



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

# LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES

Escuela Nacional de Estudios Superiores,  
Unidad Morelia

SISTEMAS DE MONITOREO  
COMUNITARIO DE AGUA PARA LA  
INNOVACIÓN SOCIAL

# TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**LICENCIADA EN CIENCIAS AMBIENTALES**

P R E S E N T A

KARINA BAUTISTA TOVAR

DIRECTOR DE TESIS: DR. JAIME PANEQUE GÁLVEZ

MORELIA, MICHOACÁN

ABRIL, 2019



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

# LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES

Escuela Nacional de Estudios Superiores,  
Unidad Morelia

SISTEMAS DE MONITOREO  
COMUNITARIO DE AGUA PARA LA  
INNOVACIÓN SOCIAL

# TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**LICENCIADA EN CIENCIAS AMBIENTALES**

P R E S E N T A

KARINA BAUTISTA TOVAR

DIRECTOR DE TESIS: DR. JAIME PANEQUE GÁLVEZ

MORELIA, MICHOACÁN

ABRIL, 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES, UNIDAD MORELIA  
SECRETARÍA GENERAL  
SERVICIOS ESCOLARES

**MTRA. IVONNE RAMÍREZ WENCE**  
DIRECTORA  
DIRECCIÓN GENERAL DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
**PRESENTE**


Por medio de la presente me permito informar a usted que en la **sesión ordinaria 12 del Comité Académico de la Licenciatura en Ciencias Ambientales** de la Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES) Unidad Morelia celebrada el día **22 de octubre 2018**, acordó poner a su consideración el siguiente jurado para la presentación del Trabajo Profesional del alumno (a) **Karina Bautista Tovar** de la Licenciatura en **Ciencias Ambientales**, con número de cuenta **311016729**, con el trabajo profesional titulado: "Sistemas de monitoreo comunitario de agua para la innovación social", bajo la dirección como **tutor** del Dr. Jaime Paneque.

El jurado queda integrado de la siguiente manera:

**Presidente:** M. en C. Hilda Rivas Solórzano  
**Vocal:** Dr. José de Jesús Alfonso Fuentes Junco  
**Secretario:** Dr. Jaime Paneque Gálvez  
**Suplente 1:** Dra. Cynthia Armendáriz Arnez  
**Suplente 2:** Mtra. Carla Noemí Suárez Reyes

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente  
**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**  
Morelia, Michoacán a, 22 de abril del 2019.



**DR. VÍCTOR HUGO ANAYA MUÑOZ**  
SECRETARIO GENERAL

---

**CAMPUS MORELIA**

Antigua Carretera a Pátzcuaro N° 8701, Col. Ex Hacienda de San José de la Huerta  
58190, Morelia, Michoacán, México. Tel: (443)689.3500 y (55)56.23.73.00, Extensión Red UNAM: 80614  
[www.enesmorelia.unam.mx](http://www.enesmorelia.unam.mx)

## **AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES**

A la UNAM por permitirme formar parte de su reconocida comunidad. A la Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia que, mediante sus profesores e investigadores me brindaron los conocimientos necesarios para mi formación académica y personal. Y dónde las Ciencias Ambientales me han aproximado a ver al mundo de otra manera y a entender la complejidad de las problemáticas.

A la beca de conclusión de estudios otorgada por el PAPIIT dentro del proyecto con clave IA301817 titulado “Nuevos sistemas de monitoreo comunitario como bases para la innovación socio-territorial y ambiental en comunidades rurales y periurbanas en situación de pobreza, marginación y conflicto ambiental”.

A mi asesor de tesis, el Dr. Jaime Paneque Gálvez, por confiar en mí y permitirme colaborar con él ya que es un excelente profesionista y persona. A la Dra. Marcela Morales Magaña por sus comentarios oportunos sobre todo en los cimientos de esta tesis.

Igualmente agradezco a los miembros de mi jurado; a la M.C. Hilda Rivas Solórzano, al Dr. José de Jesús Alfonso Fuentes Junco, a la Dra. Cynthia Armendáriz Arnez y a la Mtra. Carla Noemí Suárez Reyes, por dedicarle un poco de su tiempo a la revisión de esta tesis y por sus valiosos comentarios y observaciones.

