dueño o no de una pequeña parcela, que cultiva y siembra con la ayuda de su familia, herramientas y maquinaria sencillas una vez al año, aprovechando el agua de la temporada de lluvias. Por otro lado, cuando se habla de agricultores nos referimos a la agricultura moderna, los agricultores tienen extensiones grandes de tierra ya sean propias o rentadas a campesinos tradicionales que, para ser cultivadas, usan tractores y maquinarias modernas que permiten cubrir grandes espacios de tierra, para la realización del trabajo contratan a otros campesinos, llamados jornaleros, que no tienen tierras. A ellos se les paga un salario por su trabajo y sólo están contratados por el tiempo que se necesita, particularmente en la cosecha (SIAP, 2018).

Por otra parte, la FAO (2019) menciona que los campesinos y los agricultores tienen fuertes vínculos económicos con el sector rural, contribuyen en gran medida al empleo, en especial en países en vías de desarrollo donde la agricultura sigue concentrando la mayor parte de la fuerza laboral. Los agricultores son los principales agentes del cambio. Sin embargo, para que las prácticas innovadoras y sostenibles se generalicen, es necesario que los agricultores adquieran nuevos conocimientos y destrezas, para conseguir resultados inmediatos en la productividad agrícola, garantizando que el suelo, agua y otros recursos naturales se gestionen de forma sostenible a largo plazo (FAO, 2019).

En un contexto general las empresas agroindustriales han generado que agricultores y campesinos sean su mayor fuerza de trabajo. De igual forma, la expansión del capitalismo ha sido acompañada de la proliferación de empresas imperialistas dentro del sector de la agricultura, ya sea en la industria procesadora, en las actividades financieras y comerciales y, en la explotación directa de la tierra (Soto, 2003). En este sentido, es habitual que los pequeños agricultores vean limitados sus esfuerzos por introducir mejores prácticas agrícolas e innovaciones, esto debido a los servicios de asesoría rural y al extensionismo inadecuado, además del acceso limitado a capacitación y educación. En algunas ocasiones, también se ha visto restringida su capacidad de participar e influir en el diálogo sobre políticas (FAO, 2012).

En otros términos, Macías (2013) expresa que actualmente, se percibe el predominio de modelos agroindustriales de producción que han llevado a crisis recurrentes en la agricultura de pequeña escala, así como a la concentración de los recursos productivos en pocos actores, además de la proletarización de la mano de obra, a la par, destaca que se ha llevado a una redefinición de lo rural más allá de su identificación con la agricultura; así como a los cambios en las prácticas de consumo.

#### **1.4 Manejo del agua en la actividad agrícola**

Cuando hablamos del manejo del agua es importante partir desde el punto de vista social, ya que analizar el manejo que los agricultores tienen con el recurso, va a depender de su disponibilidad y calidad, los usos y aprovechamientos de este recurso se dan desde diferentes perspectivas y escalas las cuales determinan tanto la gestión y administración del recurso, así como el valor que este adquiere en el contexto económico, cultural, social, ecológico, político y espiritual (UICN, 2000). Las diversas formas de usar el agua implican un reconocimiento social de esta como un bien colectivo o público que, junto a los procesos de deterioro físico del recurso, generan diversas tensiones, conflictos y negociaciones en torno a los procesos de control, acceso y distribución (Pinilla *et al.*, 2011).

La gestión del agua y las condiciones económicas de los productores son también factores determinantes de las tecnologías usadas para el riego, así como para el manejo adecuado del agua en la actividad agrícola (IICA, 2015). Por otro lado, es importante que el agricultor y los actores encargados del manejo de cuencas se apropien de las tecnologías de manejo de agua, para que de esta forma se utilicen los recursos naturales de forma sostenible y se logre una mejor calidad de vida (FAO, 2009).

Por lo que se refiere anteriormente podemos decir que el adecuado manejo del agua de riego en la agricultura, aumenta los rendimientos de los cultivos, contribuye a conservar los recursos naturales, establece relaciones sociales comunitarias, genera nuevos conocimientos, y mantiene una relación campesino-agua para hacer agricultura. Más de un millón de campesinos, ejidatarios y pequeños productores desarrollan la agricultura (de la cual dependen), aplicando pequeñas obras de riego (Ocampo y Escobedo, 2006). Por lo cual, es esencial mejorar el aprovechamiento del agua, y proteger el suelo evitando su erosión, y su fertilidad natural (Jiménez, 2005).

Desde una perspectiva general, los factores que ejercen mayor presión sobre los recursos hídricos son los socioeconómicos y el cambio climático que resulta menos controlable. Un manejo efectivo de los recursos hídricos requiere de la articulación de los diferentes usos de la tierra y el agua, a través de las grandes cuencas de captación y de los acuíferos (Betancour y Lebaut, 2017). En el caso de la agricultura los cultivos agrícolas requieren para su crecimiento vegetativo y desarrollo, de agua, la cual debe de ser de adecuada calidad, en las cantidades apropiadas y suministrada en el momento adecuado. Los cultivos tienen requerimientos específicos de agua, los cuales varían dependiendo de las condiciones climáticas locales, de la tecnología adoptada para la producción y de los rendimientos correspondientes (CEDRSSA, 2015a). Los cambios en la demanda por el agua y su menor disponibilidad colocan a la agricultura en una creciente competencia por ese recurso con otras actividades económicas y con los requerimientos para consumo humano. Esto implica un doble desafío: utilizar el agua de modo más eficiente y conservar su calidad (CEDRSSA, 2015b).

De acuerdo con la FAO (2002), la utilización de los recursos de agua dulce deja mucho que desear, especialmente en la agricultura. En algunos casos, estos recursos son sobreexplotados si el consumo supera al suministro de recursos renovables, originándose así una situación insostenible. Otros casos de inadecuada gestión del agua se deben a la extracción de agua de buena calidad y al retorno al sistema hidrográfico de aguas de mala calidad. Los retornos de riego a menudo están contaminados por sales, pesticidas y herbicidas.

Por último, la agricultura puede dividirse en dos tipos según la disponibilidad del agua, uno de ellos es la agricultura de *temporal*, es aquella en la que el agricultor no contribuye a la irrigación, no aporta agua al campo, sino que utiliza únicamente la que proviene de la lluvia. Sin embargo, el potencial para mejorar la productividad depende mucho de la distribución de las lluvias. Otra es la agricultura de *riego* que suministra de las cantidades necesarias de agua a los cultivos mediante diversos métodos artificiales de riego. Durante las décadas recientes la agricultura bajo riego ha sido una fuente de producción de alimentos muy importante, los mayores

rendimientos de los cultivos obtenidos mediante regadío son más del doble que los mayores rendimientos que pueden obtenerse en temporal. Incluso la agricultura bajo riego con bajos insumos es más productiva que la agricultura de temporal con altos insumos (FAO, 2012). Así mismo, los costos ambientales que genera en la actividad agrícola van a depender del tipo de cultivo y el método implementado para conseguir una mayor producción (Quintero y Molina, 2006).

### **Reflexiones finales del apartado**

Es importante destacar que para que se lleve a cabo un manejo integral del agua en la actividad agrícola, es necesario diferenciar entre los volúmenes de agua que se extraen y los que se usan para el desarrollo de los cultivos, así como las causas que inciden en los altos consumos de agua para la agricultura, que algunas veces son provocadas por la baja eficiencia en su uso. En la cual también inciden aspectos como el almacenamiento, la conducción, el uso en los sistemas agrícolas y las prácticas empleadas (Lobo *et al.*, 2011). Sin embargo, también es importante señalar que el sector agrícola no puede continuar con ese excesivo consumo sin considerar el valor del agua; debe hacer más con menos y aplicar sistemas de riego más eficientes (FAO, 2012). Aunado a ello Namara (2010), señala:

“ El manejo del agua en la agricultura reduce la pobreza en el mundo porque mejora la producción, incrementa las oportunidades de empleo, estabiliza los ingresos, facilita el acceso al agua potable e incrementa el valor de los productos disponibles para las personas, además, el buen manejo del agua es necesario para que los alimentos procedentes de la agricultura tengan un valor nutricional que contribuya a la salud de la población, a la equidad social y a la salud de los ecosistemas” (p. 526 ).

De esta forma, para maximizar la producción agrícola con un volumen de agua fijo y limitado existen dos factores clave: la gente y la tecnología. De éstos, la gente es el más importante, por lo que la mejor y más innovadora tecnología del mundo no servirá para nada si la gente no la comprende, no ve sus ventajas o no puede usar.

## Capítulo 2. Antecedentes

El crecimiento económico y la dinámica demográfica mundial son factores clave de las transformaciones que se están realizando en la actividad agrícola, ya que se han tenido que buscar nuevas opciones para incrementar la producción de alimentos, estas opciones consisten en pasar a sistemas más intensivos, lo cual aumenta la gran presión que ya existe sobre los recursos naturales (FAO, 2012). En este orden de ideas la FAO también refiere que el agotamiento de la tierra, el agua y la biodiversidad, junto con el cambio climático, ya está frenando el incremento de la productividad agrícola necesario para satisfacer la creciente demanda de alimentos, de igual forma menciona que para el 2050 la población mundial superará los casi 9, 800 millones de habitantes (FAO, 2012).

Ahora bien, en el caso de México, a partir de la Revolución Verde, las estrategias de modernización cumplieron muchos de sus propósitos en materia de productividad, pero a costa de provocar grandes desequilibrios económicos, sociales y regionales en la estructura agraria mexicana. Durante este periodo la ampliación de la superficie cultivada a escala nacional coincide con importantes aumentos en la productividad de la tierra, estimulados por la creación de grandes obras de riego y los consiguientes incrementos en la superficie irrigada (Romero, 2002).

Cabe decir que, a pesar de los cambios realizados en la estructura agraria mexicana, en la actualidad la agricultura campesina continúa representando un subsector agrícola muy importante. Los alimentos producidos constituyen una fuente básica para la subsistencia de las comunidades y alimentos para las ciudades (Magaña, 2008). Por otro lado, Soto (2003), señala que el acelerado crecimiento de la agricultura en el país en los últimos decenios, se debe, además de las altas inversiones en irrigación, a otros factores complementarios como son: la introducción de semillas mejoradas, el uso de fertilizantes, un eficiente control de plagas y mejores técnicas de cultivo. De igual manera plantea que parte de las innovaciones se han concentrado en las áreas beneficiadas con riego, o se han aplicado en las zonas de buen temporal, con el propósito de asegurar no sólo la

producción agrícola nacional, sino la sostenibilidad de riego en razón de que aporta los elementos sociales, económicos y culturales de múltiples comunidades (Palerm, *et al.*, 2010). Por su parte, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA, 2019) menciona que la agricultura representa cerca del 3.7 % del PIB. Asimismo, el 13 % del territorio nacional, es decir, alrededor de 145 millones de hectáreas, se utiliza como campo agrícola, cosechando cerca de 200 productos en diferentes estaciones y temporadas.

Cambiando a la escala local, en el caso del estado de Querétaro, a principio de los años sesenta la ubicación geográfica ayudó a atraer inversiones al estado ya que se encontraba a lo largo de la carretera que une la capital del país con las principales ciudades del norte, lo cual permitió el desarrollo de la agroindustria metalmecánica y alimenticia (Rello y Morales, 1999). Al mismo tiempo debido a la demanda de alimentos generada a partir del desarrollo de la industria en el estado se buscó el fortalecimiento de la agricultura a través de la modernización del campo dirigiéndose las inversiones hacia el sistema de regadío (González y Osorio, 2001).

Posteriormente a partir de los ochentas, la secretaría de agricultura en el estado de Querétaro no sólo diseñó y ejecutó los programas de modernización agrícola de la región, en coordinación con otras instituciones, sino que distribuía fertilizantes directamente a las organizaciones campesinas y puso en marcha parcelas de demostración y experimentales. Esto hizo que el cultivo de maíz con el empleo de fertilizantes químicos creciera rápidamente y la productividad tuviera un aumento significativo, especialmente en las tierras de riego. En este periodo se cultivaron aproximadamente 35,000 hectáreas aplicando el uso intensivo de fertilizantes químicos (Rello *et al.*, 1999).

Asimismo, podemos decir que en los últimos años en el estado de Querétaro la actividad agrícola tuvo en total una superficie sembrada de 149, 411 ha, y su distribución porcentual fue de 41.40 % para agricultura de riego y 58.60 % para la agricultura de temporal. En cuanto al volumen de producción se tuvo un total de 2, 096,137 toneladas y su distribución porcentual fue de 95.66% riego y 4.34 % temporal. También es importante destacar que para el año 2018, los principales

cultivos destacados fueron el maíz de grano, jitomate, maíz forrajero y chile verde (SEDEA, 2018).

Con relación a lo planteado, es importante abordar el enfoque de la gestión integrada de cuencas la cual ha sido entendida como una vía idónea para planificar el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, disminuir la vulnerabilidad ante los desastres y generar una verdadera oportunidad de gobernabilidad (FAO, 2007b). A pesar de sus ventajas como unidad de planificación, a lo largo de los años las cuencas han presentado graves deterioros, debido al poco conocimiento de los conceptos y principios relacionados con el enfoque de manejo integral de cuencas, por parte de los habitantes de las cuencas (López *et al.*, 2008). En cambio, el manejo integrado de cuencas se ha basado en el entendimiento de la dinámica de la cuenca y de cada uno de sus componentes, así como el conocimiento, voluntad, capacidad de gestión y participación de los actores que intervienen en la cuenca (Dourojeanni, 2006).

En este aspecto, en México se ha propuesto la creación de consejos y comités de cuencas para darle sentido de territorio a las cuencas, sin embargo, diversos estudios han evidenciado la falta de funcionalidad de estos instrumentos de política pública para impulsar la gestión y desarrollo de los habitantes de las cuencas (Caire, 2004; López *et al.*, 2008). Ante esta situación, el INIFAP (2013) plantea la importancia de buscar otras alternativas de organización en las cuencas, para así posibilitar la gestión del desarrollo, sustentada en la acción colectiva, el interés común y la participación organizada de la población.

Al mismo tiempo, el INIFAP agrega que en México la agricultura bajo un enfoque de cuencas es de gran importancia ya que, gracias a esto, se ha podido organizar a los productores para diseñar y realizar acciones de conservación de suelo y agua, desde las partes altas de los cerros hasta las vegas de los ríos. De esta manera, han resultado beneficiados en lo individual los productores, manteniendo la capacidad productiva de sus suelos, y en lo colectivo a mitigar y disminuir los riesgos de inundaciones. Además de que a nivel de cuenca la



agricultura, juega un papel fundamental en la modelación del paisaje, regulación de servicios ambientales y el sostenimiento de los sistemas vivos (INIFAP, 2013).

## **2.1 Estudios de caso a nivel internacional**

A nivel internacional, destacan estudios de caso que atienden a las regiones más secas del mundo como es el caso del Medio Oriente, región que tiene el menor nivel de recursos hídricos per cápita del mundo, representativa de climas áridos y semiáridos donde el regadío es el sostén del sector agrícola. La FAO (2015) propone la inversión en tecnologías de riego de gran eficiencia, incluyendo la aplicación por goteo o bajo la superficie, la modernización de los sistemas de regadío y el fomento de los recursos hídricos no convencionales, incluida las aguas residuales tratadas.

En España, se ha incrementado la eficiencia en el uso del agua, cambiando el sistema de producción de campo abierto por invernaderos, ya que los sistemas cerrados, crean un microclima que mejora la fotosíntesis de la planta, reduce la evapotranspiración excesiva e incrementa los rendimientos (Salazar *et al.*, 2014). Las necesidades de agua de los cultivos bajo invernadero son menores que los cultivos a campo abierto. En regiones con alta radiación solar, un invernadero de plástico puede reducir el uso del agua en un cultivo en 30 % (Salazar *et al.*, 2014).

Para Cuba, Herrera *et al.* (2011) refieren que el uso del agua en los sistemas de riego por aspersión, han reportado un considerable ahorro de agua y energía, implementando su control en el momento del riego mediante el pronóstico, basado en la cuantificación de los balances hídricos.

En Chile, Uribe (2016) propone realizar balances hídricos a nivel de microcuenca para determinar la disponibilidad de aguas superficiales y subterráneas, esto con la finalidad de planificar de la utilización del agua por parte de los pequeños agricultores. Los balances hídricos se basaron en mediciones detalladas de flujo y otros parámetros climáticos e hidrológicos, los cuales indicaron que el uso del agua es menor a la que se recarga, habiendo un potencial para ampliar su uso.

En Bolivia, en la región del Chaco en los últimos años se han presentado períodos de sequías prolongadas, perjudicando a los productores de maíz, Herbas (2016) evaluó las técnicas de cosecha de agua de lluvia in situ en el cultivo de maíz a temporal, evaluando dos diferentes sistemas de cosecha de agua de lluvia, uno bajo el sistema de producción tradicional y otro bajo condiciones del productor. Es obtuvo que la técnica de uso de cobertura vegetal muerta es la opción más recomendable para el pequeño agricultor desde el punto de vista técnico y económico, y que la técnica de surco truncado es la más eficiente en captar agua de lluvia con mayor costo.

## **2.2 Estudios de caso a nivel nacional**

En el estado de Michoacán, González (2017) analiza la agricultura industrial del municipio de Yurécuaro la cual irriga sus cultivos con agua subterránea aumentando la perforación de pozos en esta área. A partir de esto propone una metodología Presión–Estado–Respuesta, este modelo describe la acción antropogénica sobre algún elemento del ambiente (aire, agua, suelo). Esto permitió visualizar las áreas que están en riesgo de sobreexplotación, haciendo evidente la necesidad de realizar estudios hidrológicos sobre el nivel de equilibrio hidráulico de los acuíferos en la región e incrementar el uso de invernaderos, además de aplicar una política de uso eficiente de agua y energía en los sistemas de conducción e irrigación.

En Sinaloa, Peinado *et al.*, (2015) realizaron un análisis estadístico de la gestión hídrica y la productividad agrícola desarrolladas para el Distrito de Riego 063 (DR 063) en los ciclos 2007-2012. Calcularon el beneficio neto por hectárea en los principales productos sembrados en esta región. Se encontró que los cultivos de maíz, garbanzo y frijol ofrecieron mejores márgenes de ganancias, pero con diferencias significativas en cuanto al consumo de agua. Respecto a la gestión del agua observaron que el mismo suministro obtiene diferente productividad. Propusieron replantear la programación hidroagrícola con apoyo a los análisis estadísticos y para épocas de escasez propusieron alternas viables para los agricultores buscando el manejo sostenible del recurso y maximizar el rendimiento del agua a través de tecnologías en los sistemas de riego.

Sánchez *et al.* (2006) aplicaron algunos índices en los Distritos de Riego 017 en la Comarca Lagunera y 05 en Delicias Chihuahua. Su objetivo fue determinar la pertinencia del uso de indicadores de eficiencia de uso del agua para evaluar la vulnerabilidad de los sistemas agrícolas bajo riego. En la evaluación se aplicó el índice propuesto por el Instituto Internacional del Manejo del Agua. Se concluye la utilidad del uso de indicadores para la adecuada toma de decisiones para el uso eficiente del agua de riego en la producción agrícola de los Distritos de Riego, considerando la escala regional y a nivel de predio, para establecer las necesidades de mejoramiento de la infraestructura hidroagrícola, los patrones de cultivo y detectar las necesidades de transferencia de tecnología e investigación en la operación del riego.

En el estado de Zacatecas, Vélez *et al.* (2015) llevaron a cabo un estudio de caso en Calera y Chupaderos que son dos de los acuíferos más sobreexplotados de la zona hidrográfica Cuencas Centrales del Norte. Analizaron la disposición de los agricultores para ahorrar agua de los productores a cambio de apoyos gubernamentales, monetarios o tecnológicos. Se utilizó el método de valoración contingente, información que obtuvieron mediante una encuesta aplicada a los productores. Los datos fueron procesados con un modelo probit de intervalos múltiples aplicando la técnica de máxima verosimilitud. Los productores manifestaron alta disposición a ahorrar agua de riego a cambio de nueva tecnología, lo cual ayudaría a cumplir las metas gubernamentales referentes a reducir la extracción de agua para la sustentabilidad de los acuíferos en el largo plazo.

### **2.3 Antecedentes locales sobre el manejo del agua en la agricultura**

Para el estado de Querétaro no se encontraron estudios de caso relacionados con el manejo del recurso hídrico, sin embargo, para el municipio de Tequisquiapan se encontró un estudio de caso realizado por Aguilar (2019) en donde hace una clasificación de tierras propuesta por la FAO, en este trabajo se analiza la clasificación de tierra la cual varía dependiendo de distintos aspectos como el relieve, clima, geología, suelo y el uso actual, la combinación de estas características nos muestra la clasificación de una gran diversidad de tierras en el municipio, estas clasificaciones nos muestran el tipo de cultivo y la temporada del año en el que es más conveniente cultivarla. Para concluir, el autor menciona que las condiciones climáticas son de gran importancia para el ciclo agrícola de los cultivos, por lo que para los agricultores que siembran con lluvia del temporal, es vital conocer los cambios del clima en el tiempo y en los diversos espacios para uso agrícola.