Al Laboratorio de Análisis de Suelos y Agua del CIGA, UNAM, especialmente a la M. C. Hilda Rivas Solórzano, por todo su apoyo en la gestión del material utilizado en campo y por su disponibilidad para resguardarlo.

Y al personal de Servicios Escolares de la ENES Morelia, por su orientación y paciencia durante todo el proceso de titulación.

## **AGRADECIMIENTOS PERSONALES**

A mis papás Minerva y Carlos, gracias por toda la confianza que han depositado en mí y por su apoyo incondicional en cada una de las decisiones que he tomado, por ser mi principal sustento. Espero seguir creciendo profesionalmente y algún día poder retribuirles un poco de todo lo que me han dado. Aprovecho para recordarles cuánto los quiero y lo importantes que son para mí.

A mis hermanas, Karla y Karen, ya que fueron el último impulso que me faltaba para iniciar esta maravillosa aventura, que tanto ustedes como yo, la hemos disfrutado.

A mi familia por estar siempre al pendiente de mí y seguir mis pasos (sé que esas fiestas no fueron lo mismo sin mí, perdón Alo), especialmente a mi abue Fi, por quererme tanto y por toda su ayuda. A mi tía Lichita por no dejar de “molestarme” a pesar de la distancia y recordarme que siempre me esperan en casa.

A mis amigos de la licenciatura; Mich y Carlos, por estar siempre conmigo y por las incontables anécdotas que vivimos juntos. A Jandy, por darle tanta alegría y diversión a mis días. A Jairo y Pedro, grandes amigos. Adelita y Connie amigas y confidentes. Al resto de todos mis amigos y compañeros, les deseo el mayor de los éxitos y ¡a cambiar al mundo!

A la Comunidad Ecológica Jardines de la Mintsita por permitirme trabajar con ellos y enseñarme que vivir se debe hacer con conciencia y siempre con la responsabilidad de saber en dónde estamos. Gracias a Bob, Mari y Martín, por su tiempo invertido en el monitoreo de agua, porque esas caminatas no eran poco.

A Lupita, por ser mi mano derecha durante todo este proceso, no sé qué habría hecho sin tu apoyo. A Delia, Bryam, Paco por su ayuda. Y a todos aquellos que voluntaria e involuntariamente contribuyeron a la realización de esta tesis.

¡GRACIAS!

## ÍNDICE

<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>2</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>4</b>
RESUMEN.....	5
ABSTRACT.....	6
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>7</b>
1.1. Planteamiento del problema.....	7
1.2. Objetivos .....	10
Objetivo general .....	10
Objetivos específicos: .....	10
1.3. Antecedentes de monitoreo comunitario de agua en el mundo.....	11
1.4. Antecedentes de monitoreo comunitario de agua en México .....	13
1.5. Potencial del monitoreo comunitario de agua .....	15
1.6. ¿Monitoreo comunitario de agua como innovación social?.....	17
1.7. Estructura de la tesis.....	19
<b>CAPÍTULO 2. COMUNIDAD Y ÁREA DE ESTUDIO.....</b>	<b>20</b>
2.1. Descripción biofísica.....	22
2.2. Descripción social .....	25
2.3. Conocimiento y manejo del agua en la comunidad.....	27
<b>CAPÍTULO 3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN, MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>30</b>
3.1. Diseño de la investigación .....	30
3.2. Materiales .....	41
3.3. Métodos .....	45