Por otro lado, en el VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal, del INEGI (2007) se pudo encontrar información referente al desarrollo de la actividad agrícola en el estado de Querétaro, en este sentido se puede decir que los principales municipios que cuentan con mayor extensión de superficie agrícola son: Amealco de Bonfil, San Juan del Río, El Marqués, Querétaro y Jalpan de Serra, los cuales concentran 46.2 % del total de la entidad.

La ubicación geográfica en que se encuentra la entidad le confiere diversidad orográfica, geológica, hidrológica y climática, que origina una distribución de lluvia muy desequilibrada con precipitaciones fluctuantes de 500 milímetros al año en promedio. Ante estas condiciones y para posibilitar el desarrollo de actividades agrícolas, los diferentes niveles de gobierno, se han abocado a construir obras de riego, aprovechando los recursos hídricos disponibles, para garantizar el desarrollo de estas zonas del país (INEGI, 2007).

En resumen, se analizó los diferentes estudios de caso que se han realizado para evaluar la eficiencia en el manejo del recurso hídrico para la agricultura a nivel

internacional y nivel nacional, se pudo ver que los estudios van orientados a mejorar la relación agricultor-agua, para un mejor manejo y gestión, a escala local se encontró que son pocos los trabajos que se han realizado bajo el enfoque de cuencas.

## Capítulo 3. Caracterización del área de estudio

### 3.1 Aspectos físicos

A continuación, se presentan los aspectos físicos de la microcuenca Fuentezuelas:

#### 3.1.1 Localización

La microcuenca Fuentezuelas, pertenece a la Cuenca del Río Moctezuma y a la Subcuenca del Río San Juan, con una extensión de 42.07km<sup>2</sup> representando el 11.3 % de la superficie total del municipio del Tequisquiapan (Figura 1).

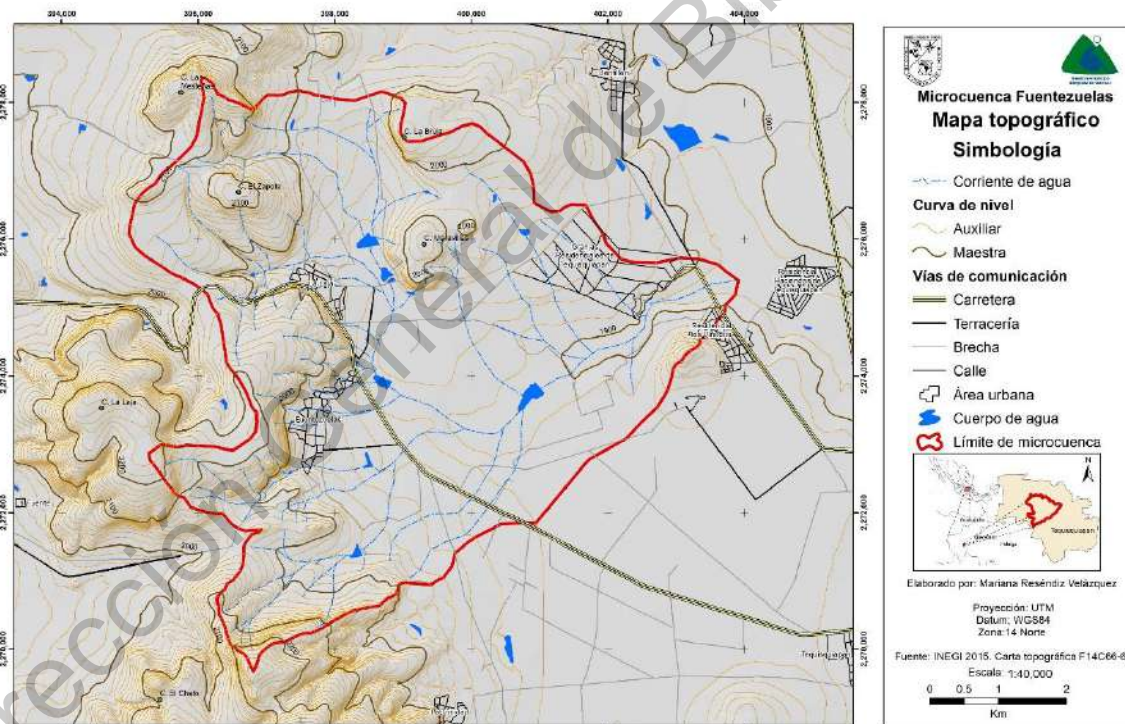


Figura1. Mapa topográfico  
Fuente: Elaboración propia con base en INEGI

La microcuenca se conforma por 7 comunidades de las cuales las más importantes son Fuentezuelas y La Laja, que se encuentran ubicadas en la transición de la parte alta y media de la cuenca, mientras que en la parte baja se encuentra Granjas Residenciales de Tequisquiapan, Colonia los Arquitos, Fátima y Residencial los Viñedos.

### **3.1.2 Hidrografía-Hidrología**

La cuenca, interconecta todo el espacio geográfico que la constituye a través de su hidrografía es decir de los flujos hídricos, superficiales y subterráneos, y los flujos de nutrientes, materia y energía (Walker *et al.*, 2006). El sistema de interconexión y de transferencia entre las partes altas de las cuencas y las zonas bajas son los sistemas de barrancos y de cauces fluviales, por lo que, el principal elemento integrador en una cuenca hidrográfica es el agua; todo lo que ocurre en su territorio repercutirá en la cantidad, calidad y temporalidad de los recursos hídricos (Brooks *et al.*, 2007).

En este sentido puede decirse que la microcuenca Fuentezuelas no presenta corrientes perennes, por lo que se alimenta de diversas corrientes intermitentes y efímeras que nacen en el parteaguas, un ejemplo de este es el arroyo el Garambullo que inicia su cauce al sur de la cuenca y drena sus aguas al este, es importante mencionar que es conducido artificialmente por un canal hacia el norte con la finalidad de dotar de agua a localidades como El Cerrito de las Lozas, El Bordo, El Hoyo del Tepetate, Fuentezuelas y El Vivero.

Como resultado de los escurrimientos provenientes del Noreste y el Norte de la microcuenca especialmente del Cerro El Zapote, Cerro La Bruja y Cerro Maravillas se alimenta una corriente intermitente que es captada por el Bordo Maravillas el cual provee de agua a la comunidad La Laja (Figura 2).

Como punto final, los escurrimientos originados en el norte, oeste (Fuentezuelas) y sur, drenan hacia el este y son captados por el Bordo Nuevo el cual sirve para abastecer las actividades agropecuarias y productivas de las localidades de Granjas Residenciales de Tequisquiapan, Familia Dorantes Nieto,

Familia González Vega, Colonia Los Arquitos y Residencial Los Viñedos localizadas en el exutorio de la microcuenca.

De la hidrología subterránea de la microcuenca se puede inferir que está asociada al Acuífero Valle de Tequisquiapan, con una extensión total de 756.72 km<sup>2</sup>, y con una descarga anual de 2.6 Mm<sup>3</sup>, un volumen concesionado ante el Registro Público de Derecho del Agua de 98.83 Mm<sup>3</sup>/año una recarga de 108.1 Mm<sup>3</sup>/año, que da como resultado que no presente déficit y su condición de Sub explotado.



Figura 2. Manantial en la comunidad de La Laja.  
*Fuente: fotografía tomada en recorrido de campo.*

### 3.1.3 Fisiografía

La microcuenca se sitúa en la Provincia Fisiográfica Eje Neovolcánico y en la Subprovincia Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo. El territorio está conformado por dos sistemas de topoformas: Llanura de Pico Rocoso con Lomeríos y Sierra de Laderas Tendidas con Lomeríos el primero abarca el 66 % de la superficie total ubicándose en la parte media y baja donde se encuentra la mayor parte de los asentamientos humanos y agricultura, el segundo comprende el 34 % y lo encontramos en la parte alta.

### **3.1.4 Pendiente**

La pendiente de una microcuenca permite describir la dinámica del relieve, de tal forma que para la microcuenca Fuentezuelas se tienen pendientes que van desde 0° a 60°.

Es decir, el 60 % de la superficie se encuentra inmersa en pendientes suaves que van de 0° a 5°, abarcando localidades como Granjas Residenciales de Tequisquiapan, El Hoyo del Tepetate, El vivero, Fuentezuelas y La Laja, que representa las zonas donde se establecen los principales cuerpos de agua como Bordo Cordobés, Bordo Maravillas y Bordo Nuevo.

Las pendientes medias con un valor de 5° a 11° abarcan aproximadamente un 25 % de la superficie de la microcuenca, ubicándose al norte, este y oeste, permitiendo el desarrollo de localidades como Colonia Los Arquitos, Colonia Fátima y la zona oeste de La Laja y Fuentezuelas.

Las zonas con pendientes pronunciadas (11° a 60°), son principalmente elevaciones localizadas al norte, este y oeste de la microcuenca como lo son Cerro La tortuga, Cerro Maravillas, Cerro el Zapote y Cerro La Laja, las cuales abarcan el 15 % de la microcuenca y representan las zonas menos accesibles.

### **3.1.5 Geología**

En gran parte de la superficie de la microcuenca afloran rocas ígneas extrusiva y sedimentarias continentales recientes. Las rocas ígneas extrusivas son riolitas y basaltos, con derivados piroclásticos, lo cual quiere decir que son compuestos formados bajo la acción del calor (MGIC, 2016).

Las elevaciones representadas por Cerro Maravillas, Cerro El Zapote y parte de Cerro El Chato están formadas por riolitas poco compactadas y generalmente de textura porfírica y color rosado, que representan un fuerte fracturamiento generalmente relleno por cuarzo y en ocasiones por vesículas de cuarzo y ópalo (Figura 3).



La zona media de la microcuenca se conforma por arenisca compuesta principalmente por granos de cuarzo y en la zona baja cerca del cauce principal existe aluvión.



Figura 3. Toba Riolítica con acumulación de cuarzo  
Fuente: fotografía tomada en recorrido de campo

### 3.1.6 Geomorfología

Dentro de la microcuenca Fuentezuelas existen ocho tipos de geoformas, que indican la presencia de relieve volcánico que son los domos volcánicos, mesa lávica y derrame lávico (MGIC, 2016).

Los domos volcánicos son edificios volcánicos dislocados por la edad geológica, que es causado por disección fluvial dentro de la cuenca, ocupa un 4.6 % representando por el Cerro Maravillas, al norte por el Cerro La Bruja y al oeste por el Cerro La Laja (Figura 4).

Por otro lado, la geoforma con mayor extensión dentro de la cuenca es la mesa lávica que cubre un 33.7 % del territorio de la microcuenca, ubicada al oeste, noroeste (cerro El Zapote) y norte, se caracteriza por presentar procesos de denudación planar, en los cuales existen procesos de disección, presenta superficies cumbres amplias y de escasa pendiente, representan zonas de captación.

El derrame lávico cubre un 22.8 % ubicado al noroeste (La Laja) y centro de la microcuenca, presenta pendiente de intermedia a suave, formado por lavas trezadas-escalonadas que son resultado de una erupción lenta, originando en sus zonas más antiguas barrancos profundos formados por disección vertical resultado de la erosión hídrica.

El relieve mesiforme está representado por la meseta, esto es, una altiplanicie resultado de procesos acumulativos-sedimentarios, afectado por una fase de actividad tectónica que provoca cambios de niveles de base. Se localiza al sur de la microcuenca abarcando el 16.8 % de su superficie total.

El piedemonte conforma la parte alta de la microcuenca, causado por intemperismo de las rocas que han sido transportados por la escorrentía, y posteriormente depositados. Se encuentra representado por las rampas acumulativas y acumulativa-erosiva, así como superficies de deposición sedimentaria, planicies acumulativas, y relieve residual resultado de la erosión lineal y remontante en sus cabeceras. Ambas representan en total el 20.6 % de la microcuenca localizándose al noreste (Granjas Residenciales de Tequisquiapan), oeste y sur permitiendo el desarrollo de la localidad de Fuentezuelas.

El relieve plano representa una planicie sedimentaria ubicada al este de la microcuenca, cubre el 1 % y es resultado de la acumulación sedimentaria, representan superficies jóvenes conformadas por aluviones, volcanoclastos y tobas.

Por último, el relieve fluvial se representa por la geoforma quebrada, ubicada al oeste con una superficie de 0.05 % de la microcuenca, se puede identificar por un relieve resultado de la erosión de los ríos que bajan del Cerro el Zapote, formando barrancos o quebradas profundas, mayores a 50 metros, favoreciendo la inestabilidad de laderas y un cauce rugoso.



Figura 4. Frente lávico

*Fuente: fotografía tomada en recorrido de campo*

### 3.1.7 Edafología

La edafología es la ciencia que estudia la naturaleza y propiedades de los suelos con relación a la producción vegetal (RAE, 2020). En la microcuenca se presentan cuatro tipos de suelos: Feozem, Leptosol, Regosol y Vertisol. En específico el Feozem háplico representando el 38.6 % de la superficie de la microcuenca, Leptosol con el 27.3 %, Feozem lúvico 24.7 %, Vertisol pélico 5.5 % y Regosol eútrico con 3.9 % (MGIC, 2016).

En este sentido se puede decir que los Feozem son resultado de la depositación de material proveniente de la zona media a alta, o de depósitos coluviales, lo cual permite procesos de humificación en sus capas superficiales resultando en un color ocre, una textura no consolidada y riqueza en materia orgánica y nutrientes. Ambos ocupan 63.3 % ubicadas al sur, centro, este y norte de la microcuenca; los Feozem Háplicos son suelos fértiles que tienen limitaciones resultado de la roca parental, por su parte, los Feozem Lúvico presentan una capa de acumulación de arcilla y son medianamente susceptibles a procesos erosivos (Figura 5).

Los Leptosoles y Regosoles son suelos someros, pedregosos y poco evolucionados, cuyo espesor no excede los 30 centímetros, se encuentran en laderas, montañas y escarpes con pendientes abruptas y en algunos casos suelen ser fértiles para desarrollar la agricultura sin embargo no se recomienda realizarla. Se localizan al oeste y norte de la microcuenca cubriendo el 31.2 % de la superficie. Por último, los Vertisoles son suelos evolucionados, profundos y fértiles, formados por depósitos de nutrientes finos (feldespatos-micas), caracterizados por tener arcillas laminares que permiten por su composición la acumulación y escurrentía del agua, se ubica al centro y este en la zona baja de la microcuenca, ocupando un 5.5 % de la superficie total.



Figura 5. Feozem

*Fuente: fotografía tomada en recorrido de campo*

### 3.1.8 Vegetación

Un factor importante a nivel de microcuenca es la vegetación, ya que previenen la degradación y desertificación de los suelos al estabilizar el suelo, mantener el ciclo del agua y los nutrientes, y reducir la erosión hídrica y eólica (FAO, 2015).

### **Matorral crasicaule**

Este tipo de vegetación ocupa 13.78 km<sup>2</sup> representando el 32.9 % de la superficie total de la microcuenca está dominada por especies suculentas, principalmente de la familia Cactaceae, asociadas a especies arbustivas espinosas. Se distribuye en zonas de climas secos, en laderas y lomeríos entre los 1,400 y 2,500 msnm, sobre suelos someros derivados de rocas ígneas, andesitas, riolitas y basaltos y por ende con alto porcentaje de pedregosidad. El matorral Crasicaule se establece en zonas con precipitación que varía entre 300 y 600 mm y con una temperatura de 16 a 22 C° en promedio anual (Figura 6).

### **Matorral subtropical**

Con una superficie de 3.46 km<sup>2</sup> que representa el 8.2 % de la superficie total de la microcuenca. Esta comunidad vegetal se caracteriza por ser árboles de baja estatura muy semejantes a arbustos (2-6m), cuyas copas son por lo regular más anchas que altas, muestran un cambio estacional muy acentuado de 6 a 7 meses (época seca) donde los árboles permanecen sin hojas ofreciendo un aspecto desolado, que contrasta con la época de lluvias donde el matorral se ve exuberante (Rzedowski *et al.*, 2006).

### **Pastizal**

Esta comunidad vegetativa ocupa 3.76 km<sup>2</sup> que representan el 8.9 % de la superficie total de la microcuenca. Los pastizales son especies herbáceas conocidas por “pastos o “zacates”, este tipo de vegetación en la mayor parte de los casos es de gran interés económico pues es el alimento preferido para el ganado bovino. De acuerdo con la CONABIO (2020) los pastizales, son fuente de alimentos, fibras y combustibles, contribuyen a la regulación del clima, la polinización, la purificación, además tienen valor cultural, espiritual y recreativo.



Figura 6. Matorral Crasicaule y pastizal inducido  
Fuente: fotografía tomada en recorrido de campo

### **3.1.9 Uso de suelo**

La utilidad que los seres humanos le dan o pueden dar a la superficie terrestre y a la vegetación que la cubre, se le denomina uso de suelo, el cual se clasifica considerando algunas actividades primarias (agricultura y acuicultura), el asentamiento humano o el tipo de vegetación que la cubre (CEDRSSA, 2015a).

#### **Agricultura de riego**

La agricultura de riego ocupa una superficie de 12.54 km<sup>2</sup> que es el 29.8 % de la superficie total. Este tipo de agricultura utiliza agua suplementaria para el desarrollo de los cultivos durante el ciclo agrícola, por lo que se basa principalmente en la manera de cómo se realiza la aplicación del agua, existen diferentes sistemas de riego recomendables para cada cultivo o región, algunos de ellos son: riego por goteo, por aspersión, bombeo y por gravedad (Figura 7).

#### **Agricultura de temporal**

Dentro de la microcuenca cubre una superficie de 4.80 km<sup>2</sup> que representa el 11.4 % de la superficie total. Este tipo de agricultura se produce a partir del ciclo de lluvia y depende completamente de ello, al igual que la capacidad del suelo para captar el agua y conservar la humedad, el tiempo que dura el cultivo en el suelo, puede

llegar a ser a más de diez años en el caso de los frutales o por periodos como los cultivos de verano.

### Zona urbana

La zona urbana de la microcuenca cubre un total de 3.70 km<sup>2</sup> que representa el 8.8 % de la superficie total. Esta se caracteriza de zonas con amplio desarrollo en sectores de servicios y que dan mayor capacidad de sostenimiento a una sociedad. En la zona se observan áreas con obras de infraestructura destinadas a actividades productivas como granjas porcinas avícolas, así como zonas sin vegetación y bancos de cantera destinados a la sobreexplotación.

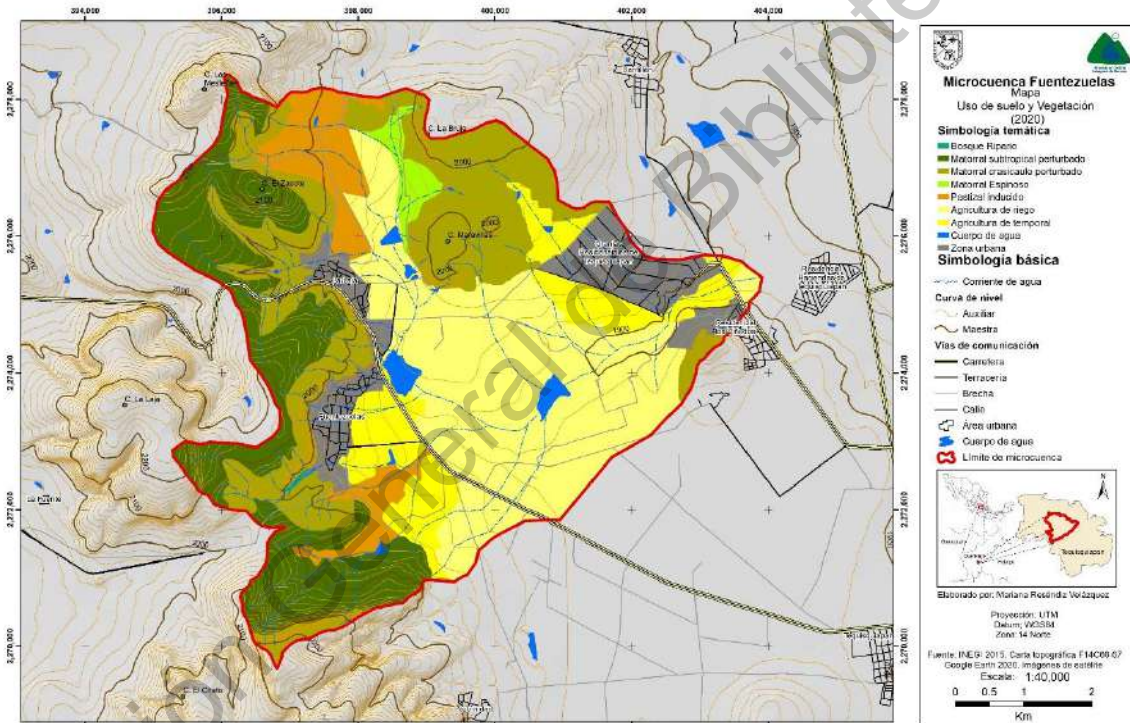


Figura 7. Uso de suelo y vegetación 2020  
Fuente: Elaborado con base en INEGI

### 3.1.10 Climatología

De acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por Enriqueta García para México en 1998, la microcuenca Fuentezuelas presenta el clima BS1kw (w), este tipo de clima corresponde al grupo de los climas secos (B) y subtipo semiseco

templado. El régimen de precipitación se presenta en verano con un porcentaje de lluvias invernales respecto al total anual que varía entre 350 y 400 mm.

La temperatura media anual se encuentra entre 5°C y 12°C, mientras que la temperatura del mes más frío oscila entre -3°C y 18°C. Por lo que a manera de resumen se puede interpretar que el clima en la microcuenca es semiseco templado con lluvias en verano y escasa precipitación en invierno.

### **3.2 Aspectos Sociales**

A continuación, se presentan los aspectos sociales y económicos de la microcuenca Fuentezuelas:

#### **3.2.1 Antecedentes históricos**

La microcuenca Fuentezuelas se ubica en el municipio de Tequisquiapan, el cual tiene origen Náhuatl, de la cual “Tequexquitl”, que significa tequexquite y “Atl”, simboliza agua, que juntas quieren decir: “lugar de agua de tequexquite” (Municipio de Tequisquiapan, 2018).

Es en el municipio de Tequisquiapan donde se tiene registro de los primeros pobladores en el Estado de Querétaro, los cuales se remontan hacia los años 1500 y 2500 A.C., por lo que existen datos de estudios realizados a restos óseos descubiertos en la cueva de San Nicolás, lugar situado en este municipio. Dichos restos señalan que los rasgos de hombres de mediana estatura de cabeza alargada, correspondían al tipo característico de los que pueden ser considerados los primeros pobladores del territorio de Querétaro, los cuales todavía no conocían la agricultura ni la cerámica y pertenecían al tipo humano que atravesó el estrecho de Behring (Vega, 2008). Posteriormente, años antes de que los conquistadores españoles pisaran tierra en este continente, el suelo de Tequisquiapan era habitado por indígenas Otomíes en el límite territorial Oriente del municipio, lindando con el actual Estado de Hidalgo y con los Chichimecas en el resto del territorio; predominando los asentamientos en las comunidades situadas al Sur y al Poniente de la Cabecera Municipal (Vega, 2008).



Años más tarde entrando el siglo XX, la revolución se hizo presente en Tequisquiapan, aunque únicamente a modo de vía de tránsito para los ejércitos de Villa, Carranza y Obregón. No se registraron acontecimientos de relevancia, el auge de la región como territorio abocado a las actividades agrícolas, siguió su rumbo. A pesar de ello, durante 1920 y por circunstancias nacionales de guerra, los poderes del Estado de Querétaro, pasan a tener su sede en el municipio de Tequisquiapan. Sería hasta 1939 cuando pasa a ser declarado Municipio Libre y Autónomo (Vega, 2008).

### **3.2.2 Perfil Sociodemográfico**

#### **3.2.2.1 Población**

La microcuenca Fuentezuelas, tiene una población actual de 5, 799 habitantes. La división por sexo, muestra que la cantidad de mujeres asciende a 3,002, mientras que hombres es de 2,745. De tal población la localidad de Fuentezuelas alberga 3,434 de los cuales 1,828 son mujeres y 1,606 son hombres; la Laja tiene 1,311 habitantes, donde 680 son mujeres y 631 hombres; Residenciales Granjas Tequisquiapan con 392 pobladores, siendo 209 mujeres y 183 hombres; en la Colonia Fátima hay 239 habitantes, de ellos son 124 mujeres y 115 hombres; Residencial Viñedos con la cantidad de 209, 105 mujeres y 104 hombres; la localidad de Los Arquitos 214, siendo 108 mujeres y 106 hombres (INEGI, 2020)

#### **3.2.2.2 Marginación**

La marginación se asocia a la carencia de oportunidades sociales y a la ausencia de capacidades de adquirirlas o generarlas, pero también a privaciones e inaccesibilidad a bienes y servicios fundamentales para el bienestar. En consecuencia, las comunidades marginadas enfrentan escenarios de elevada vulnerabilidad social cuya mitigación escapa del control personal o familiar (CONAPO, 2012) (Tabla 1).

Para conocer la situación de marginación dentro de la microcuenca, se consultó el índice de marginación de la CONAPO (2010). Podemos observar que Los Arquitos poseen un grado de marginación alto, seguidas por Fátima, La Laja y Fuentezuelas

con un grado medio, Residenciales Granjas con un grado bajo y Residencial Viñedos con un grado muy bajo. Lo cual indica que es necesario encontrar una estrategia para fortalecer las capacidades y oportunidades para el desarrollo en las localidades con mayor grado de marginación, principalmente en localidades Los Arquitos, quienes presentan los índices de marginación más altos dentro de la microcuenca.

Tabla 1. Índice y grado de marginación por Localidad

Localidad	Índice de Marginación	Grado de marginación
Fuentezuelas	7.09	Medio
La Laja	7.5	Medio
Residencial Granjas	4.77	Bajo
Fátima	8.15	Medio
Residencial Viñedos	1.02	Muy bajo
Arquitos	11.26	Alto

Fuente: Elaboración con base en CONAPO (2010).

### 3.2.2.3 Rezago Social

De acuerdo al CONEVAL (2020) el rezago social abarca múltiples aspectos como, la educación, acceso a servicios de salud, servicios básicos y de calidad, vivienda y activos en el hogar (Tabla 2).

De esta manera, constituye una medida ponderada que permite ordenar a las localidades, municipios y entidades federativas de acuerdo con las carencias sociales de su población (INEGI, 2020).

Tabla 2. Rezago Social

Comunidad	Índice de Rezago Social	Grado de Rezago Social	Lugar que ocupa en el contexto nacional
Fuentezuelas	-0.87	Bajo	85,418
La Laja	-0.75	Bajo	79,893
Grajas Residenciales de Tequisquiapan	-1.38	Muy bajo	103,422
Residencial Los Viñedos	-1.89	Muy bajo	107,154
Colonia Fátima (ejido de Fuentezuelas)	-0.70	Bajo	77,612
Colonia Los Arquitos	-0.50	Bajo	68,230

Fuente: Elaboración con base en CONEVAL (2020).

### 3.2.2.4 Migración

La migración es un componente decisivo de los procesos de redistribución espacial de la población y tiene implicaciones para comunidades, hogares y personas. Para las comunidades tiene efectos demográficos, sociales, culturales y económicos. Para las personas, la migración se enmarca en una estrategia elaborada, es un recurso para el logro de determinados objetivos, orientados a enfrentar una crisis económica o mejorar la calidad de vida (CEPAL, 2020).

En el caso de la Microcuenca Fuentezuelas, la migración está presente tanto en la expulsión como en la recepción de habitantes. En este sentido, el movimiento migratorio dentro de la microcuenca se basa en dos tipos de inmigrantes: los acumulados y los recientes. La inmigración reciente permite confirmar el patrón observado con la inmigración acumulada. Los migrantes recientes “comprenden a los mayores de cinco años de edad que en 2005 vivían en otra entidad federativa, y a los migrantes acumulados que son menores de cinco años que nacieron en otra entidad”.

### 3.2.3 Aspectos Económicos

#### 3.2.3.1 Tenencia de la Tierra

La tenencia de la tierra de la microcuenca Fuentezuelas está conformada por propiedad de régimen ejidal y pequeña propiedad. La superficie que pertenece a ejido es de 22.16 km<sup>2</sup> que corresponden al 52.7 % de la superficie total de la microcuenca, por otra parte, la pequeña propiedad representa 19.9 km<sup>2</sup> (Figura 8).

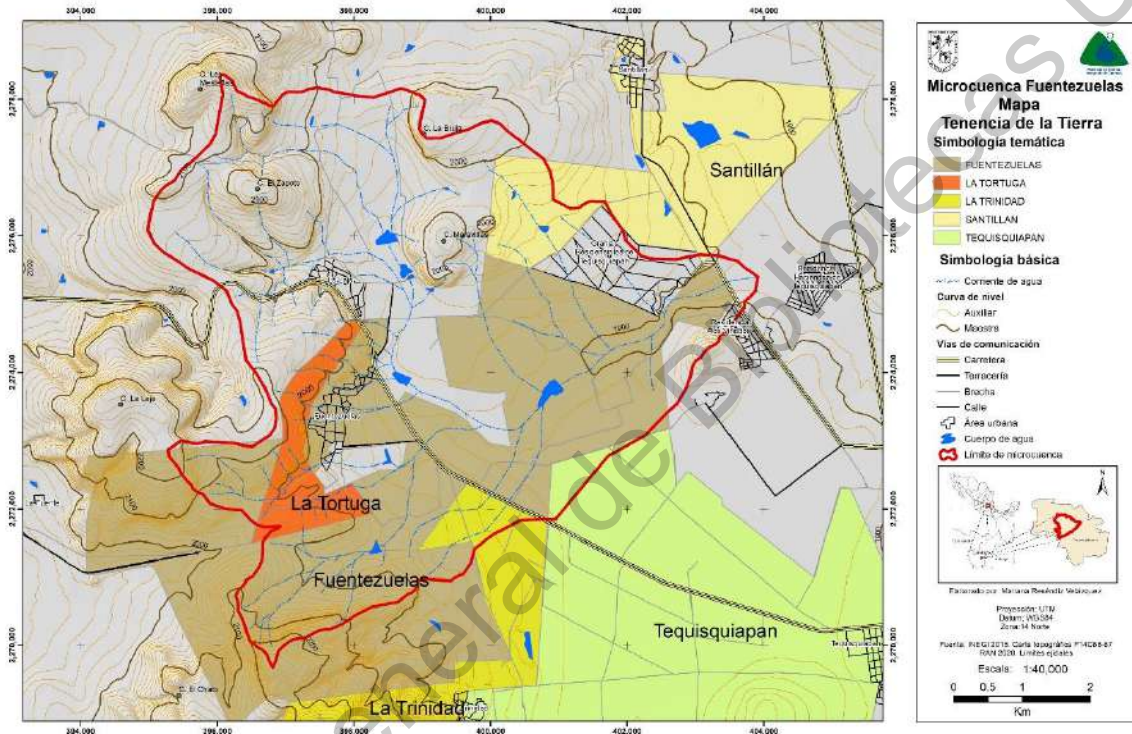


Figura 8. Tenencia de la Tierra  
Fuente: elaborado con base en INEGI (2015) y RAN (2020).

### **3.2.3.2 Población económicamente activa.**

De la población económicamente activa, el 55 % de los hombres se encuentran en condiciones de trabajar y el 21 % son estudiantes, jubilados o sufren de alguna discapacidad; en el caso de las mujeres el 20 % pertenece a la población económicamente activa, el 55 % son amas de casa, estudiantes, jubiladas o sufren alguna discapacidad.

En cuanto al porcentaje de desempleo se puede decir que es bajo, el 2 % de los hombres está desempleado, y en el caso de las mujeres es menor al 1 %, sin embargo, la población económicamente activa alcanza solo el 37 %, mientras que la población económicamente inactiva es de 38 %, en su mayoría mujeres de 12 años en adelante.

### **3.2.3.3 Estructura y dinámica**

Con respecto a la estructura y dinámica que se presenta en la microcuenca, se orienta hacia el sector terciario con una mayoría de población ocupada en el rubro de servicios, seguida por el sector primario y por último el sector secundario con la maquila de prendas y elaboración de artesanías.

### **3.2.3.4 Sistemas de producción o sectores**

De acuerdo al Censo de población y vivienda INEGI (2020), la principal actividad económica en la microcuenca Fuentezuelas se centra en el sector secundario representado por los sub-sectores urbano e industrial, pues un alto índice de habitantes de las localidades trabaja para la industria en zonas contiguas al municipio de Tequisquiapan, especialmente en El Marqués (Tabla 3).

Tabla 3. Orientación Sectorial por Localidad

Localidad	Sector	Actividad sectorial	Orden
La Fátima	Secundario	Construcción	1°
Arquitos	Secundario	Construcción	1°
La Laja	Secundario	Industria Manufacturera	2°
Fuentezuelas	Primario	Agricultura	3°
Residencial Granjas T.	No especificado	*	*
Residencial Viñedos	No especificado	*	*

Fuente: Censo de población y vivienda INEGI, 2020.

Respecto al sector secundario, en la comunidad de Fuentezuelas se identificó, un pequeño grupo de labradores y artesanos de la piedra, quienes se trasladan a los municipios de Pedro Escobedo y San Miguel de Allende (Guanajuato) para comercializarlos. Otro subsector se dedica a la albañilería, principalmente en los municipios de Tequisquiapan y Querétaro.

Por último, el sector primario (agropecuario) agricultura de temporal- riego y ganadería. En el caso de la actividad agrícola se basa en el cultivo de maíz, frijol, chile jalapeño, alfalfa, sorgo, tomate y pasilla que son usadas para autoconsumo, mientras que los ejidatarios al ser poseedores de más hectáreas pueden realizar la venta de sus productos a nivel nacional, sin embargo, debido a la falta de interés de la población por no ver redituable esta actividad, la producción ha disminuido a comparación de años anteriores. La minería se identificó como otro subsector importante, no obstante, su extracción es poca debido a la falta de herramientas. En las minas se encuentra ópalo, el cual es vendido en bruto con un costo bajo en comparación con quienes trabajan las piedras.

A modo de conclusión de este apartado, los dos sectores más importantes de es primario y el secundario, orientados hacia la agricultura, la construcción y la industria manufacturera, sin embargo, de estos dos el sector secundario tiene mayor presencia dentro de la microcuenca.

### 3.2.3.5 Subsidios para el campo

Los subsidios destinados a la microcuenca Fuentezuelas son principalmente del gobierno municipal y estatal. Dichos subsidios estatales de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SEDEA, 2020) destinados al campo son los siguientes:

- **Apoyo compra de forraje y el traslado de agua:** El proyecto de apoyo para los productores pecuarios de la Asociación Ganadera Local de Tequisquiapan, será de un monto de 80 mil pesos para la compra de forraje y el traslado de agua en pipa.
- **Apoyo para adquisición de material vegetativo para producción de vid:** El proyecto de apoyos para adquisición de material vegetativo para producción de vid forma parte de la Dirección de Fomento y Desarrollo Agropecuario y tiene como objetivo apoyar a los productores vitivinicultores, para que incrementen la superficie y producción de la uva en el estado para obtener vinos de calidad enológico, para incrementar la capitalización de sus unidades de producción.
- **Apoyo a sistemas de riego por goteo:** Como parte de los programas de Concurrencia con las Entidades Federativas (con el componente de Infraestructura, equipamiento, maquinaria y material biológico) y el de Fomento al Desarrollo Agropecuario, Forestal y Pesca 2017-2021 (con el componente de Sustentabilidad hídrica en el campo) de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario, se llevó a cabo la entrega de sistemas de riego por goteo al pozo 16 en Fuentezuelas.

- **Apoyo a la producción y capitalización de productores rurales:** Apoyo a los productores agropecuarios del municipio para la construcción y rehabilitación de infraestructura, equipamiento, adquisición de insumos, comercialización, servicios de capacitación y asistencia técnica. El objetivo es contribuir a elevar la rentabilidad en la actividad agropecuaria forestal y de pesca.
- **Apoyo a infraestructura hidroagrícola:** Apoyo a los productores agropecuarios del municipio para la construcción, rehabilitación y/o equipamiento de infraestructura para la captación y uso eficiente del agua.
- **Apoyo al Fortalecimiento de la Economía de las Familias Rurales:** Apoyo a los habitantes del medio rural en la generación de empleo temporal y para el equipamiento y producción de traspatio
- **Impulso a la Productividad Forestal:** Contribuye a conservar y restaurar los diferentes ecosistemas, produciendo planta que se utilizan para reforestación en escuelas, parques y calles y así reducir las emisiones de carbono generadas por la deforestación y degradación forestal.



## Capítulo 4. Metodología

Por la naturaleza de la investigación se planteó una metodología dual, quiere decir que a través de herramientas cualitativas se hizo el levantamiento de información de primera mano. Por otro lado, los datos cuantitativos se han obtenido a través de datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) y la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), que posteriormente nos servirán para el análisis de la información. Ahora bien, para cumplir el objetivo se ha trazado una ruta metodológica con el objetivo de identificar las etapas, la duración total de cada una de ellas y las actividades para cumplir con los objetivos mencionados (Figura 9).

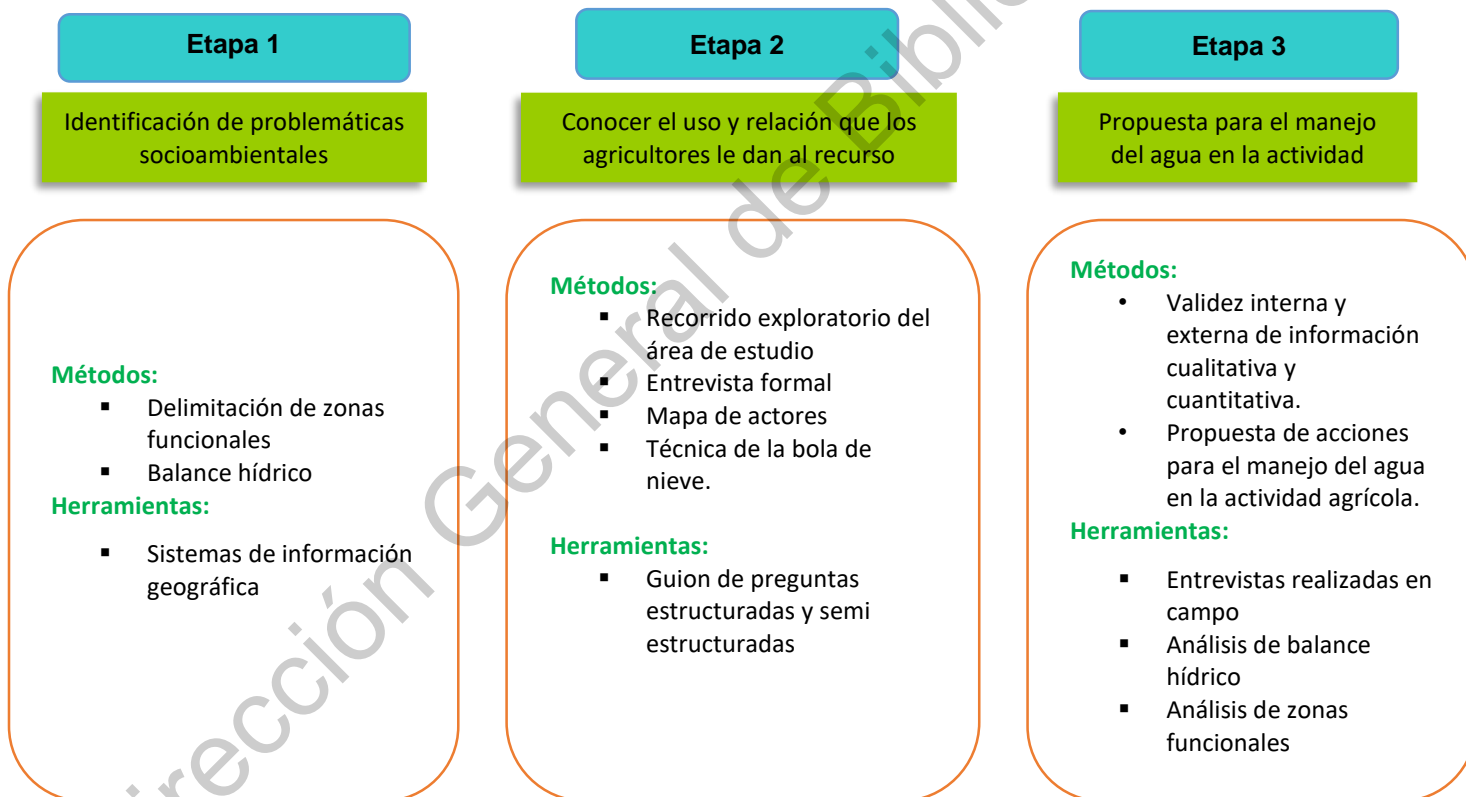


Figura 9. Ruta metodológica para “Propuesta de manejo del agua para la actividad agrícola en la microcuenca Fuentezuelas”. Fuente: *Elaboración propia.*

## **4.1 Etapa 1: Identificación de problemáticas**

En esta etapa se identificaron las problemáticas socioambientales en torno al uso del agua en la actividad agrícola en la microcuenca Fuentezuelas, se llevó a cabo la delimitación de las zonas funcionales, así como la morfometría y el balance hídrico, a partir de estos se pudo conocer y analizar el estado actual de la agricultura y hacia dónde se dirige esta actividad al ser una actividad esencial en el día a día, así como del manejo y gestión del recurso hídrico en esta actividad.