<b>CAPÍTULO 4. RESULTADOS</b> .....	<b>53</b>
4. 1. Limitaciones y desafíos.....	54
4.2. Motivaciones comunitarias, beneficios y oportunidades .....	57
4.2.2. Beneficios y oportunidades .....	58
4.3. Monitoreo comunitario de agua como innovación social .....	60
<b>CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN</b> .....	<b>68</b>
5. 1. Limitaciones y desafíos.....	68
5.2. Motivaciones comunitarias, beneficios y oportunidades del monitoreo comunitario de calidad del agua .....	72
5.3. Monitoreo comunitario de agua como Innovación Social .....	77
<b>CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES</b> .....	<b>80</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>82</b>
<b>Apéndice A. Guion de grupo focal</b> .....	<b>92</b>
<b>Apéndice B. Fichas sobre calidad y parámetros fisicoquímicos del agua</b> .....	<b>95</b>
Generalidades del agua.....	95
Calidad del agua y contaminación .....	96
Parámetros fisicoquímicos del agua medidos con el Kit LaMotte y el Sensor PASCO®.	98
<b>Apéndice C. Resultados del monitoreo comunitario de agua</b> .....	<b>108</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Mapa de área de estudio .....	21
<b>Figura 2.</b> Mapa de sitios de muestreo comunitario de agua .....	34
<b>Figura 3.</b> Proceso de intervención en la CEJM.....	35
<b>Figura 4.</b> Kit LaMotte .....	43
<b>Figura 5.</b> Sensor Digital PASCO® .....	44
<b>Figura 6.</b> Interfaz del Software SPARKvue®.....	44
<b>Figura 7</b> Computadoras portátiles en taller de interpretación de datos .....	46
<b>Figura 8.</b> Grupo focal realizado con la CEJM .....	48
<b>Figura 9.</b> Taller de mapeo participativo en la CEJM .....	49
<b>Figura 10.</b> Taller de capacitación para el uso del Kit LaMotte .....	50
<b>Figura 11.</b> Recorridos en campo para reconocer el área de estudio .....	50
<b>Figura 12.</b> Monitoreo comunitario de calidad de agua .....	51
<b>Figura 13.</b> Primer taller de interpretación de datos .....	52
<b>Figura 14.</b> Fachada principal de la “casita comunal” de la CEJM .....	59
<b>Figura 15.</b> Sitio de muestreo "La papelera" .....	62
<b>Figura 16.</b> Muestra de agua del sitio de muestreo de "La papelera" .....	62

**Figura 17.** Evaluación del caso de la CEJM mediante los componentes de la innovación social ..... 68

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Ubicación, descripción y motivaciones comunitarias para realizar los monitoreos en los sitios de muestreo .....	36
<b>Tabla 2.</b> Criterios y dimensiones del monitoreo comunitario del agua para ser evaluado como innovación social .....	39
<b>Tabla 3.</b> Categorización para el análisis del monitoreo comunitario de agua como innovación social .....	53
<b>Tabla 4.</b> Criterios para considerar el monitoreo comunitario de agua en la CEJM como innovación social con base en Rodríguez y Alvarado (2008).....	64
<b>Tabla 5.</b> Criterios para considerar el monitoreo comunitario de agua en la CEJM como innovación social con base en Simon et al. (2014) .....	66

## **RESUMEN**

Los estudios de calidad de agua han pasado de ser completamente realizados por técnicos, a intentar involucrar a las comunidades locales. Esta tesis propone el monitoreo comunitario de agua como un mecanismo para la inclusión de las comunidades en la generación de información. Los objetivos fueron identificar las limitaciones y los desafíos del monitoreo comunitario de agua, además se determinaron las motivaciones, beneficios y oportunidades. El tercer objetivo fue reflexionar sobre hasta qué punto el monitoreo comunitario de agua puede ser considerado como un proceso de innovación social.

Se realizó un estudio de caso utilizando métodos cualitativos y etnográficos en la Comunidad Ecológica Jardines de la Mintsita, ubicada en la periferia de la ciudad de Morelia. Se conformó un grupo focal, mapeo participativo, recorridos en campo, talleres de capacitación para el uso de dos equipos de análisis de agua (Kit LaMotte y Sensor digital PASCO®), talleres para el análisis de datos, y entrevistas. Como conclusión, el monitoreo comunitario de agua es una práctica donde las personas que participan en él satisfacen la necesidad de tener información sobre el recurso al que acceden, que debe ser de calidad según el derecho a un ambiente sano.

La innovación social radica en la cogeneración de información sobre la calidad del agua, que satisface la necesidad local de obtener datos científicos para la defensa del territorio y para su manejo. Dicha información sobre la calidad del agua no solo proviene de datos científicos, sino que también se genera a partir del conocimiento local y el aprendizaje continuo. La comunidad se encuentra empoderada ya que ahora cuentan con más conocimientos y datos para asegurar su derecho al acceso de agua de calidad. En conclusión, vincular el monitoreo comunitario de agua e innovación social, además de ser un nicho no estudiado, es pertinente ya que ambos marcos teóricos reconocen la importancia del trabajo comunitario.