### **4.1.1 Delimitación de zonas funcionales**

Las zonas funcionales y las unidades de paisaje de una cuenca permiten analizar de manera sistémica los procesos presentes y futuros en los subsistemas y la dinámica histórico-evolutiva de sus componentes (ambientales, sociales y económicos), a la vez que permiten trabajar con diferentes escalas de análisis (Valdés y Hernández, 2018). Por lo que las áreas en las que se divide una cuenca hidrográfica diferenciada por su estructura paisajística, van a desempeñar una función específica dependiendo de su posición espacial, asimismo permiten entender la dinámica funcional de una cuenca (Valdés y Hernández, 2018).

Para llevar a cabo la delimitación de zonas funcionales a escala local se retomó el método aplicado por Valdés y Hernández (2018), adaptándolo para obtener las zonas a nivel microcuenca, lo cual permitió la delimitación a escala de salida 1: 40,000. El método inició por la generación del Modelo Digital de Elevación (MDE), a partir del mapa de curvas de nivel escala 1: 50,000, proporcionado vía web por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), para el cuadrante de la microcuenca, se obtuvieron los insumos cartográficos referentes a curvas de nivel a cada diez metros, un hillshade y la red hidrográfica inferida obtenida a partir de las curvas generadas.

Posteriormente, se recortó el MDE para la microcuenca, realizando la curva hipsométrica con el propósito de tener una primera aproximación a los tres rangos altimétricos correspondientes a cada zona funcional (alta, media y baja).

A partir de los rangos altitudinales, se modificaron los límites de las zonas con base en el análisis e interpretación de las curvas de nivel, la red hidrográfica inferida, morfometría de la cuenca y el modelo de sombreado del relieve, de manera que, en función de los siguientes criterios se describen las tres zonas funcionales:

**a. Zona de captación hídrica (cabecera)/cuenca alta:** área aledaña a la divisoria de aguas, incluyendo al parteaguas, laderas montañosas y las zonas de lomeríos correspondientes a las áreas transicionales entre las corrientes de 1er y 2do orden; mayor energía del relieve, pendiente y altimétricamente dentro de las más elevadas de la cuenca.

**b. Zona de captación-transporte hídrico/cuenca media:** zona transicional en donde se desarrolla e integra la red hidrográfica de 2do, 3ero, y 4to orden; zonas de lomeríos, colinas y áreas inter-fluviales, también incluye los piedemontes, con pendiente del terreno y energía del relieve medias y altimétricamente posicionada entre las partes alta y bajas de las cuencas. Incluye zonas de abanicos coalescentes.

**c. Zona de emisión hídrica/cuenca baja:** área receptora del sistema hidrográfico, que incluye el área del cauce principal (corriente de mayor orden) en su desembocadura al mar, o a un cuerpo colector interno (perenne o intermitente) más importante.

Los límites de las zonas funcionales fueron modificados y detallados, a partir de la interpretación visual, considerando que la escala de despliegue de la información fuera congruente con la escala fuente de los mismos. La herramienta que se utilizó para desarrollar el método antes mencionado fue la plataforma de Sistemas de Información Geográfica (SIG) Arc Gis (10.5), aplicando como las variables necesarias los archivos en formato raster referentes al MDE y Hillshade, los archivos vectoriales de curvas de nivel y red hidrográfica inferida; como insumo también fue necesaria la curva hipsométrica y morfometría de la microcuenca. Lo anterior se analizó mediante la técnica de sobreposición y análisis visual cartográfico.

### 4.1.2 Morfometría

Por último, para calcular la morfometría de la microcuenca se realizaron ecuaciones estándar que se aplicaron con base en la delimitación de la microcuenca, así como de las corrientes intermitentes y efímeras obtenidas de las curvas de nivel a cada 10 metros (Tabla 4).

Tabla 4. Parámetros morfométricos.  
Fuente: Elaborado con base en Valdés y Hernández (2018).

Parámetro	Indicador	Fórmula/Definición	Unidades
<b>Forma</b>	Área de la cuenca(Ac)	Superficie comprendida dentro del parteaguas	km <sup>2</sup>
	Perímetro de la cuenca(Pc)	Longitud de la línea del parteaguas	Km
	Longitud axial de la cuenca (Lc)	Distancia del punto más alejado del exutorio de la cuenca que sigue el comportamiento del río principal y toca el extremo del parteaguas	Km
	Ancho promedio de la cuenca (W)	$W=Ac/Lc$	Km <sup>2</sup> /km
	Coeficiente de compaciad o índice de gravelius(K)	$K=0.282*Pc/\sqrt{Ac}$	-
	Factor de forma(Rf)	$Rf=W/Lc$	-
	Relación de elongación(Re)	$Re=1.128*\sqrt{Ac/Lc}$	-
	Índice de alargamiento(la)	$la= Lm/Am$	-
	Índice de homogeneidad (Ih)	$Ih=Ac/Sz$	-
<b>Relieve</b>	Curva Hipsométrica(Ch)	Expresa la distribución del área de acuerdo a su elevación dentro del límite de la cuenca.	-
	Altura media (A)	$A= V/Ac$	Msnm
	Elevación media (E)	$E=(\sum a*e)/Ac$	Msnm
	Pendiente de la cuenca (S)	$S=100 [(H*L)/Ac]$	%
	Orientación de la cuenca	Dirección geográfica según la resultante de la pendiente general de las laderas	Dirección
<b>Drenaje</b>	Longitud del cauce principal (Lcp)	Distancia de la proyección horizontal del cauce principal	Km
	Pendiente media del cauce principal(P)	$P= [(Hmáx*Hmín)/Lcp] *100$	%
	Densidad de drenaje(Dd)	$Dd=Lcorr/Ac$	Km/km <sup>2</sup>
	Densidad de corrientes (Dc)	$Dc=Ca/Ac$	Corr/km <sup>2</sup>
	Orden de la cuenca	según Schumm y Strahler	-
	Relación de bifurcación(Rb)	$Rb=Nn/Nn+1$ , $Rb=(Rb1+Rb2+Rbn)/número\ de\ Rbs$	-
	Tiempo de Concentración (tc)	$Tc= 0.06628*(Lcp0.77/S0.385)$	hrs

### 4.1.3 Balance Hídrico

El balance hídrico es un método de medición el cual sirve para analizar la entrada y salida en una cuenca en un tiempo determinado, gracias a este es posible hacer una evaluación cuantitativa de los recursos hídricos y sus modificaciones por influencia del hombre. De acuerdo al Diario Oficial de la Federación (DOF, 2015), el balance hídrico tiene el objetivo de determinar la disponibilidad anual de las aguas nacionales superficiales y del subsuelo, para su explotación, uso o aprovechamiento.

En el caso de la microcuenca Fuentezuelas se llevó a cabo el cálculo del balance hídrico para un periodo de tiempo de un año DOF (2015), expresando los valores finales en  $\text{hm}^3$ , de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\Delta V = \text{Ingresos} - \text{Egresos}$$

$$\Delta V = (C_p + R_e) - (A_b + U + E_v)$$

#### Entradas:

**C<sub>p</sub>**: E scorrimiento natural por cuenca propia

**R<sub>e</sub>**: Retornos de agua por riego

#### Salidas:

**A<sub>b</sub>**: E scorrimiento a la salida de la cuenca

**U**: Usos del agua en la cuenca

**E<sub>v</sub>**: Evaporación en cuerpos de agua

## Entradas

### 4.1.3.1 Escurrimiento natural por cuenca propia (Cp)

Se refiere al volumen de agua que escurre proveniente del volumen de agua llovida restándole el volumen interceptado por la vegetación, el volumen infiltrado y el volumen evapotranspirado, sin embargo, debido a la dificultad para obtener algunas variables el cálculo se puede simplificar considerando lo siguiente:

$$\text{si: } V^* = \text{Int} + \text{Etp} + \text{Inf}$$

$$C_p = \text{VII} - (\text{Int} + \text{Etp} + \text{Inf})$$

$$C_p = \text{VII} - V^*$$

$$\text{Ahora, si } V^* = \% \text{VII}$$

$$C_p = \text{VII} - \% \text{VII} = (100 - \% ) \text{VII}$$

$$C_p = C_e - \text{VII}$$

#### Donde:

Ce= Coeficiente de escurrimiento (% de lluvia que se convierte en escurrimiento)

Voll= Volumen de agua llovido

Int=Intercepción

Etp= Evapotranspiración

Inf= Infiltración

V\*=Volumen de agua que no escurre

Cp=volumen de agua que si escurre

$$\text{VII} = P * A_c$$

#### Donde:

P= Precipitación (mm)

Ac= Área (km<sup>2</sup>)

$$C_e = K (P - 250) / 2000 + K - 0.15 / 1.5 \text{ al tener un } K > 0.15$$

Las fuentes cartográficas que permitieron el cálculo de las fórmulas anteriores fueron el uso de suelo y vegetación y suelos a escala 1:50,000.

## **Salidas**

### **4.1.3.2 Retornos de agua (Re)**

Para el cálculo de esta variable se tomó en cuenta el total de agua destinada para uso doméstico y agrícola. Se realizaron dos cálculos de retornos para la microcuenca, se basó en el volumen total de agua suministrada por los pozos con base en la información proporcionada por el del REDPA y la CONAGUA.

### **4.1.3.3 Usos del agua en la cuenca (U)**

Para este análisis de tomatón en cuenta los usos del agua más significativos dentro de la microcuenca Fuentezuelas que son el doméstico y agrícola, con base a la información proporcionada por Cartocrítica y CONAGUA.

### **4.1.3.4 Evaporación en cuerpos de agua (Ev)**

El cálculo de la evaporación se llevó a cabo siguiendo los siguientes pasos:

- Identificación de los cuerpos de agua
- Ubicación de la(s) estación (es) climáticas cercanas
- Recopilar datos del evaporímetro de la estación, Lev
- Afectar los valores medidos por un factor de corrección (evaporímetro), Lne
- Obtener el vol. de evaporación con la superficie del cuerpo de agua, E

### **4.1.3.5 Presión sobre el recurso hídrico**

Se determina como la relación en porcentaje del volumen asignado más el concesionado entre la disponibilidad media anual por cuenca o acuífero, conforme a la información publicada por la Comisión Nacional del Agua en la Norma Mexicana NMX-AA-159-SCFI-2012. El nivel de la presión de uso se establecerá de acuerdo a los valores de la siguiente tabla (Tabla 5):

Tabla 5. Presión de uso.

	Muy Alta	Alta	Media	Baja
Presión de uso	$\geq 80\%$	$\geq 40\%$	$\geq 11\%$	$\leq 10\%$

Fuente: Elaboración con base en NMX-AA-159-SCFI-2012

## 4.2 Etapa 2. Conocer el uso y relación que los agricultores le dan al recurso hídrico en la microcuenca Fuentezuelas.

En esta etapa se conoció el uso y relación que los agricultores le dan al recurso hídrico en la microcuenca Fuentezuelas, esta etapa se llevará a cabo a partir de una metodología cualitativa, donde se implementaron distintas técnicas como el mapa de actores, bola de nieve y una entrevista a profundidad con la que se pretende conocer la perspectiva y realidad social que los actores sociales tienen en cuanto al manejo y gestión del recurso hídrico en la actividad agrícola. Posteriormente se analizará la información para llevar a cabo las propuestas de manejo del agua en esta actividad.

### 4.2.1 Identificación de actores sociales

A través de la herramienta conocida como mapa de actores la cual es una herramienta de gran utilidad para la gestión de proyectos de desarrollo. Esencialmente, supone “el uso de esquemas para representar la realidad social en que estamos inmersos, comprenderla en su extensión más compleja posible y establecer estrategias de cambio para la realidad así comprendida” (Gutiérrez, 2007, citado en Tapella, 2007). El mapeo de actores permite entonces, crear una referencia rápida de los principales actores involucrados en un tema o conflicto. Permite trascender la mera identificación o listado de los mismos, para indagar, por ejemplo: sus capacidades, intereses e incentivos. También facilita distinguir áreas de acuerdo y desacuerdo; clarificando los canales de influencia entre ellos, identificando el esquema general de alianzas y coaliciones, y los espacios de poder de los cuales participan, además, el mapeo de actores favorece la identificación de acciones y objetivos expresados en torno a una situación concreta (Ortiz *et al.*, 2016). En el caso de la microcuenca Fuentezuelas, se realizó un mapa de actores



donde los principales actores involucrados fueron los agricultores, campesinos, ejidatarios y servidores públicos, quienes permitieron identificar las problemáticas en torno al uso del agua en la agricultura, así como la situación actual dentro de la microcuenca.

#### **4.2.2 Técnica la Bola de nieve**

Se define como una técnica de investigación en que el primer sujeto que se contacta da al investigador el nombre de otro sujeto, que a su vez proporciona el nombre de un tercero, y así sucesivamente. También puede colocarse dentro del grupo de las metodologías de vínculo, las cuales buscan sacar ventaja de las redes sociales de los entrevistados a fin de brindar al investigador un conjunto de contactos potencialmente expandible (Van Meter, 1990). La aplicación de esta técnica consistió en identificar a informantes claves, los cuales posteriormente facilitaron el contacto otros actores importantes, que pudieron brindarnos información útil para llevar a cabo esta investigación.

#### **4.2.3 Entrevista a profundidad**

En esta técnica, el entrevistador es un instrumento más de análisis, explora, detalla y rastrea por medio de preguntas, cuál es la información más relevante para los intereses de la investigación, por medio de ellas se conoce a la gente lo suficiente para comprender qué quieren decir, y con ello, crear una atmósfera en la cual es probable que se expresen libremente (Taylor y Bogdan, 1990).

Asimismo, se tiene un carácter cercano y personal con el otro, logrando construir vínculos estrechos, inmediatos y fieles; en este sentido, no es casual que en ocasiones estos contactos deriven en conexiones sólidas e intensas con los entrevistados; por lo que ser sensato, prudente e incondicional, forma parte fundamental para el desarrollo de esta técnica, no sólo en el desarrollo de la entrevista, también durante la construcción de los datos (Robles, 2011).

La entrevista a profundidad aplicada a los actores clave constó de 30 preguntas las cuales se basaron en temas sobre el uso del agua en la agricultura, así como la

situación actual de la agricultura en Fuentezuelas, los actores a quienes se aplicaron las entrevistas fueron seleccionados a partir de las técnicas mencionadas anteriormente, el acercamiento con los actores fue de manera presencial, con una duración de cada entrevista de 30 minutos. Posteriormente, el vaciado de la información fue a partir de una transcripción de cada una de las entrevistas para posteriormente realizar un análisis de los datos obtenidos.

#### **4.3 Etapa 3. Sistematización de la información y elaboración de propuesta de manejo del agua para la actividad agrícola.**

En esta etapa se realizó el análisis de los resultados obtenidos, a partir de los datos cualitativos y cuantitativos, los cuales nos muestran un escenario general de la situación actual del manejo del agua en la agricultura en la microcuenca Fuentezuelas, con base a la información obtenida, se llevarán a cabo las propuestas para el manejo del agua en la microcuenca Fuentezuelas, dichas propuestas se realizaran tomando en cuenta los criterios obtenidos a partir de la metodología empleada y así como en los insumos y técnicas con los que ya cuentan los agricultores.

A modo de conclusión, este capítulo nos permitió, desarrollar los instrumentos metodológicos más pertinentes para esta investigación, con los cuales se pudieron trabajar de manera multidisciplinar. A partir de estos procesos, se generaron nuevos conocimientos acerca del manejo del agua en la agricultura y a la par surgieron nuevas ideas e interrogantes acerca de este tema, las cuales nos permiten tener una perspectiva más amplia de esta investigación.

## **Capítulo 5. Análisis de resultados**

A partir de la metodología desarrollada anteriormente, en este capítulo se muestra el análisis y la relación entre los distintos resultados. En la primera parte se muestran los resultados cuantitativos que nos permitieron tener una perspectiva más amplia y actualizada de la parte biofísica de la microcuenca, por otro lado, se muestra el análisis de los resultados cualitativos, donde se pudo conocer y examinar, la relación que tienen los agricultores con el recurso hídrico y con el manejo del agua en la actividad agrícola.

### **5.1 Etapa 1. Identificación de las problemáticas socioambientales generadas en la microcuenca en torno al uso del agua en la actividad agrícola.**

#### **5.1.1 Zonas funcionales y morfometría de la microcuenca Fuentezuelas**

A partir de la curva hipsométrica se identificó el comportamiento del relieve, así como la primera aproximación para definir las zonas funcionales. Los resultados mostrados en la figura 10, indican una microcuenca en su etapa de madurez, o de equilibrio donde predominan los procesos de transporte de sedimentos y de agua, a la vez que no se descarta el efecto de la erosión hídrica en las zonas con mayor altitud.

Además, según los indicadores morfométricos de forma, entre los cuales se encuentran el área (42.07 km<sup>2</sup>), el perímetro (32.77 km), la longitud axial de la cuenca (8.34 km), ancho promedio de la cuenca (5.04 km<sup>2</sup>/km), el factor de forma (0.60), el coeficiente de compacidad (1.42), la relación de elongación (0.88), el índice de alargamiento (0.99), índice de homogeneidad (0.66) la cuenca se clasifica como pequeña o microcuenca con una forma oval redonda, moderadamente achatada, con crecientes debido al relieve bajo que predomina en ella.

El relieve de la microcuenca se describió mediante la pendiente y el cauce principal, los cuales están directamente relacionadas con su evolución geológica, la capacidad de infiltración del suelo, la recarga del acuífero y el aporte a la escorrentía superficial que se desarrolla en cada zona funcional.

De manera específica, la pendiente media de la microcuenca es de 29.61 %, eso indica un relieve fuertemente accidentado, mientras que la pendiente del cauce principal fue de 2.61 %, lo que significa también un relieve accidentado. Lo anterior, muestra que en la cuenca predomina la erosión y transporte de materiales que son depositados en la parte media y baja. Con lo anterior, la microcuenca presenta una estructura con drenaje óptimo, cuyo tiempo de concentración de 0.211 horas, lo cual indica su capacidad para drenar eficientemente el agua de una precipitación extrema dentro de la misma llevándola al exutorio. Además, a partir de la curva hipsométrica le microcuenca tuvo una altura media de 0.19 km, una elevación media 1973 msnm y una orientación predominante este/oeste.

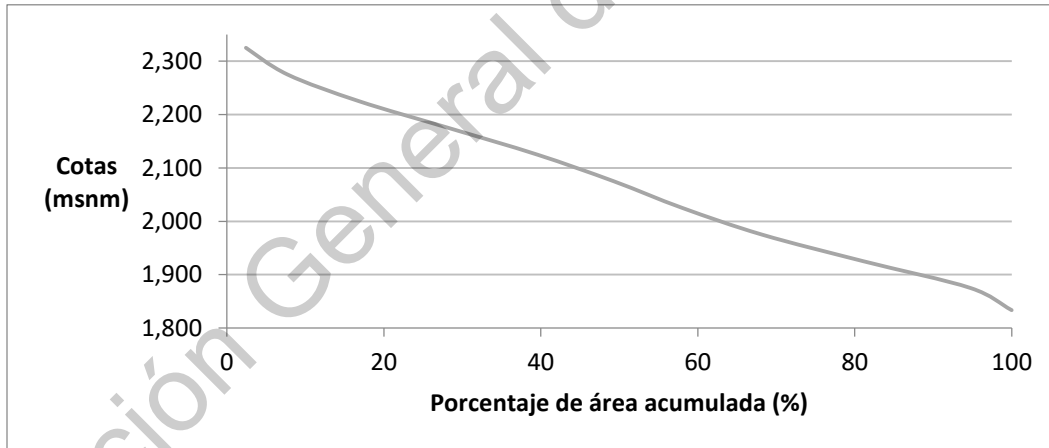


Figura 10. Curva hipsométrica microcuenca Fuentezuelas

Fuente: *Elaboración propia*

A través de los indicadores morfométricos sobre el drenaje, la microcuenca se clasificó como exorreica con drenaje dendrítico, el cual es colectado por el cauce principal, clasificado como cauce mediano con una longitud de 12.35 kilómetros, se considera de 4° orden, con relación de bifurcación de 2.353, densidad de drenaje media de 2.01 km/km<sup>2</sup>, densidad de corrientes 2.69 corrientes/km<sup>2</sup> (Figura 11).