## **ABSTRACT**

Studies of water quality, have gone from being fully carried out by technicians, trying to involve the local communities. This thesis proposes community water monitoring as a mechanism for the inclusion of communities in the generation of information. The objectives were to identify the limitations and challenges of community water monitoring, in addition, the motivations, opportunities and benefits were determined. The third objective was to reflect upon how the community monitoring of water can be considered as a process of social innovation.

A case study was conducted using qualitative and ethnographic methods in a community located on the periphery of the city of Morelia. Completed a focal group, participatory mapping, fieldwork, training workshops for the use of two water analysis equipment (Kit LaMotte and PASCO® digital sensor), workshops for data analysis, and interviews were conducted. It is concluded that the monitoring of water quality is a practice where the participation of people has the purpose of satisfying the right to access to information and a healthy environment.

The social innovation lies in the cogeneration of information on the water quality, that it meets local need to obtain evidence for the defense of the territory and its management. Such information about the quality of the water not only comes from scientific data, but that it is also generated from local knowledge and continuous learning the community is empowered since they now have more knowledge and data to ensure their right to access to quality water. In conclusion, community water monitoring and social innovation, besides being a niche not studied, it is pertinent that both theoretical frameworks recognize the importance of community work.

# **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

## **1.1. Planteamiento del problema**

Los problemas hídricos que existen en México entre disponibilidad, sequías, acceso desigual y contaminación demuestran que las soluciones que ha ofrecido el Estado, en su mayoría técnicas donde la población no participa, no han podido contrarrestar estos problemas complejos (Sandoval Moreno & Günther, 2015). Las instituciones que gestionan los recursos hídricos en México han generado que las condiciones del agua sean precarias, y no solo por escasez, sino por la mala gestión existente. Estas instituciones favorecen a minorías otorgándoles poder sobre los recursos, de los que obtienen diversos beneficios, dejando desfavorecidos a otros sectores de la población (Amaya Ventura, 2012). El órgano administrativo, técnico y consultivo encargado de la gestión y vigilancia del agua en México es la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Dentro de sus objetivos la participación ciudadana se atiende únicamente en los Consejos de Cuenca en los que se busca promover el buen uso del agua.

La CONAGUA en el año de 2016 registró que existen 4,999 sitios de monitoreo de calidad de agua. Los parámetros empleados por la CONAGUA para determinar la calidad del agua son; la demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ), la demanda química de oxígeno (DQO) y los sólidos suspendidos totales (SST). También reconoce que existen 653 acuíferos subterráneos de los cuales 105 se encuentran en sobreexplotación. Por otra parte, se estima que existen 12 millones de personas que no tienen acceso a agua potable, que el 46% del líquido se pierde en fugas, y que el 80% de los cuerpos de agua se encuentran con algún tipo de contaminación, especialmente por descargas industriales (Taboada & Denzin, 2017).

En la literatura proveniente de instituciones gubernamentales y académicas, se reconoce que el problema de la contaminación del agua es un tema urgente, ya que el parámetro de calidad excelente<sup>1</sup> ha disminuido de 40% a 31% para la DBO<sub>5</sub>, y de 23% a 4% en DQO en el periodo de 2008 a 2016. Es notorio que la contaminación va en aumento al igual que los esfuerzos de monitoreo, no obstante, existen deficiencias en la recolección de datos ya que los métodos utilizados han cambiado de una administración a otra, generando resultados poco comparables a lo largo del tiempo (Jiménez Cisneros, 2007). Esta deficiencia en la calidad de información, según estudios de Ruiz Ortega (2017), es una falla institucional que ocasiona conflictos por el agua, ya que varios de éstos inician debido a la desinformación de los usos y el desconocimiento de las condiciones en que se encuentra el agua (Ruíz Ortega, 2017).