El análisis del cauce principal y los órdenes de las corrientes conforme el cambio altitudinal permitió precisar los límites de las zonas funcionales en la microcuenca, siguiendo los cambios abruptos en el cauce del río y la presencia de nuevos órdenes.

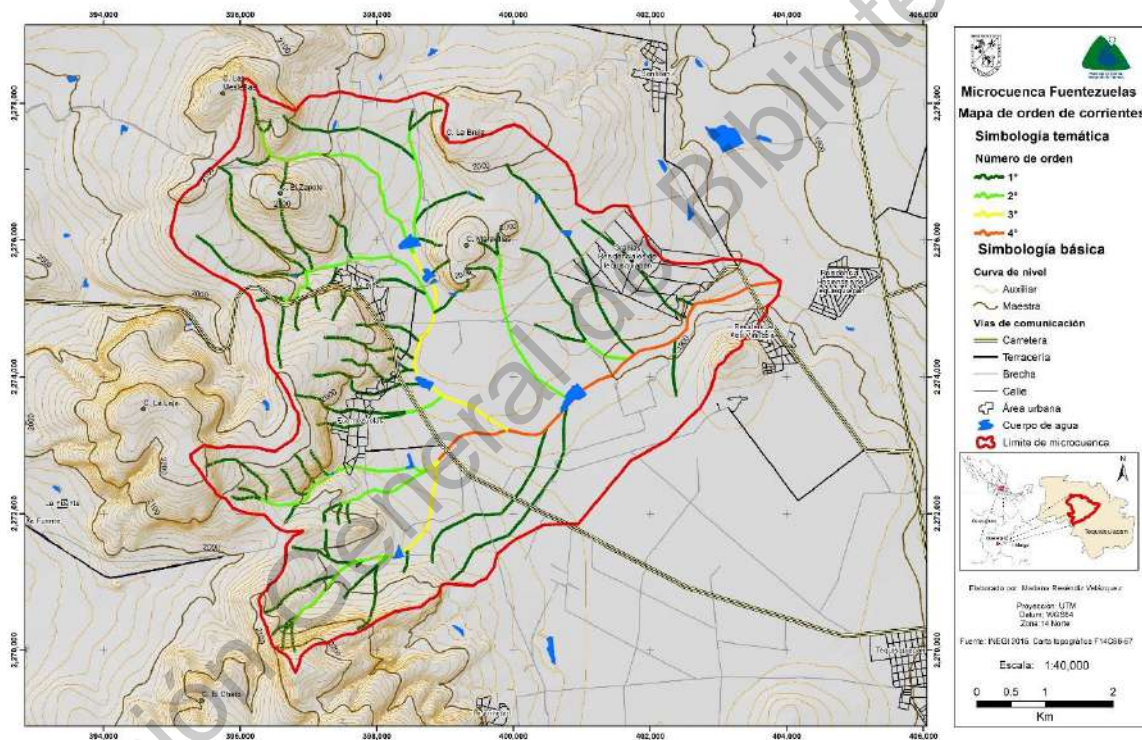


Figura 11. Mapa de orden de corrientes

Fuente: elaboración propia con base en INEGI (2015)

Finalmente, se afinó la delimitación de las zonas funcionales con trabajo de campo y análisis geomorfológico, obteniendo como resultado que la zona baja donde predominan los procesos de deposición de materiales y las corrientes de tercer y cuarto orden fue la zona con mayor superficie (124.21 km<sup>2</sup>). Seguida de la zona alta o zona de captación (15.69 km<sup>2</sup>) donde se presentan las corrientes de primer y segundo orden. Por último, se tuvo a la zona media (12.17 km<sup>2</sup>) donde predominaron los procesos de erosión y transporte, y algunas corrientes de primer y segundo orden. (Figura 12).

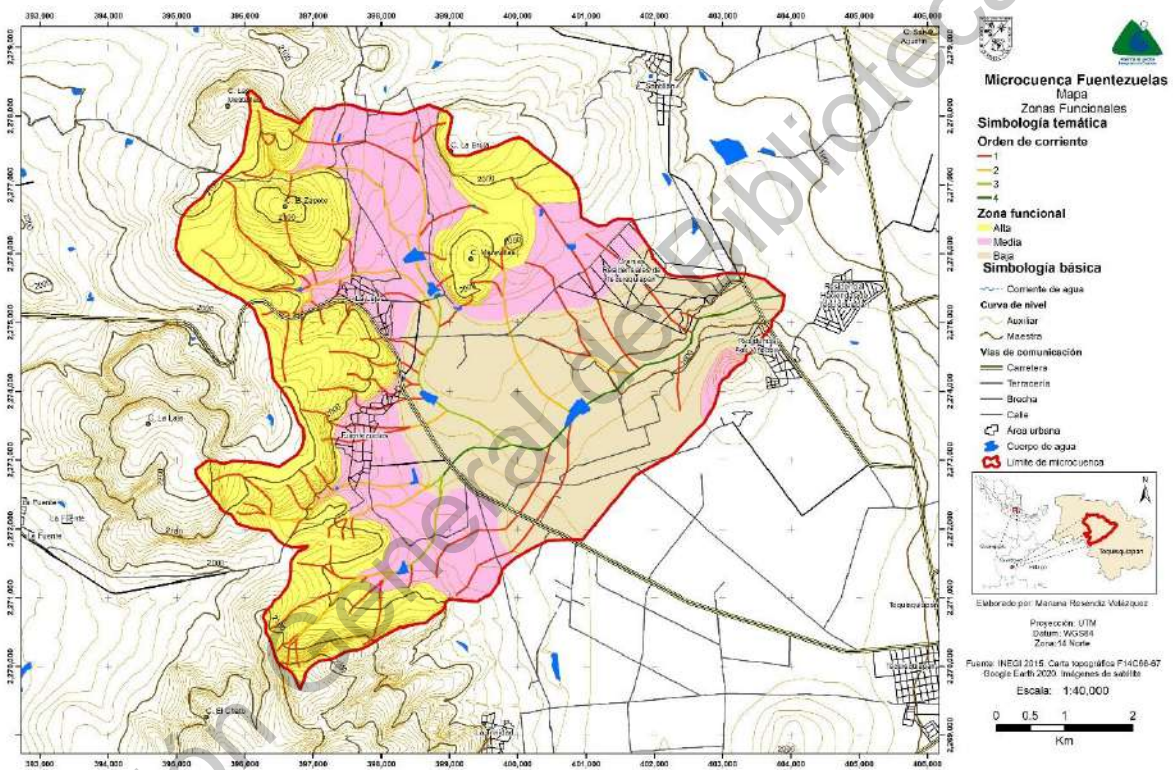


Figura 12. Mapa de zonas funcionales

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI 2015 y Google Earth Pro 2020

## 5.1.2 Balance hídrico microcuenca Fuentezuelas

### 5.1.2.1 Escurrimiento natural por cuenca propia (Cp)

A partir de las fórmulas correspondientes para conocer el escurrimiento natural por cuenca propia, se obtuvo que el volumen escurrido es de 1.90 hm<sup>3</sup>, como se muestra en la (Tabla 6).

Tabla 6. Volumen escurrido

<b>K promedio para la cuenca</b>	<b>Coficiente de escurrimiento promedio para la cuenca (Ce)</b>	<b>Volumen llovido (VII) hm<sup>3</sup></b>	<b>Volumen escurrido (Cp) hm<sup>3</sup></b>
0.25	0.1	19.21	1.90

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.2.2 Retornos de agua (Re)

Los retornos de agua se determinaron mediante el aforo que se reincorpora a la red de drenaje posterior al uso de diversas actividades dentro de la microcuenca como la agricultura de riego, en la siguiente tabla se muestra el porcentaje de retorno de las actividades más importantes dentro de la microcuenca, la cual nos muestra que la actividad agrícola es la que tiene menos porcentaje de retorno a la microcuenca (Tabla 7).

Tabla 7. Retornos

<b>Uso</b>	<b>m<sup>3</sup>/año</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	<b>Retorno(m<sup>3</sup>)</b>
<b>Doméstico</b>	823,191	75	617,393.25
<b>Agrícola</b>	7,991,701	20	1,598,340.2

Fuente: elaboración propia

### 5.1.2.3 Usos del agua en la cuenca (U)

Para este análisis se tomaron en cuenta los usos del agua más significativos dentro de la microcuenca Fuentezuelas que son el doméstico y agrícola, los resultados muestran que la agricultura es la actividad que más demanda uso del agua dentro de la microcuenca con un 90.66 %, esto quiere decir que la manda de agua es más

alta a la que percibe la microcuenca por escurrimiento natural, y la que menos tiene retornos, tal como se muestra a continuación (Tabla 8).

Tabla 8. Usos del agua en la microcuenca

Uso	m <sup>3</sup> /año	Porcentaje
Domestico	823,191	9.33%
Agrícola	799,1701	90.66%

*Fuente: elaboración propia*

#### 5.1.2.4 Evaporación en cuerpos de agua (Ev)

La medición de la evaporación de la microcuenca se llevó a cabo considerando los 15 cuerpos de agua presentes en ella, dando como resultado un volumen total de evaporación de 21,042.03 hm<sup>3</sup> anuales, es decir las pérdidas por evaporación en los cuerpos de agua de la microcuenca, los datos referentes a cada cuerpo de agua se muestran a continuación (Tabla 9):



Tabla 9. Evaporación

Cuerpo de Agua	Evaporación promedio (mm/año)	Evaporación promedio (mm/año)	Coefficiente De corrección	Evaporación promedio (m/año)	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen evaporado (m <sup>3</sup> )
1	125.11	0.12	0.75	0.09	64,900	6,090.06
2	129.48	0.12	0.75	0.09	16,700	1,621.84
3	122.88	0.12	0.75	0.09	10,000	921.61
4	125.82	0.12	0.75	0.09	29,000	2,736.63
5	123.94	0.12	0.75	0.09	20,700	1,924.18
6	122.47	0.12	0.75	0.09	4,600	422.53
7	124.03	0.12	0.75	0.09	5,000	465.13
8	124.10	0.12	0.75	0.09	3,300	307.16
9	121.38	0.12	0.75	0.09	4,700	427.89
10	124.18	0.12	0.75	0.09	3,900	363.24
11	125.60	0.12	0.75	0.09	2,900	273.20
12	127.40	0.12	0.75	0.09	13,400	1,280.47
13	123.42	0.12	0.75	0.09	41,000	3,795.30
14	128.17	0.12	0.75	0.09	2,000	192.26
15	122.52	0.12	0.75	0.09	2,400	220.54

Fuente: elaboración propia

### 5.1.2.5 Disponibilidad de Agua

El cálculo del balance hídrico con base en las variables anteriormente expuestas permite tener el posible escenario debido a las variables de usos y retornos. En el cual el Ecurrimiento a la salida de la cuenca (Ab) 4.71 hm<sup>3</sup> es negativo y se interpreta que existe déficit para el desarrollo de las actividades productivas y económicas dentro de la microcuenca. Considerando el escenario descrito en disponibilidad de agua y el consumo anual de la población (299.39125 hm<sup>3</sup>) de la microcuenca se puede decir que, de acuerdo a los dos usos que ejercen más presión en el recurso hídrico, la agricultura demanda un 63.63 % del agua dentro de la microcuenca, y el consumo doméstico medio con un valor del 36.37 % esto se obtuvo consultando datos del CENSO 2010 del INEGI, así como de la Comisión Estatal de Aguas (CEA, 2019), donde se obtuvo el consumo per cápita en m<sup>3</sup> diarios de los usos mencionados anteriormente.

Por último, se pudo constatar a partir de la delimitación de zonas funcionales, morfometría y el cálculo del balance hídrico que la microcuenca Fuentezuelas presenta déficit del recurso hídrico, siendo la actividad agrícola la que ejerce más

presión sobre este recurso, asimismo, se identificó que la actividad agrícola prevalece en la zona media y baja de la microcuenca, donde se llevan a cabo los procesos de erosión y transporte, así como la deposición de materiales, por lo que es importante tomar en cuenta las zonas donde son más susceptibles estos procesos y que con la actividad agrícola podrían estar acelerando.

## **5.2 Etapa 2. Conocer el uso y relación que los agricultores le dan al recurso hídrico en la microcuenca Fuentezuelas.**

### **5.2.1 Actores sociales**

Los actores sociales son parte fundamental puesto que son los que tienen una relación con los procesos de la agricultura y la microcuenca. A través del trabajo de campo y de la herramienta de mapa de actores, se identificaron a cuatro actores: los agricultores, los ejidatarios, los servidores públicos y los campesinos. A partir del análisis de los datos obtenidos en entrevistas formales e informales y observación participante se concluye que los agricultores, ejidatarios y servidores públicos son los objetivos prioritarios aliados fundamentales a quienes se deberá procurar tener como principales partícipes. Y los campesinos, son actores que requieren apoyo para movilizarse; es decir, es importante que las acciones se dirijan, a mantenerlos informados de las alternativas que tienen para mejorar el manejo del agua en la actividad agrícola. El trabajo conjunto entre actores es imprescindible porque la comunicación debe ser constante para el buen manejo del agua.

### 5.2.2. Técnica bola de nieve

Como resultado de la aplicación de esta técnica, se identificaron a informantes clave que pudieran ayudar a generar una red donde informantes brindaran información importante para la investigación. Esta red comenzó formándose inicialmente con un agricultor y un campesino, quienes a partir de la identificación de actores importantes fueron generando una red, la cual permitió la aplicación de entrevista a profundidad de un grupo contralado de personas. El esquema de la red generada por esta técnica se muestra a continuación:

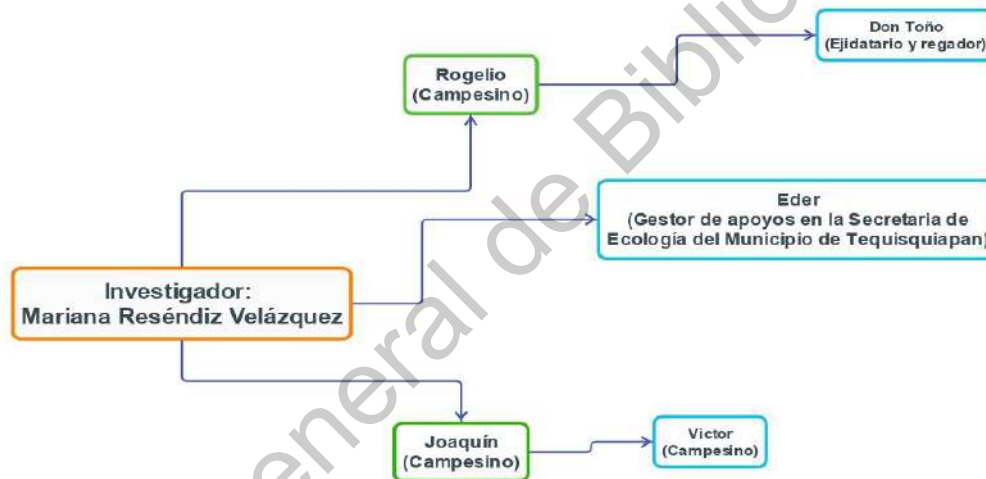


Figura 13. Esquema de la técnica bola de nieve para la microcuenca Fuentezuelas.

*Fuente: Elaboración propia*

### 5.2.3 Entrevista a profundidad

En función de los resultados de la técnica mencionada anteriormente, se realizaron 5 entrevistas a profundidad a distintos actores, que brindaron información importante acerca del manejo del agua en la agricultura y la relación de los agricultores con el recurso hídrico. Las entrevistas se aplicaron en el ejido de Fuentezuelas y en el municipio de Tequisquiapan, las cuales se muestran a continuación.

### 5.2.4 Estructura organizacional entorno al agua

A partir de la visita a campo realizada, se pudo observar que la estructura organizacional de los cinco ejidos que conforman la microcuenca, es representada por una mesa directiva, la cual asigna al Comisariado ejidal, su función es realizar acuerdos, así como de representar y administrar el ejido. A la par está constituido por un Presidente el cual es el encargado de representar a la población ejidal además de administrar los bienes comunes, Secretario quien es el encargado de formular y redactar los documentos agrarios, así como resguardar y actualizar estos documentos y el Tesorero, se encarga de administrar los recursos económicos del ejido (Figura 15).



Figura 14. Esquema, estructura organizacional ejido Fuentezuelas

Fuente: elaboración propia

En lo que respecta a las opiniones de los informantes clave entrevistados, Rogelio quien es el primer informante, se le cuestionó acerca de la organización respecto a los pozos, mencionó que el ejido no está encargado de administrar los pozos, ya que cada pozo tiene distintos socios y son ellos quienes eligen a un encargado, de igual forma Víctor el cuarto informante, mencionó que cuando se trata de asuntos del pozo, sí existe buena organización porque cada pozo tiene sus socios entonces eso facilita más las cosas.

De la organización que ellos tienen con el ejido, Rogelio mencionó:

“Existe buena organización, cada quién se organiza cada quince días si necesitas agua, algunos hasta les toca cada ocho días, el que quiera agua, nada más pide su orden, pagan y ya te dicen atrás de quién te toca. El pocero te dice atrás de quien te toca.”

(Rogelio, entrevista realizada el 13 de marzo del 2021)

De manera general la perspectiva que tienen los otros informantes clave sobre la organización dentro del ejido, es regular, ya que comentan que han existido conflictos con el Comisariado ejidal, pues en ocasiones, no se les da aviso de los apoyos al campo, de esto Don Toño el segundo informante, y Joaquín el tercer informante señalan:

“Los encargados como el comisariado, les da a saber pero luego por orgullo de la persona no van porque no les cae bien la persona, y no reciben ese apoyo del gobierno, por eso luego el apoyo se va para otras partes, eso tiene mucho que ver. Yo siempre les digo, para obtener apoyos hay que ser unidos, si no te cae bien, no importa hay que recibir el apoyo para trabajar todos”.

(Don Toño, entrevista realizada el 13 de marzo del 2021)

“Yo digo que más o menos, tienen una lista, esa es la única organización solamente unos que luego dicen que no necesitan y ya cuando apenas va a mitad de la lista quieren el agua y pues así no, pero ya son contadas, que luego llegan borrachos, y se enojan porque dicen que se les va a secar sus plantas”.

(Joaquín, entrevista realizada el 15 de marzo del 2021)

En relación con las opiniones mencionadas anteriormente, con respecto a la estructura organizacional del agua, se pudo analizar que las relaciones sociales dentro del ejido, muestran una notable falta de comunicación principalmente de la mesa directiva hacia los campesinos y agricultores, por lo que esto podría estar dificultado el buen desarrollo de la actividad agrícola dentro del ejido, ya que los apoyos brindados por parte de gobierno en ocasiones solamente llegan a personas que tienen buena relación con el Comisariado ejidal, creando un desequilibrio tanto en las relaciones sociales como económicas dentro de la microcuenca, asimismo, esta disparidad, podría estar limitando a los pequeños agricultores a introducir mejores prácticas agrícolas e innovaciones, esto debido a los servicios de asesoría rural y al extensionismo inadecuado, además del acceso limitado a capacitación y educación (FAO, 2012).

A la par, esta falta de comunicación en el ejido, podrían estar relacionado con el uso desigual de los recursos naturales, en especial el agua, ya que si bien el ejido no está a cargo de los pozos, sería importante conocer quiénes son los concesionarios de estos pozos y como la gestión de estos tiene influencia en el manejo que hacen los agricultores con el agua.

### **5.2.5 Relación de los agricultores con el agua**

En este apartado, se expondrán los puntos de vista de los informantes clave respecto a la percepción que tienen ellos del agua, se les cuestionó acerca disponibilidad del agua en la zona y si en los últimos años habían percibido algún tipo de problemas respecto a la falta de agua para llevar a cabo la actividad agrícola. Las opiniones respecto al tema están divididas, sin embargo, la mayoría de los

informantes comentó que no han percibido la falta de agua en esta zona, y que incluso en los últimos años se han hecho más pozos.

Respecto a esto Rogelio y Don Toño mencionaron lo siguiente:

“Agua hay bastante, lo que pasa es que está bajando el nivel del agua, allá tuvimos que bajar los tubos, este tubo tiene 30 metros de profundo y hay unos que hasta 500 metros de hondo, allá el que estaban por la entrada lo iban a hacer para la gasolina pero al final pusieron tubos para el agua. Allá no les costó nada se los regalaron. Acá si todos cooperamos”.

(Rogelio, entrevista realizada el 13 de marzo del 2021)

“No, lo de la escasez del agua es algo inventado por el gobierno para aumentar los impuestos porque todos sabemos que hay más agua que tierra, entonces cómo es posible que se vaya a acabar el agua, es como el coronavirus un ajuste político, ustedes creen que un tapabocas vaya a detener un virus”.

(Don Toño, entrevista realizada el 13 de marzo del 2021)

Por otro lado, mencionaron que en los últimos años debido a la sequía, la presión en los pozos ha bajado, y que no se ha podido cultivar por temporal de esto Eder el quinto informante, comentó:

“El trabajo de temporal ya no lo puedes pronosticar ya ni hubo cabañuelas como les decían antes, y es que ya no le atinas, o sea a veces el pronóstico de lluvia es de 90% y no llueve y todo eso merma, ahorita ya no puedes sacar cultivo de temporal y el año pasado todos los ejidos estuvieron afectados, pero el presupuesto y la agencia aseguradora que tiene un contrato federal, ahorita digamos no les pueden dar a todos, solo se escoge a algunos y se les entrega maíz por la contingencia ambiental y no es la solución, lo mejor sería que lloviera y que ellos tuvieran su maíz pero como no llueve se tienen que hacer estas políticas y tapar el sol con un dedo pero sí la solución es tecnificar, ahorita ya el temporal no es un negocio, ya es una realidad, y pues

yo espero que sí empiece a haber más políticas públicas dirigidas hacia la tecnificación del campo”.

(Eder, entrevista realizada el 16 de marzo del 2021)

Una vez conocida la opinión de los agricultores y campesinos respecto al agua, se puede observar como el pensar y el desconocimiento que se tiene con relación a la crisis hídrica a la que actualmente nos enfrentamos podría estar ocasionando un mal manejo del agua en la agricultura, ya que en este caso al no tener todavía problemas de escases de agua para desarrollar actividades económicas dentro de la microcuenca, no es un tema al cual se le preste atención, sin embargo, es importante hacer de su conocimiento que es un problema real al que podrían enfrentarse sino se tiene un manejo adecuado del agua.

Si bien actualmente la escasez del recurso hídrico no representa un problema para ellos, en los últimos años la actividad agrícola se vio afectada debido a las sequías derivadas por el cambio climático ocasionado por las actividades antropogénicas. De este modo, aquí se retoma la importancia de tener una visión integral de la actividad agrícola, ya que al tomarse en cuenta factores como la educación ambiental, puede contribuir a disminuir el impacto ambiental que genera actividad agrícola, asimismo, es de considerar que orientar las políticas públicas a generar conocimiento y a informar la importancia de hacer un buen manejo y gestión de los recursos, ya que a partir del conocimiento se pueden prevenir problemáticas ocasionadas por escases y sequía.



### 5.2.6 Manejo de los sistemas de riego en la microcuenca Fuentezuelas

Dentro de la investigación realizada en campo uno de los principales objetivos era conocer el manejo del agua a través de los sistemas de riego que se están implementando en la microcuenca Fuentezuelas, ya que a partir de la opinión de los informantes clave, se pudo saber la eficiencia de los sistemas de riego así como de la percepción que tienen los informantes claves respecto a la tecnificación del campo.

De manera general, se obtuvo que dentro de la microcuenca el sistema de riego que más se utiliza es el de rodado, se cuestionó a los informantes clave el por qué prefieren este sistema de riego, ya que algunos cuentan con sistema por goteo y prefieren seguir utilizando el de rodado. Uno de los motivos por los cuales siguen utilizando el de rodado es que con este sistema se invierten menos horas de riego, en total 30 horas, en cambio comentaron que con el sistema de goteo llegan a tardar el doble de tiempo, y que para regar grandes extensiones de tierra no es tan viable, tal como lo mencionó Rogelio:

“Mira ahí están las mangueras pero porquería de mangueras, ni sale nada, avienta más uno escupiéndolo que lo que sale, apenas una gotita chiquita, no sirven, son tantas hectáreas que no sirven mejor aviento por rodado”.

(Rogelio, entrevista realizada el 13 de marzo del 2021)

“Un tiempo empezaron con el goteo pero ya después vieron con que no les convenía, ya casi es todo por rodado, porque ese de rodado es para pura planta chiquita, entonces lo que quieren es que se riegue en una hora porque con goteo te lleva dos o tres días y con rodado riegan un buen cacho”.

(Don Toño, entrevista realizada el 13 de marzo del 2021)

En este sentido, los informantes claves mencionaron comprender que el sistema por goteo reduce el desperdicio del agua, además de facilitar algunas actividades como fertilización de la tierra. Asimismo, comentaron que en los últimos años el gobierno estatal les ha dado apoyo para cambiar al sistema por goteo, no obstante a pesar de tener este sistema se sigue optando por el de rodado. En relación a esto algunos informantes mencionaron:

“No todos comprenden que por ejemplo el goteo ya es algo más avanzado y se ahorra agua, usan rodado y eso desperdicia mucha agua, por ejemplo tener bien colocada la cintilla nada más se distribuye el agua, y no se desperdicia y así se puede abonar para distintos lados, es más si se quiere abonar todo junto no más se le mete abono en la entrada de la red y de ahí se abona todo”.

(Don Toño, entrevista realizada el 13 de marzo del 2021)

“Algunos son de sistema de riego pero son pocos, mucha gente sí le ha metido la cintilla al forraje y sí les ayuda mucho más porque vas a gastar mucho menos en agua y para meter inclusive los nutrientes solubles para el suelo es mucho más sencillo, o sea la verdad es que te facilita todo”.

(Eder, entrevista realizada el 16 de marzo del 2021)

Otro punto importante del que se habló fue de los precios del agua, los informantes clave, comentaron que la hora de riego está en 50 pesos, pero que puede variar dependiendo del regador, ya que hay algunos que aumentan el precio hasta 65 pesos por hora. Ahora bien, retomando la opinión de los informantes, se puede decir que la capacitación de los campesinos y agricultores está basada en “entre más horas de riego se ahorre también se ahorra cierta cantidad de dinero”. Y a pesar de que algunos agricultores han estado haciendo el cambio al riego por goteo, este está siendo mal aplicado debido a la deficiencia en capacitación para su buen uso, ya que a pesar de tener las mangueras y la cintilla las parcelas se siguen inundando, lo cual sigue sin ser favorable, por otro lado también se tiene la idea que entre más inundada esté la parcela se tendrá un mejor rendimiento.

Para finalizar, tal como lo mencioné en párrafos anteriores, considero que es importante que los agricultores y campesinos, tengan una base de conocimientos, tanto de educación ambiental como en tecnificación del campo, ya que, por lo que se pudo identificar, los apoyos de políticas públicas orientadas a tecnificar el campo apoyan con los sistemas de riego pero no se les capacita, por esta razón en el caso de la microcuenca Fuentezuelas el sistema por goteo no ha podido emplearse correctamente, por otro lado, considero que podría hacerse un buen manejo del agua con el riego que siempre han utilizado que es el de rodado, si bien, es el sistema de riego que más desperdicia agua, ya hay distintas técnicas que han mejorado la eficiencia en el manejo.

### **5.2.7 Uso de agroquímicos en la microcuenca Fuentezuelas**

Como punto principal es importante mencionar que los agroquímicos son sustancias aplicadas para mejorar el rendimiento de los cultivos, así mismo también son utilizadas para evitar la propagación de plagas. Si bien, pueden ser una alternativa para la mejora de esta actividad, los agroquímicos mal aplicados, y el abuso de estos, puede ocasionar efectos negativos al ecosistema que integran la microcuenca y a la par causar daños a la salud humana.

En el caso de la microcuenca Fuentezuelas, se pudo platicar con los informantes clave sobre la opinión que tienen del uso de los agroquímicos, como primer punto, se pudo identificar que la gran parte los utiliza, además de que no se tienen conocimiento de los efectos contradictorios que se pueden tener al usarlos, por este motivo las opiniones respecto al tema fueron muy pocas y en las cuales se mencionó que el uso de estos químicos no ocasionaba ningún tipo de contaminación.

Por otro lado, Eder quien es servidor público, y su función es capacitar a los agricultores y campesinos, mencionó que dentro de la microcuenca Fuentezuelas, se siguen utilizando agroquímicos con etiqueta roja, es decir que son agroquímicos que ya están prohibidos, sin embargo, en el municipio, todavía son fáciles de conseguir. Mencionó que dentro de la capacitación que les dan por parte de municipio ellos les brindan algunos de estos agroquímicos:

“Los productores lo ven como un producto que erradica rápido el problema, de hecho luego iban a la oficina con nosotros y nos los pedían pero nosotros les dábamos la dosis que ocupaban, les dábamos medidas para que las ocuparan, les decía como se tenía que aplicar y cuántas veces, pero ya también queremos meterles productos orgánicos para que vean alternativas de prevención y curativos y no sólo que se vayan con que eso es lo más fácil”.

(Eder, entrevista realizada el 16 de marzo del 2021)

Posteriormente mencionó que de los agroquímicos más tóxicos que se siguen utilizando destacan el Glifosato y el Malatión, los cuales causan efectos negativos a la salud y al ecosistema:

“Se usa también el 24g que ese se ocupa para mutaciones, sí es un riesgo pero si lo haces con todas las precauciones y todo equipo no tiene por qué pasar nada”.

(Eder, entrevista realizada el 16 de marzo del 2021)

Por último, mencionó que en algún momento dieron pláticas acerca del manejo de estos agroquímicos, pero que el aforo fue muy bajo y que se empezó a hacer la divulgación cuando iban a solicitar los agroquímicos a la secretaria de ecología del municipio:

“De hecho se trabajó cuando se los estuvimos dando nosotros porque llegaban y nos pedían dos que porque ya tenían mucha plaga pero no se los dábamos, incluso una vez llegó un señor y le dimos un herbicida y quemó la mitad de su parcela porque le dijimos que echara solamente un litro y echó dos, son una serie de cosas que hemos ido trabajando”.

(Eder, entrevista realizada el 16 de marzo del 2021)

Haciendo hincapié en lo mencionado anteriormente, el uso de agroquímicos es una de las principales causas de contaminación generada por la agricultura, ya que el uso excesivo de estos químicos, generan severos daños ambientales tal y como lo menciona la FAO (2019) la contaminación de las aguas subterráneas por los

productos y residuos agroquímicos es uno de los problemas más importantes que genera la agricultura, los excesos de nitrógeno y fosfatos pueden infiltrarse en las aguas subterráneas o ser arrastrados a cursos de agua. Además, los plaguicidas y herbicidas destruyen directamente muchos insectos y plantas no deseadas, y reducen la disponibilidad de alimentos para animales más grandes (FAO, 2019).

De esta manera, es importante analizar el por qué siguen usándose este tipo de agroquímicos en los cultivos, y por qué el municipio los proporciona a los agricultores, si bien el uso de estos erradica rápidamente el problema, a largo plazo los efectos negativos serán de gran importancia, por tal motivo es importante implementar acciones donde se reduzca el uso de agroquímicos, remplazándolos por alternativas más sustentables que puedan reducir el daño ambiental y que sean económicamente más viables, asimismo, es importante tomar en cuenta los daños a la salud que pueden causar la aplicación de estos agroquímicos, ya que muchos de estos causan algún tipo de cansancio y daño a los órganos, por lo que es importante informar a los agricultores y campesinos, los riesgos que se tienen al usarlos.

Para finalizar esta sección, de manera general se pudo conocer la relación que tiene los actores sociales con el recurso hídrico, de esto se puede decir que la falta de educación ambiental de los agricultores y campesinos, ha dificultado la relación agricultor-agua, de igual forma se desconoce la importancia del recurso hídrico así como las problemáticas ambientales, sociales y económicas que ocasiona la escasez de agua, de acuerdo a la mayoría de los informantes se tiene la idea de que el agua es un recurso ilimitado, por tal motivo, no se le tiene un valor importante al agua, esto ha generado que no se tomen medidas para mejorar el manejo del agua en la microcuenca Fuentezuelas, un ejemplo de esto son los sistemas de riego donde no se tiene un control de agua lo que sigue generando grandes pérdidas de este recurso, de igual forma se cuenta con algunos sistemas de riego que podrían ayudar a disminuir pérdidas en el recurso hídrico, sin embargo, estos no son usados pues no cuentan con capacitación y apoyo en la tecnificación del campo.

En este sentido, con los resultados obtenidos, se dará respuesta a los objetivos de esta investigación ya que, mediante el análisis y la interpretación de estos datos, se pudieron encontrar algunos de los motivos que han ocasionado problemáticas en torno al manejo del agua en la agricultura. Esto servirá para reforzar y proponer nuevas acciones que se presentan a continuación, en las cuales se toman en cuenta las condiciones climáticas y geográficas del lugar, así como las relaciones sociales que hay dentro de la microcuenca, por otro lado, se consideraran las prácticas que son llevadas a cabo por los agricultores, con la finalidad de proponer una mejora, donde se oriente hacia una gestión y manejo integral de la agricultura, de tal forma se espera que pueda tener como una mejor relación y percepción que tienen los actores sociales, del recursos hídrico, la agricultura, y la educación ambiental relacionada con esta actividad que es tan importante.

### **5.3 Propuesta de acciones para el manejo del agua en la actividad agrícola, microcuenca Fuentezuelas.**

Como objetivo principal de este trabajo de investigación se presentan tres estrategias, las cuales se plantean debido a interacción sistémica entre el medio biofísico y socioeconómico de la microcuenca. Las acciones presentadas se adecuan a la realidad socioambiental de la microcuenca Fuentezuelas, de esta manera se pretende que se pueda contribuir a mejorar el manejo del agua en la actividad agrícola, además de orientar esta actividad hacia una agricultura ambientalmente más amigable y rentable, en donde los actores involucrados puedan adoptar herramientas que contribuyan a mejorar la gestión y manejo del recurso ambientales que integran la microcuenca, así como el fortalecimiento de las relaciones sociales y económicas.

### **5.3.1 Fortalecimiento de la estructura organizacional en el ejido respecto al manejo del agua en la agricultura**

#### **Análisis de problemática:**

Dentro de la microcuenca la actividad agrícola se concentra en el ejido Fuentezuelas, por esta razón las entrevistas fueron aplicadas principalmente en esta zona, los actores sociales entrevistados fueron ejidatarios, agricultores, campesinos y servidores públicos. Como resultado, se pudieron identificar problemáticas en torno a la organización del manejo del agua, una de estas es la falta de comunicación principalmente el comisariado ejidal con los agricultores y campesinos, lo cual ha generado un desequilibrio entre las relaciones sociales y económicas ya que los apoyos destinados para el campo muchas veces solo benefician a unos pocos, lo cual también ha limitado la introducción de nueva tecnología.

Otra de las problemáticas que se identificaron fue la organización que existe respecto a los turnos del agua para regar, dichos turnos se dan mediante una lista donde se anota el día y las horas que será utilizado para regar, sin embargo, se han generado conflictos pues en algunas partes, se utiliza el agua sin permiso, además de que no se paga el uso de esta. De igual forma otra de las problemáticas identificadas fue la falta de educación ambiental, ya que la mayoría de los actores entrevistados no tienen conocimiento de la contaminación que genera la agricultura y las consecuencias ambientales que podría generar, así como la escasez de agua, problemática que para ellos es inexistente.

#### **Descripción de estrategia:**

Incentivar el fortalecimiento de la estructura organizacional en el ejido con la finalidad de que exista una participación entre los actores de la microcuenca para un mejor manejo y gestión de los recursos naturales. Esto mediante la integración de un consejo de cuenca, el cual permite la planeación e identificación de temas emergentes entorno a la actividad agrícola, con la finalidad de garantizar la representación democrática, a fin de que los distintos grupos de actores puedan

participar más activamente en la toma de decisión y se tenga más acceso a la información. Asimismo, se fortalecerá la organización entre los tres sectores involucrados, a la par se seguirá incentivando a una conciencia ambiental donde todos serán responsables del cuidado del agua, el suelo y la vegetación.

Por último, como estrategia de sensibilización, se plantea un taller de educación ambiental dirigido a los tres sectores (Ejido, agricultores y autoridades) donde se pueda conocer la importancia y función de los recursos naturales en la microcuenca, con la finalidad de orientar hacia el uso sustentable de los recursos por medio de estrategias que incentiven a una mejor gestión y manejo de estos. A la par estas acciones también podrían complementarse con las políticas públicas de “Apoyo al campo como la de producción y capitalización de productores rurales” y “Apoyo a infraestructura hidroagrícola” donde además de recibir apoyo se capacite para fortalecer las problemáticas mencionadas anteriormente (Figura 15).

#### **Contribuciones:**

Mejorar el equilibrio social, a partir de la comunicación y participación de los actores sociales involucrados, con la finalidad de tener una mejor planeación en las prácticas llevadas a cabo en la agricultura, por otro lado, se espera que los actores sociales puedan tener herramientas para identificar temas emergentes respecto al manejo del agua para que de esta manera la toma de decisiones vaya orientada hacia a mejorar la gestión y el manejo de los recursos naturales, en especial el agua. A la par, estas prácticas podrían fortalecer la identidad y apropiación del concepto de cuenca con la finalidad de que puedan realizar prácticas donde se tenga una visión más integral del uso de los recursos naturales en la actividad agrícola. Por último, es importante mencionar que la aplicación de estas acciones dependerá de la participación de los actores involucrados.



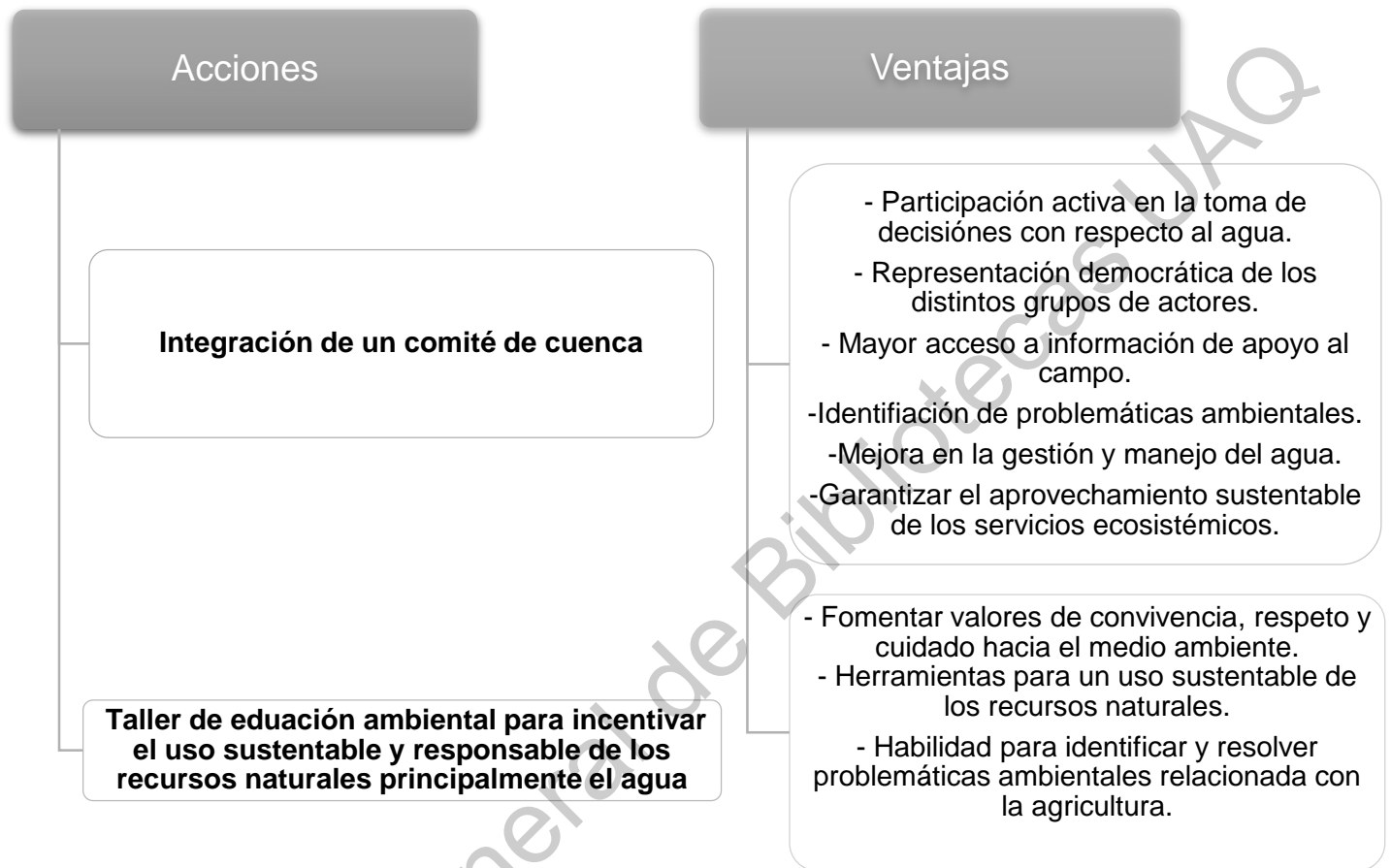


Figura 15. Acciones para el fortalecimiento de la estructura organizacional en el ejido para el manejo del agua en la agricultura *Fuente: Elaboración propia.*

### 5.3.2 Restauración del suelo para mejorar infiltración del agua

#### Análisis de problemática:

Como punto de partida es importante mencionar que la actividad agrícola se desarrolla entre la zona media de la microcuenca donde predominan los procesos de erosión y transporte y la zona baja donde se presentan procesos de deposición de materiales, estas zonas funcionales se caracterizan por tener suelos evolucionados con riqueza en materia orgánica y nutrientes, fértiles y medianamente susceptibles a procesos de erosivos.