Las leyes mexicanas que garantizan el acceso a la información son la Ley General De Transparencia y Acceso a la Información Pública<sup>2</sup> y la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública<sup>3</sup>. En el Artículo 1° de ambas se menciona que es obligación de cualquier institución o instancia que reciba recursos públicos federales, garantizar el derecho a la información. En el Artículo 2° de la Ley Federal, se indica que la persona solicitante de información debe hacerlo mediante procedimientos sencillos y expeditos. El Artículo 2° de la Ley General dice que se debe “promover, fomentar y difundir la cultura de la transparencia, el acceso a la información, la participación ciudadana, así como la rendición de cuentas mediante mecanismos que garanticen la publicidad de información oportuna, verificable, comprensible, actualizada y completa y se

---

<sup>1</sup> Excelente; Respecto a la DBO<sub>5</sub> ≤ 3 mg/l; Respecto a la DQO ≤ 10 mg/l. (Fuente: CONAGUA, 2016).

<sup>2</sup> Sitio de descarga: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGTAIP.pdf>.

<sup>3</sup> Sitio de descarga: [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFTAIP\\_270117.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFTAIP_270117.pdf).

difunda en formatos adecuados y accesibles para todo el público, atendiendo en todo momento las condiciones sociales, económicas y culturales de cada región”.

Dichas leyes demuestran que en México el Estado es el encargado de difundir información sobre diversos temas, incluyendo el agua. Por otra parte, es importante en este punto, resaltar que toda la gestión está a cargo de CONAGUA y, por tanto, el ofrecer información pertinente, actualizada y expedita sobre el recurso hídrico. Sin embargo, actualmente se están dando mecanismos donde la población busca tener mayor presencia en la gestión del agua (Kloster, 2017), ya que la participación de las comunidades ha aportado valiosos conocimientos de los ecosistemas en que habita (Zurbriggen, 2014). Las comunidades locales han empezado a organizarse para desarrollar soluciones para resolver las necesidades de la población con proyectos novedosos y con fines sociales (Buckland & Murillo, 2014; Gerometta, Haussermann, & Longo, 2005).

Uno de los mecanismos que garantizan la participación ciudadana en la generación de información es el monitoreo comunitario de calidad de agua (Tennakoon & Cawley, 2005). También contribuye a mejorar el conocimiento (profundizando y sistematizando) sobre las fuentes de agua de las que se abastece la población, así la toma de decisiones se puede realizar adecuadamente y con rapidez (Flores-Díaz, Quevedo Chacón, Páez Bistrain, Ramírez, & Larrazábal, 2018).

Por otro lado, y retomando la importancia de que las comunidades se organicen para resolver problemas y satisfacer necesidades locales, es preciso mencionar que la innovación social cuenta con tal capacidad, donde se abren nuevos procesos de participación que si logran perdurar en el tiempo se puede generar una transformación social. Sin embargo, no existe un consenso sobre la definición de innovación social, pero sí se reconoce que hay una gran diversidad de métodos que logran producir tal impacto, y en cualquier caso se



debe beneficiar a la sociedad. Un aspecto fundamental, es el intercambio de conocimientos, y una alta participación de los ciudadanos dispuestos a trabajar en la innovación social, ya que ésta es capaz de modificar rutinas. En otras palabras, es “utilizar el talento colectivo para mejorar la calidad de vida y para enfrentar problemas con nuevos métodos...se requiere de la comprensión de la problemática local y del contexto específico de las personas...se requieren nuevas formas de organización y gestión, liderazgo, aplicación de conocimiento, financiamiento” (Franco & Guerra Gómez, 2018, p. 37).

Debido a la ambigüedad que se pueda encontrar dentro del término de innovación social y las formas en que se puede desarrollar, esta tesis plantea ese nicho en la investigación, es decir, proponer el monitoreo comunitario de agua como una innovación social. Se plantea establecer una relación entre dicha actividad y la innovación social a partir de la implementación de tecnologías sencillas para el monitoreo comunitario de agua.

## **1.2. Objetivos**

### **Objetivo general**

Evaluar si el uso de sistemas de monitoreo comunitario de agua es efectivo para generar innovación social en un contexto de comunidad indígena.

### **Objetivos específicos:**

- 1.** Valorar cuáles son las limitaciones y los desafíos que dificultan el desarrollo de estrategias de monitoreo comunitario de agua en una comunidad indígena.

2. Determinar cuáles son las motivaciones comunitarias para realizar el monitoreo comunitario de agua, así como los posibles beneficios y las oportunidades existentes para llevarlo a cabo en una comunidad indígena.
3. Determinar los aspectos clave de la innovación social y evaluar si el monitoreo comunitario de agua puede ser considerado un proceso de innovación social en sí mismo.

### **1.3. Antecedentes de monitoreo comunitario de agua en el mundo**

El monitoreo es una actividad indispensable para medir los diferentes impactos de las intervenciones a diferentes escalas, sin embargo, las formas de monitorear han cambiado en las últimas décadas. Estos cambios radican en que el monitoreo realizado por profesionales usualmente es costoso e impide que se mantenga en el tiempo, además por cuestiones de logística muchos recursos naturales no se pueden monitorear remotamente y la información obtenida es poco relevante para las personas locales (Danielsen, Burgess, & Balmford, 2005). Se están buscando las alternativas para que estos problemas se disminuyan, y en el campo hídrico una de las soluciones más propuestas es el monitoreo comunitario de agua donde se hace hincapié en que la comunidad donde se realiza el monitoreo sea la encargada del liderazgo de la actividad y los datos obtenidos contribuyan con información para la toma de decisiones (Whitelaw, Vaughan, Craig & Atkinson, 2003).

Alrededor del mundo existen diversos programas de monitoreo de calidad de agua generalmente vinculados a instituciones universitarias como; el *Alabama Water Watch* proveniente de la Universidad de Auburn, con el objetivo de educar a los ciudadanos en temas relacionados con el agua y capacitarlos en el uso de los equipos y técnicas estandarizadas para la recolección de datos. Este programa es de gran alcance ya que se

realiza en las cuencas más importantes de Alabama (Auburn University, 2016). La Universidad de Rhode Island con el programa de *Watershed Watch*, donde trabajan identificando fuentes de contaminación a nivel de cuenca en colaboración con ciudadanos (The University of Rhode Island, 2018). En la Universidad de Toronto, el programa *Citizens Environment Watch* surgió debido a la escasez en el presupuesto público para la vigilancia del agua. Los ciudadanos, en su mayoría jóvenes, utilizaron indicadores químicos y biológicos para medir la calidad del aire y agua y así identificar los sitios que requieren de atención (Savan, Morgan, & Gore, 2003).

Una de las redes de monitoreo más reconocidas a nivel mundial es la *Global Water Watch*<sup>4</sup>, la cual certifica a capacitadores para que guíen a las comunidades en la medición de calidad del agua con indicadores fisicoquímicos, y biológicos, utilizando técnicas sencillas. Dichos programas y redes de monitoreo se realizan en su mayoría en Estados Unidos y Canadá (Perevochtchikova, Aponte Hernández, Zamudio-Santos, & Sandoval-Romero, 2016).

Otro programa de monitoreo comunitario de agua que busca tener incidencia a nivel mundial es *The Earth Echo Water Challenge* (anteriormente llamado *World Water Monitoring Challenge*<sup>5</sup>) el cual busca involucrar a los ciudadanos en el monitoreo básico de los cuerpos de agua locales. Para realizarlo es necesario solicitar un kit de monitoreo a la organización para después compartir los resultados en línea en una base de datos internacional, además de evidencia fotográfica en redes sociales. De este modo se busca concientizar a la población de la importancia de los recursos hídricos durante el periodo que dura el “reto” que inicia el 22 de marzo y finaliza el 31 de diciembre.

---

<sup>4</sup> Red voluntaria de grupos de monitoreo comunitario de agua, con el objetivo de fomentar la administración de cuencas hidrográficas donde el monitoreo se desarrolla por parte de ciudadanos y contribuye a la mejora de la calidad del agua y la salud pública. Sitio web de la organización; <http://www.globalwaterwatch.org/>

<sup>5</sup> Sitio web del programa: <http://www.worldwatermonitoringday.org/>

#### **1.4. Antecedentes de monitoreo comunitario de agua en México**

En México, los antecedentes que existen sobre el monitoreo comunitario son muy amplios pues tan solo en el registro que se tiene de la *Global Water Watch-México*, en 2005 en el estado de Veracruz se conformó un grupo núcleo, que ha generado diferentes redes de monitoreo de calidad del agua en el país. En esta red de monitoreo se han capacitado a más de 750 personas en el análisis de características fisicoquímicas y biológicas del agua (Flores-Díaz et al., 2013). A continuación se mencionaran algunos de los diversos trabajos que se han realizado bajo el conexto de monitoreo comunitario de agua.