Las problemáticas identificadas entorno al suelo, resultan de gran importancia ya que un suelo sano permitirá una mayor infiltración del agua, además de brindar los nutrientes necesarios para el desarrollo de los cultivos. Dicho de esta forma, en la microcuenca Fuentezuelas, se pudo observar que las prácticas que están llevando a cabo en la agricultura podrían estar deteriorando el suelo por la mala implementación de los agroquímicos, ya que la necesidad de combatir plagas y controlar la maleza aunado al desconocimiento de los efectos negativos que tienen estos productos al medio ambiente y a la salud pública, han llevado a un uso excesivo de estos. En el caso de nuestra zona de estudio se pudo determinar que se sigue haciendo uso de agroquímicos con etiqueta roja, esto quiere decir que son agroquímicos altamente tóxicos.

Por mencionar alguno de estos agroquímicos se identificó el uso de "Finale" de Bayer y el Malatión que son dos de los productos más tóxicos, así como el 24g que es utilizado para mutaciones. Si bien los productores lo ven como un producto que erradica rápido el problema, es importante que se tenga conocimiento de las consecuencias a corto y a largo plazo que pueden ocasionar estos productos al suelo y agua, recursos de gran importancia para producción de alimentos, así mismo hacer de su conocimiento de las alternativas orgánicas que existen y que podrían mejorar el rendimiento de las parcelas, además de disminuir la contaminación en los sistemas bióticos y abióticos.

### **Descripción de estrategia:**

La necesidad de incrementar la productividad en la agricultura moderna ha generado gran dependencia en los agroquímicos, sin embargo, existen acciones que pueden ayudar a mejorar el rendimiento de las parcelas, disminuir costos de producción, y mantener suelos sanos con una actividad biológica dinámica, favoreciendo la capacidad de retención de agua del suelo e incrementando la tolerancia de los cultivos a las sequías.

Por esta razón, a partir del análisis de los resultados, se plantean acciones, que pueden aminorar los procesos erosivos y la contaminación del agua, disminuyendo el uso de agroquímicos en la microcuenca, principalmente cambiando el uso de estos por fertilizantes orgánicos que pueden disminuir la contaminación del suelo y agua, un por ejemplo es: el humus de lombriz, compost, estiércoles y bocashi, que son algunas alternativas que podrían ser implementadas, con la finalidad de favorecer el desarrollo de las poblaciones de microorganismos en el suelo, proveer sustancias nutritivas para la planta, aumentar la capacidad de infiltración del agua reteniendo la humedad del suelo, además de contribuir a que las plantas sean más fuertes y toleren bien el ataque de plagas y enfermedades.

Por otro lado, los agricultores suelen invertir en grandes cantidades de dinero para eliminar la maleza de las parcelas, estas prácticas contribuyen a la reducción de la permeabilidad y a la compactación por lo que se produce menos capacidad para almacenar agua. Por lo contrario, las malezas tienen su razón de ser y son de gran utilidad por lo que implementar otras acciones económica y ambientalmente más viables, pueden proporcionar una rápida protección al suelo y a los microorganismos porque cubren al suelo, producen polen para los insectos, aportan materia orgánica, movilizan y reciclan nutrientes, se adaptan rápido al agroecosistema (Figura 16).

## Contribuciones:

Un suelo sano es la clave para el buen desarrollo de la actividad agrícola, por lo que la implementación de estas acciones contribuirá a mantener una buena cobertura lo cual aumenta la disponibilidad de agua, hace el suelo más poroso y permite un mejor desarrollo de las raíces. Desde el punto de vista de producción, una mejor infiltración del agua puede significar una mayor seguridad de disponibilidad de ésta para los cultivos. Por otro lado, la implementación de alternativas de fertilizantes orgánicos contribuirá reducir la contaminación del suelo y el agua, por ende, mantener una relación armónica entre el desarrollo de actividades económicas y el medio ambiental dentro de la microcuenca.

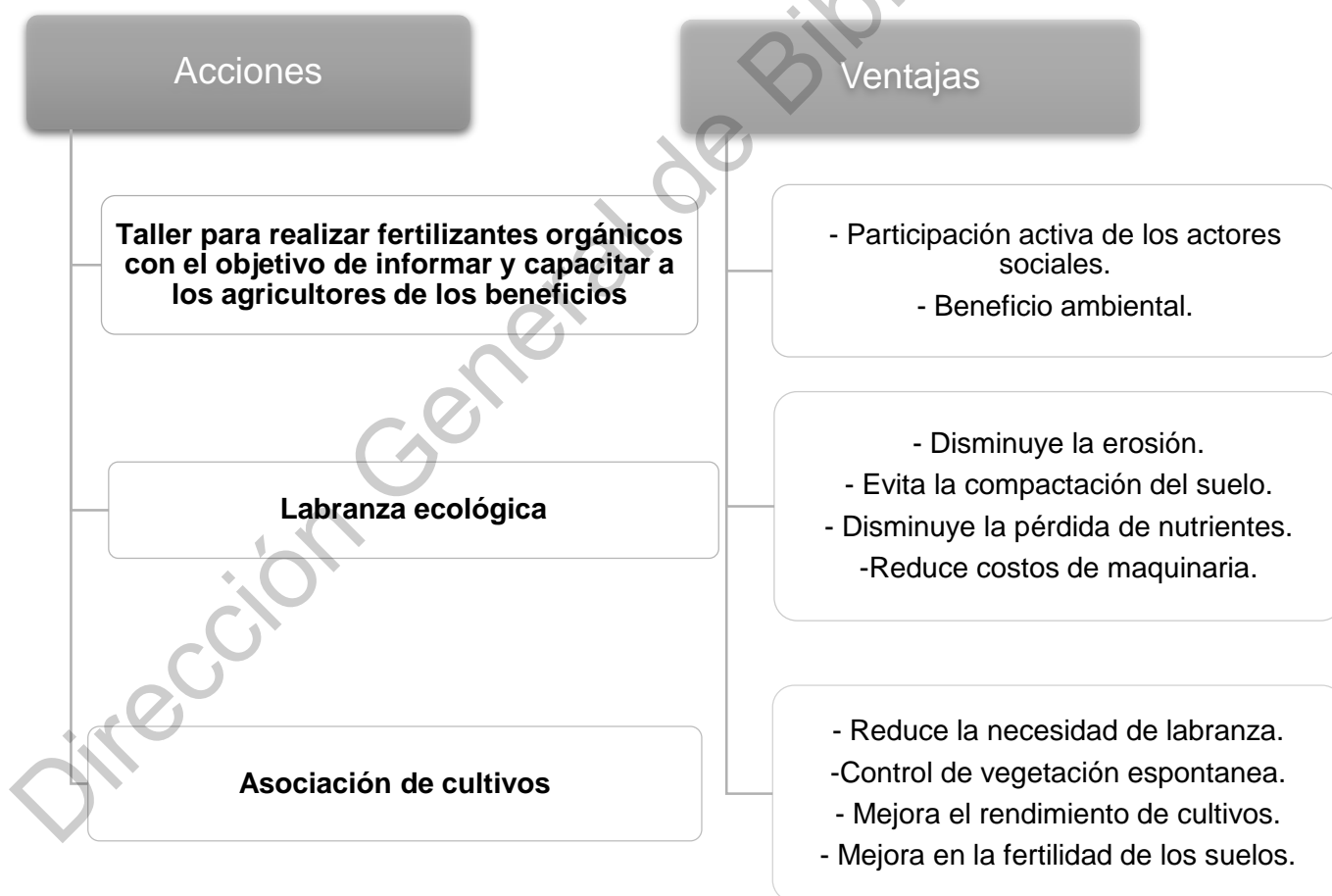


Figura 16. Acciones para la restauración del suelo para mejorar infiltración del agua

Fuente: Elaboración propia

### 5.3.3 Manejo integrado del agua para la agricultura

#### Análisis de problemática:

A partir del trabajo de campo realizado en la microcuenca Fuentezuelas, se identificaron las principales problemáticas en torno al manejo del agua en la actividad agrícola, como se mencionó anteriormente, la agricultura de riego es la que predomina dentro de la microcuenca, posteriormente la agricultura de temporal que en los últimos años se ha visto afectada debido a las sequías, sin embargo, han recibido granos de maíz en compensación. Por otro lado, se tiene el sistema de riego por rodado que es el más utilizado en esta zona, debido a que el tiempo de riego de menor y es más económico, no obstante, conlleva a una alta pérdida de agua por evaporación, además de la dificultad de regular las cantidades de agua.

Si bien, en algunas parcelas se cuenta con sistemas de riego por goteo, estos no son utilizados, debido a que el tiempo de riego es más prolongado y por lo tanto más costoso, por otro lado, se identificó la relación y percepción que tienen los agricultores y campesinos respecto al agua, los cuales en su mayoría mencionaron tener desconocimiento de las problemáticas que se podrían originar a partir de un mal manejo del agua, por último, mencionaron estar escépticos al tema de la escases de agua pues es algo que no les ha tocado presenciar en la microcuenca.

A lo anteriormente mencionado el balance hídrico realizado para la microcuenca da cuenta que la demanda de agua generada por las actividades económicas, principalmente por la agricultura, es más alta a la que percibe por escurrimiento natural, por lo que la microcuenca ya presenta un déficit que a largo plazo podría resultar en distintas problemáticas ambientales, sociales y económicas.

### **Descripción de estrategia:**

A partir de las características y necesidades de la microcuenca así como de los resultados obtenidos en el balance hídrico realizado en este capítulo 5 , se plantean una serie de acciones las cuales, favorecerán a mejorar el manejo del agua en la actividad agrícola, de esta manera se contribuirá a garantizar la seguridad alimentaria, así como asegurar la disponibilidad y calidad del agua, además se propondrá la capacitación de agricultores con la finalidad de que puedan identificar las acciones que más les favorezcan. Todas las acciones que se promuevan para el uso eficiente del agua, deberán estar acompañadas por acciones dirigidas a la conservación y protección de las áreas de recarga o fuentes hídricas. Es decir que se debe trabajar con un enfoque integrado que considera todo el sistema y las variables que influyen en la cantidad y calidad del agua, y del suelo, las cuales son fundamentales para asegurar una buena producción (FAO, 2013).

En cuanto a los sistemas de riego, las acciones irán dirigidas a mejorar la eficiencia de los sistemas de riego, a través del conocimiento y tecnificación de estas, de modo que, permitan disminuir las aplicaciones excesivas, que ocasionan pérdidas y que limitan su eficiencia. De esta manera, la agricultura de riego podrá realizarse eficientemente adoptando acciones para racionalizar el uso del agua, haciéndola ambiental y económicamente más viable (Figura 17).

### **Contribuciones:**

La implementación de estas acciones puede contribuir a una mejor interacción de los actores sociales con el recurso hídrico, donde el ejido y poceros definan la gestión del agua, turnos de riego y el mantenimiento de los sistemas de riego. Y donde el manejo integral del agua permita mantener una microcuenca en buen estado, ya que esto asegura que el agua sea perdurable y que la calidad sea óptima. A continuación, se presentan las acciones que contribuirán a mejorar el manejo del agua en la actividad agrícola en la microcuenca Fuentezuelas:

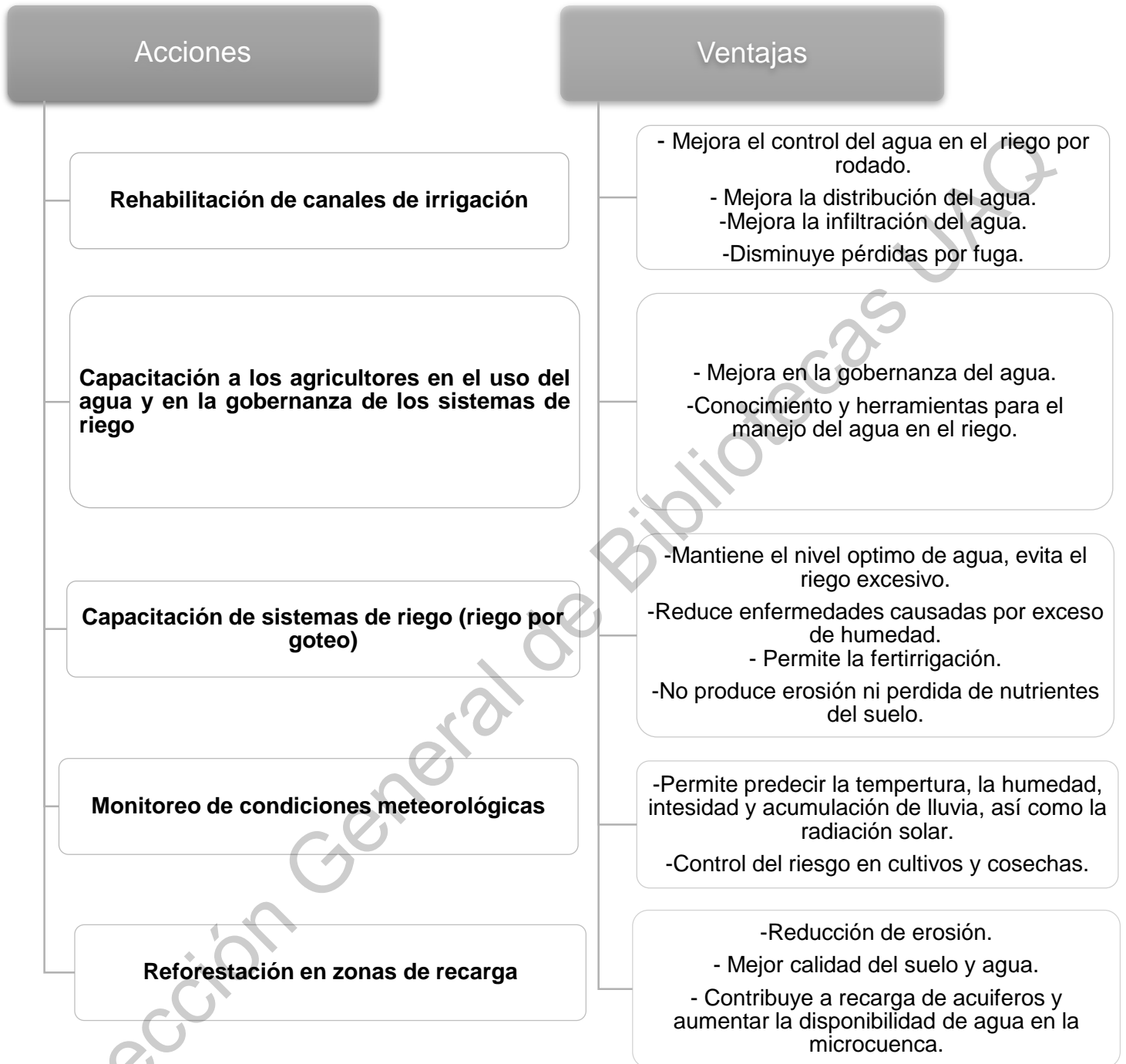


Figura 17. Acciones para el manejo integrado del agua para la agricultura

Fuente: Elaboración propia

A modo de cierre, todas las acciones propuestas en su conjunto pueden aportar beneficios socioambientales, debido a la interacción sistémica que hay entre estas, asimismo se consideró la realidad biofísica y social de la microcuenca por lo que cada acción se adaptan a las necesidades de la microcuenca, por tal motivo se espera que a partir de esta propuesta, se puedan adquirir conocimientos y herramientas, donde se tenga una visión integral de cómo gestionar y manejar los recursos naturales de la microcuenca en particular el agua, así como de las acciones que puedan contribuir a mantener un equilibrio entre el desarrollo de actividades y el medio ambiente, a fin de disminuir la contaminación ambiental generada por la actividad agrícola, de tal forma que se pueda asegurar una mejor calidad y disponibilidad de los recursos, así como la seguridad alimentaria y el equilibrio social entre los actores sociales que llevan a cabo esta actividad.

## **Reflexiones finales**

Como reflexiones finales, en este trabajo de investigación, se buscó tener una visión integral de la actividad agrícola ya que además de ser una de las actividades más importantes del sector productivo por satisfacer una de las necesidades esenciales para el ser humano, y ser parte fundamental de la identidad cultural de los actores sociales que llevan a cabo esta actividad, a la par contribuye a la conservación de la biodiversidad, por esta razón el enfoque de cuencas fue idóneo para cumplir con el objetivo principal de la investigación, ya que las cuencas al tener una función sistémica, permite comprender las interacciones entre el sistema natural y socioeconómico, asimismo, las cuencas se reconocen por ser la unidad territorial más idónea para la planeación y gestión, de tal forma, esto nos permitió analizar de manera integral los factores que han contribuido al mal manejo del agua en la actividad agrícola en la microcuenca Fuentezuelas, así como a los efectos negativos que la podrían estar deteriorando.

Asimismo, es importante retomar la pregunta de investigación donde se cuestiona lo siguiente ¿Las acciones para el manejo del agua bajo el enfoque de cuencas podrían mejorar el uso y relación de los agricultores con el agua? Hasta este punto es posible dar respuesta, de que sí, las acciones para el manejo del agua bajo el



enfoque de cuencas son viables para mejorar la actividad agrícola pues permite comprender como inciden estos factores entre sí, un ejemplo claro es como la calidad y cantidad de agua disponible en la microcuenca está ligado con el buen manejo que le dan los agricultores al recurso y el cual es de suma importancia en esta actividad ya que de este va a depender el desarrollo de los cultivos. En este sentido es conveniente mencionar que la metodología aplicada en la investigación permitió alcanzar el propósito establecido, no obstante, considero que emplear otra metodología como los talleres, podría mejorar y ayudar a fortalecer los resultados obtenidos, pero por cuestiones de tiempo, y por la pandemia que estamos atravesando, no se pudo establecer este acercamiento con más agricultores y ejidatarios del ejido Fuentezuelas, pues en un principio se tenía planeado trabajar un taller donde se presentara información del estado en el que se encuentra la microcuenca así como del déficit de recurso hídrico que presenta, además de explicar la importancia de planificar sus actividades desde un enfoque de cuencas.

En lo que respecta a la justificación de este trabajo, en el cual se mencionaba que el impacto generado por el mal manejo del agua en la actividad agrícola podría resultar en problemas de disponibilidad, desperdicio y contaminación, así como la importancia de las relación agricultor-agua, en el caso de la microcuenca Fuentezuelas, se encontraron situaciones que han estado ocasionando que no exista un buen manejo del agua, algunas de las que se identificaron fueron la falta de comunicación y participación por parte de los agricultores, además del poco conocimiento en temas de educación ambiental que son de vital importancia para trabajar en función de los recursos naturales, a la par, se detectó que se cuenta con algunos sistemas de riego que podrían ayudar a disminuir pérdidas en el recurso hídrico, sin embargo, estos no son usados pues no cuentan con capacitación y apoyo en la tecnificación del campo.

Vinculado a esto, a lo largo de esta investigación nos encontramos con algunas limitantes a la hora de proponer las acciones, pues a partir de la revisión bibliográfica que se hizo para plantear algunas alternativas de sistemas de riego más eficientes para el manejo del agua en la actividad agrícola, en su mayoría abarcaban una sola

disciplina, y no se tenía un visión integral de su uso ni de los beneficios a corto y a largo plazo, ya que todas iban orientadas a mejorar le eficiencia en la conducción del agua en la agricultura sin tomar en cuenta todos los componentes que integran esta actividad. Tomando en cuenta estas limitantes, se buscó proponer las acciones más idóneas donde se pudiera trabajar con la experiencia con la que cuentan los agricultores, así como con los sistemas de riego con los que ya cuentan, a fin de que puedan capacitarse y lograr un buen funcionamiento de estos.

A partir de esto, se espera que las acciones propuestas puedan aportar a los agricultores una visión más amplia de los componentes que integran la microcuenca, así como la función que desempeña cada uno de estos y de cómo están ligados entre sí, aunado a esto la importancia que tiene hacer un buen manejo y gestión de los recursos naturales, en especial el agua que es uno de los elementos primordiales para la sociedad seguido del acceso a la alimentación.

Igualmente, se espera que a partir de esta investigación se pueda incentivar a la participación activa de los actores sociales involucrados, ya que es de vital importancia que contribuyan desde su experiencia a poner en práctica las acciones aquí propuestas, ya que los beneficios de un manejo adecuado del agua de riego en la agricultura, puede aportar al aumento de los rendimientos en los cultivos, así como a la conservación los recursos naturales de la microcuenca, además de que se pueden generar nuevos conocimientos y herramientas para que los agricultores logren identificar las principales problemáticas y dar solución a ellas.

Finalmente, podemos decir que la agricultura presenta grandes retos al ser una actividad esencial para la sociedad, por lo que esta investigación aporta para seguir trabajando hacía una agricultura donde las cuestiones ambientales sean primordiales, y socialmente más responsables, de modo que el enfoque de cuencas representa un factor importante para lograr acciones que permitan una agricultura más viable.

## Anexos:



**Universidad Autónoma de Querétaro**  
**Maestría en Gestión Integrada de Cuencas**



### Entrevista

#### Agricultores y campesinos

##### Entrevistador:

##### Entrevistado:

1. ¿Cuántas horas al día trabaja un agricultor?
2. ¿Qué tipos de cultivos hay en la zona?
3. ¿Sabe si hay presencia de agroindustria en la zona?
4. ¿A quién se vende lo que se cosecha?
5. ¿Reciben algún tipo de apoyo para fomento al campo?
6. ¿Cree que la agricultura ha ido en aumento o ha disminuido en los últimos años?
7. ¿Cree que el precio que se les paga por los alimentos cosechados es un precio justo?
8. ¿Cómo cree que la forma de hacer agricultura cambie en los siguientes años?
9. ¿Utiliza algún tipo de fertilizante o abono para la tierra? ¿Cuáles?
10. ¿Sabe usted si la agricultura causa algún tipo de contaminación?
11. ¿Ha identificado algún tipo de contaminación al ambiente en esta zona?
12. ¿Realiza algún tipo de acción para cuidar el medio ambiente?
13. ¿Qué opina usted respecto al uso del agua en la agricultura?
14. En la agricultura de riego, de acuerdo al tipo de cultivo ¿Con que frecuencia se riega?
15. ¿Cree usted que el agua es un recurso importante para llevar a cabo la agricultura?
16. ¿Sabe con cuantos pozos cuenta el ejido para la actividad agrícola?
17. ¿Hay alguien que esté encargado de los pozos?
18. ¿Quién regula el uso del agua?
19. ¿Qué tipos de riego utilizan?
20. ¿Considera que el tipo de riego es el adecuado?
21. ¿A qué hora del día suelen regar por la tarde o por la noche?
22. ¿Considera que el uso del agua para la agricultura se hace de forma eficiente?
23. ¿Sabe aproximadamente cuantos litros requiere un cultivo?

24. ¿Sabe cuál es el costo que se tiene por riego?
25. ¿Cómo se organizan para saber a quién le toca el agua?
26. ¿Cree usted que existen problemas de abastecimiento de agua?
27. ¿Sabe usted que problemas traería la escasez del agua en la zona?
28. ¿Actualmente existen problemas entorno al uso del agua? Es decir, por escasez u organización.
29. ¿Qué haría usted para ahorra agua o para evitar el desperdicio de agua en la actividad agrícola?
30. ¿Estaría dispuesto a implementar nuevas acciones donde el uso del agua fuera más eficiente?

Dirección General de Bibliotecas UAQ



Universidad Autónoma de Querétaro

Maestría en Gestión Integrada de Cuencas



### Entrevista

#### Servidor Público

**Entrevistador:**

**Entrevistado:**

1. ¿Qué tipos de cultivos hay en la zona?
2. ¿Sabe si hay presencia de agroindustria en la zona?
3. ¿En los últimos años la agricultura ha ido en aumento o ha disminuido?
4. ¿Actualmente se ha identificado alguna contaminación originada por la agricultura?
5. ¿Existen problemas de escasez de agua en la zona?
6. ¿Conoce usted la situación actual del manejo del agua en la agricultura?
7. ¿Considera que el uso y manejo que los agricultores le dan al agua es el correcto?
8. ¿Actualmente existen problemas entorno al uso del agua? Es decir, por organización o escasez.
9. ¿Cree usted que sea necesario implementar otro tipo de riego en la zona?
10. ¿Conoce cómo es la organización para el manejo del agua dentro del ejido?
11. ¿Quién es el encargado de regular el uso del agua en la zona?
12. ¿Actualmente existe algún programa o apoyo para el campo?
13. ¿Existe algún cambio entorno a las políticas públicas relacionadas con la agricultura y el manejo del agua?
14. ¿Existe algún programa o apoyo dirigido hacia mejorar los sistemas de riego en la agricultura?
15. ¿Sabe si se estén aplicando acciones para hacer el uso del agua más eficiente?

## Referencias bibliográficas

Aguilar, S.G. (2020). Diferenciación de tierras agrícolas en el municipio de Tequisquiapan, Querétaro. *Revista Geográfica de América Central*, 2 (65), 121-143.  
<https://doi.org/10.15359/rgac.65-2.5>

Andrade, F. (2016). Los desafíos de la agricultura. *Facultad de ciencias Agrarias UNMP*.  
[https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_los\\_desafios\\_de\\_la\\_agricultura\\_fandrade.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_los_desafios_de_la_agricultura_fandrade.pdf)

Armesto, L. X. A. (2007). El concepto de agricultura ecológica y su idoneidad para fomentar el desarrollo rural sostenible. *Boletín De La Asociación De Geógrafos Españoles*, 43.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2499261>

Avilés, H. (2006). El valor del agua en la agricultura. *Revista de Ciencias de la Vida*, 5, 28-31. <https://doi.org/10.17163/lgr.n5.2006.05>

Betancour, C. y Lebaut, Y. (2017). El manejo integrado del agua en la agricultura: necesidad de implementación y aspectos vinculados. *Revista científica Agroecosistemas*, 40-54.  
<http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index>

Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria [CEDRSSA] (2015a). *La agricultura y la gestión sustentable del agua en México*.  
[http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/100Reporte\\_FINALLa\\_agricultura\\_y\\_la\\_gestion\\_sustentable\\_del\\_agua\\_19-01-2015\\_PDF.pdf](http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/100Reporte_FINALLa_agricultura_y_la_gestion_sustentable_del_agua_19-01-2015_PDF.pdf)

Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria [CEDRSSA] (2015b). El papel del municipio en la preservación, cuidado y uso del

suelo en México.  
<http://www.cedrssa.gob.mx/files/10/82E1%20paper%20del%20municipio%20en%20la%20preservaci%C3%B3n,%20cuidado%20y%20uso%20del%20suelo%20en%20M%C3%A9xico..pdf>

Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL] (1994). *Políticas públicas para el desarrollo sustentable: la gestión integrada de cuencas*.  
<https://archivo.cepal.org/pdfs/Waterguide/lcr1399s.pdf>

Comisión económica para América Latina y el Caribe [CEPAL] (2020). Migración interna.  
<https://www.cepal.org/es/temas/migracion-interna>

Comisión Nacional de Aguas [CONAGUA] (2019). Programa Nacional Hídrico.  
<https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/programa-nacional-hidrico-pnh-2014-2018>

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO] (2020). Ecosistemas de México, Pastizales.  
<https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/pastizales>

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social [CONEVAL] (2020). Índice de rezago social. Comisión Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. Recuperado de:  
[https://www.coneval.org.mx/Medicion/IRS/Paginas/Indice\\_Rezago\\_Social\\_2020.aspx](https://www.coneval.org.mx/Medicion/IRS/Paginas/Indice_Rezago_Social_2020.aspx)

Consejo Nacional de Población [CONAPO] (2012). Conceptos y definiciones de marginación.  
<http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/Resource/1755/1/images/01Capitulo.pdf>

Consejo Nacional de Población [CONAPO] (2010). Índice de Marginación. México D.F.  
Recuperado de:  
[http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indice\\_de\\_Marginacion\\_por\\_Localidad\\_2010](http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indice_de_Marginacion_por_Localidad_2010)

Cotler, H. y Caire, G. (2009). Lecciones aprendidas del manejo de cuencas en México. Instituto Nacional de Ecología/WWF/Fundación Gonzalo Río Arronte I.A.P. (pp.380).  
[https://agua.org.mx/wpcontent/uploads/2013/04/lecciones\\_aprendidas\\_del\\_manejo\\_de\\_cuencas\\_en\\_mexico.pdf](https://agua.org.mx/wpcontent/uploads/2013/04/lecciones_aprendidas_del_manejo_de_cuencas_en_mexico.pdf)

Cotler, H., Galindo, T., González, D., Pineda, R., y Ríos, E. (2013). *Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (pp.7-27)  
[https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/Cuencas\\_final\\_2014.pdf](https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/Cuencas_final_2014.pdf)

Cotler, H., Garrido, A., Bunge, V. y Cuevas M.L. (2010). Las cuencas hidrográficas de México: Priorización y toma de decisiones. En: *Las cuencas hidrográficas de México: diagnóstico y priorización*. Instituto Nacional de Ecología (pp. 210-215).  
<https://agua.org.mx/biblioteca/las-cuencas-hidrograficas-de-mexico-diagnostico-y-priorizacion/>

Davenport, E.T. (2002). *The watershed Project management guide*. Press, Washington D.C. (pp. 271). <https://doi.org/10.1201/9781420031645>

Diario Oficial de la Federación (DOF). (2015). Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA2015. Conservación del recurso agua. Publicada el 27 de Marzo de 2015.  
[https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5387027&fecha=27/03/2015](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5387027&fecha=27/03/2015)



Dourojeanni, A. (2006). Conceptos y Definiciones sobre Gestión Integrada de Cuencas. Santiago de Chile. Comisión Nacional de Medio Ambiente (pp.11-37).

Dourojeanni, A., Jouravlev, A y Chávez, G. (2002). Modalidades de gestión a nivel de cuencas. *Comisión Económica para América Latina y el Caribe* (pp. 7-22).

[https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6407/1/S028593\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6407/1/S028593_es.pdf)

Faustino, J (2005). Curso especialización gestión integral de cuencas hidrográficas. Módulo 1: *Marco conceptual de la gestión de cuencas hidrográficas*. Turrialba, Costa Rica.

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

<http://bibliotecadigital.fia.cl/handle/20.500.11944/145856>

Faustino, J., Jiménez, F., Velásquez, S., Alpízar, F & Prins, C. (2006). *Gestión integral de cuencas hidrográficas*. Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza.(CATIE).

[https://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8351/Gestion\\_integral\\_de\\_cuencas\\_hidrograficas.pdf](https://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8351/Gestion_integral_de_cuencas_hidrograficas.pdf)

García, W. (2012). El sistema complejo de la cuenca hidrográfica. Facultad de Ciencias Humanas. Universidad de Colombia. Medellín. Colombia. Recuperado de:

[https://www.medellin.unal.edu.co/~poboyca/documentos/documentos1/documentos\\_Juan%20Diego/Plnaifi\\_Cuencas\\_Pregrado/Sistema%20CuencaHidrogr%E1fica.pdf](https://www.medellin.unal.edu.co/~poboyca/documentos/documentos1/documentos_Juan%20Diego/Plnaifi_Cuencas_Pregrado/Sistema%20CuencaHidrogr%E1fica.pdf)

González, I. y Osorio, E. (2001). *La industria en Querétaro, la polarización del desarrollo*.

Querétaro, México. Universidad Autónoma de Querétaro.

[https://www.uaq.mx/seu\\_libreria/index.php/ediciones-uaq/politicas-sociales/332-la-industria-en-queretaro-polarizacion-del-desarrollo](https://www.uaq.mx/seu_libreria/index.php/ediciones-uaq/politicas-sociales/332-la-industria-en-queretaro-polarizacion-del-desarrollo)

González, M (2017). *Tendencias del uso agrícola del agua en tres municipio del bajío michoacano*. Centro de Estudios de Geografía Humana. El Colegio de Michoacán. (pp. 1-14).

<http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal15/Procesosambientales/Hidrologia/02.pdf>

Google Earth Pro. (2020). Imágenes de Fuentezuelas, Tequisquiapan, Querétaro. Consultado el 11/10/2020

Herbas, J. (2016). *Evaluación de técnicas de captación de agua de lluvia "in situ" en el cultivo de maíz, en la región del chaco boliviano*. Instituto de investigaciones agropecuarias, (pp. 45-48).

[https://inta.gob.ar/sites/default/files/agua\\_de\\_calidad\\_con\\_equidad\\_-\\_digital.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/agua_de_calidad_con_equidad_-_digital.pdf)

Herrera, J., López. T., y González, F. (2011). El uso del agua en la agricultura en Cuba. *Revista Ingeniería Agrícola*, 1 (2) ,1-7.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=586262033008>

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA] (2015). *Innovación y gestión del agua para el desarrollo sostenible en la agricultura* (pp. 17-50), Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

<http://repositorio.iica.int/handle/11324/8694>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI] (2020). Censo de Población y Vivienda. Principales Resultados por Localidad Querétaro.

<https://www.inegi.org.mx/temas/estructura/#Publicaciones>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI] (2007). Principales cultivos anuales y perennes en Querétaro. Censo Agropecuario 2007. Recuperado de: [http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/agropecuario/2007/anua\\_y\\_perenes/qro/CultanpeQro2.pdf](http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/agropecuario/2007/anua_y_perenes/qro/CultanpeQro2.pdf)

Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI] (2015). Carta topográfica F11C66-67. <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/?esc=50000&t=0150001000000000&tg=999>

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias [INIFAP] (2013). El manejo de cuencas como herramienta para el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. SAGARPA, (19), 10-19. <https://www.infocuenas.com/img/kcfinder/files/el%20manejo%20de%20las%20cuenas%20hidrograficas.pdf>

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA] (2017). *El agua para la agricultura de las américas*. (pp. 01-12), Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/6148/BVE17109367e.pdf;jsessionid=D324F1F73DDFCDD971492E72FC98084D?sequence=1>

Lobao, J., Ramírez, S., y Díaz, J. (2011). *Evaluación del coeficiente de uniformidad en cuatro emisores de riego usando filtración gruesa de flujo ascendente en Capas*. Revista EIA, (16), 29-41 <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=149222630002>

Macías, A. (2013). *Pequeños agricultores y nueva ruralidad en el occidente de México*. Cuadernos de Desarrollo Rural, , 10 (71), 187- 207

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0122-14502013000200010&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-14502013000200010&lng=en&nrm=iso&tlng=es)

Maestría en Gestión Integrada de Cuencas. (2016). *Plan de manejo microcuenca Fuentezuelas*. Universidad Autónoma de Querétaro. Maestría en Gestión Integrada de Cuencas.

Namara, R. (2010). *Agricultural water management and poverty linkages*. *Agricultural Water Management*, 97 (4), 520-527. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.05.007>

Ocampo, I. y Escobedo, J. (2006). *Conocimiento tradicional y estrategias campesinas para el manejo y conservación del agua de riego*. *Ra Ximhai*, (2), 343-371. <http://www.revistas.unam.mx/index.php/rxm/article/view/6878/6398>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2007a). *Guía metodológica para el manejo participativo de microcuencas*. <https://www.fao.org/3/bo962s/bo962s.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2002). *Agricultura mundial hacia los años 2015/2030*. <https://www.fao.org/3/y3557s/y3557s11.htm>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2007b). *La nueva generación de programas y proyectos de gestión de cuencas hidrográficas*. <https://www.fao.org/3/a0644s/a0644s00.htm>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2012).

*Agua y cultivos. Logrando el uso óptimo del agua en la agricultura.*

<https://www.fao.org/3/y3918s/y3918s00.htm>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2019).

*Estado mundial de la agricultura y la alimentación, progresos en la lucha contra la pérdida y el desperdicio de alimentos.* <https://www.fao.org/3/ca6030es/ca6030es.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2009)

*¿Por qué invertir en ordenación de las cuencas hidrográficas?*

<https://www.fao.org/3/a1295s/a1295s01.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2015).

Los suelos constituyen la base de la vegetación.

[https://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/soils-2015/docs/Fact\\_sheets/Es\\_IYS\\_Veg\\_Print.pdf](https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/soils-2015/docs/Fact_sheets/Es_IYS_Veg_Print.pdf)

Ortiz, A., Matamoro, V., y Psathakis, J. (2016). Guía para confeccionar un mapa de actores. Bases conceptuales y metodológicas. *Fundación cambio democrático*, 3-14.

<http://45.79.210.6/wp-content/uploads/2017/03/Gu%C3%ADa-para-confeccionar-un-Mapeo-de-Actores.pdf>

Pinilla, C., Barrera, N. y McCall, M. (2011). *Gestión y cultura del agua desde la perspectiva del paisaje en la cuenca del río Huámite, Michoacán, México* (pp. 9-30), Perspectiva geográfica.

<https://doi.org/10.19053/01233769.1748>

Quintero, M. y Molina, O. (2006). Los costos ambientales en la actividad agrícola. *En Revista*

*Actualidad Contable Faces*, 9 (12) 109-117.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=25701211>

Robles, B. (2011). La entrevista en profundidad: una técnica útil dentro del campo antropofísico. *Cuicuilco Revista de Ciencias Antropológicas*, 18(52), 39-49.

<https://revistas.inah.gob.mx/index.php/cuicuilco/article/view/3957>

Salazar, R., Rojano, A. y López, I. (2014). La eficiencia en el uso del agua en la agricultura controlada. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 177-183.

<http://www.revistatyca.org.mx/ojs/index.php/tyca/article/view/472>

Sánchez, I., Catalán, E., González, G., Estrada, J y García, D. (2006). Indicadores comparativos del uso del agua en la agricultura. *INIFAP*, (3), 333-340.

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0568-25172006000300009](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172006000300009)

Secretaría de Desarrollo Agropecuario [SEDEA] (2020). Estadísticas agrícolas

<http://sedea.queretaro.gob.mx/>

Secretaría de Desarrollo Agropecuario [SEDEA] (2018). Perenne riego + Temporal Estatal 2018.

[https://sedea.queretaro.gob.mx/wp-content/uploads/2021/01/PV\\_2018\\_RT\\_E.pdf](https://sedea.queretaro.gob.mx/wp-content/uploads/2021/01/PV_2018_RT_E.pdf)

Serna, A. (2010). La Industria y territorio rural: la constitución de un corredor agropecuario e industrial en el estado de Querétaro. *Región y sociedad*, (22), 77-111.

<http://www.scielo.org.mx/pdf/regsoc/v22n48/v22n48a3.pdf>

Solórzano, N. y Dercksen, P. (2000). Agricultura conservacionista para productores y productoras en cuencas y microcuencas hidrográficas. San José, Costa Rica:

Ministerio de la agricultura y ganadería. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/P10-7333.pdf>

Tapella, E. (2007); “El mapeo de actores clave”; documento de trabajo; Universidad Nacional de Córdoba. <https://planificacionsocialunsj.files.wordpress.com/2011/09/quc3a9-es-el-mapeo-de-actores-tapella1.pdf>

Taylor, S.J. y Bogdan, R. (1990) Introducción a los métodos cualitativos de investigación. Barcelona, España. Editorial Paidós. [https://iessb.files.wordpress.com/2015/07/05\\_taylor\\_mc3a9todos.pdf](https://iessb.files.wordpress.com/2015/07/05_taylor_mc3a9todos.pdf)

Toledo, A. (2008). El agua en México y el mundo. Investigación de Ordenamiento Ecológico y Conservación de los ecosistemas. *Gaceta ecológica*, (64), 9-18. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53906402>

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [UICN] (2000). *Visión del agua y la naturaleza: estrategia mundial para la conservación y manejo sostenible de los recursos hídricos en el Siglo XXI*. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2000-010-Es.pdf>

Uribe, H. (2016). Situación actual y perspectivas de los recursos hídricos para los pequeños agricultores del secano de Chile. *Instituto de investigaciones agropecuarias*, 37-39. <http://www.academiaagronomica.cl/wp-content/uploads/2015/12/posicion-secano-11-abril.pdf>

- Valdés, A. y Hernández, J. (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. <https://doi.org/10.15359/rgac.60-1.7>
- Van Meter, K. (1990) Methodological and design issues: techniques for assessing the representatives of snowball samples. *Collection and Interpretation of Data From Hidden Populations*, 31-43.
- Vargas, S. (2010). Aspectos socioeconómicos de la agricultura de riego en la Cuenca Lerma-Chapala. *Economía, sociedad y territorio*. (32), 231-263. <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2014/04/AspectosSocioeconomicosAgriculturaLermaChapala.pdf>
- Vargas, J. (2005). El impacto económico y social de los desarrollos recientes en las políticas agrícolas y rurales e instituciones en México. (2), 97-122. <https://www.revista-asyd.mx/index.php/asyd/article/view/1040>
- Vélez, A., Padilla, L. & Mojarro, F. (2015). Disponibilidad para ahorrar agua de uso agrícola en México: caso de los acuíferos de Calera y Chupaderos. *Universidad Autónoma de Zacatecas*, 2, 277-290. <https://doi.org/10.29312/remexca.v6i2.688>