Existen trabajos como el de Burgos, Páez, Carmona y Rivas (2013) realizado en la región de la cuenca del Balsas. También está el de Perevochtchikova, Aponte, Zamudio-Santos y Sandoval-Romero (2016), en el Ajusco, Ciudad de México, y Flores-Díaz, et al., (2018) en la Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca. Y la tesis de maestría de Jiménez Belalcázar (2014) utilizando macroinvertebrados en la cuenca del río Cuitzmala. Estas investigaciones colaboran con comunidades indígenas, respondiendo a distintos objetivos, aunque todas reconocen la importancia de involucrar a las comunidades locales en la generación de conocimiento sobre la calidad de agua. No obstante, ninguno de estos trabajos ha abordado el estudio del monitoreo comunitario de agua como una innovación social, por tanto, esta tesis aborda ese vacío en la literatura.

La investigación de Perevochtchikova et al., (2016), se desarrolló en la periferia de la ciudad utilizando las técnicas de monitoreo proporcionadas por la *Global Water Watch* con el propósito de estimular la participación de la comunidad y generar conocimiento útil para la toma de decisiones e identificar los conflictos con el agua. En su trabajo, los autores reconocieron la falta de trabajos académicos que aborden los alcances y limitaciones del

monitoreo comunitario de agua y el uso de la información obtenida. Las problemáticas y limitaciones que surgieron indicaron que, para el aprendizaje de las técnicas se requirió de incentivos económicos para los monitores pues se requería un alto grado de compromiso de trabajo para asegurar la participación y la obtención de la información. Durante el tiempo que duró el monitoreo existió un periodo de recapitación donde se pudo apreciar el olvido de las técnicas aprendidas inicialmente y el desinterés por parte de la comunidad. Finalmente, el estudio reconoce que es necesario que la comunidad logre desarrollar el monitoreo de una forma independiente.

Por su parte, Flores-Díaz et al., (2018) en la Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca, demostraron que la información obtenida durante seis años del muestreo comunitario de calidad de agua fue significativa para la comunidad ya que se tiene datos sobre el agua en sitios socialmente importantes y se pueden tomar decisiones adecuadas. Estos aspectos pueden dar lugar a nuevos esquemas de gobierno local, mientras que los desafíos radican en la fiabilidad de los datos generados, ya que los participantes no son técnicos experimentados.

En la experiencia de Burgos et al., (2013), las autoras presentan un modelo para evaluar el monitoreo comunitario. El modelo está conformado por tres componentes y cinco procesos, donde también se identificaron las propiedades emergentes. El trabajo de campo se realizó en una zona rural de la Cuenca del Río Balsas donde el propósito fue obtener información confiable sobre el estado y las variaciones del agua. También se identificaron procesos como la participación de las comunidades que dirige a la gestión ambiental y que se desencadena en un mayor capital social. Se concluyó que la información obtenida por las comunidades fue significativa y también fiable.

Finalmente, en la tesis de maestría de Jiménez Belalcázar (2014), el monitoreo comunitario de agua se complementó con el muestreo biológico de macroinvertebrados. La finalidad de esta tesis fue identificar si este método era lo suficientemente atractivo para los pobladores y generar una caracterización fisicoquímica, bacteriológica e hidrométrica del agua. Los resultados obtenidos fueron positivos en cuanto a la calidad de agua y un total de 17,898 organismos colectados durante cuatro meses. Por otra parte, se reconoció que el monitoreo comunitario además de generar información valiosa para las comunidades también es una herramienta para la educación y la sensibilización ambiental. El uso de macroinvertebrados representó cierta dificultad ya que son organismos muy pequeños y se perciben como peligrosos, aun así, concluye que son un muy buen parámetro para evaluar la calidad del agua y que la comunidad de estudio estuvo dispuesta a trabajar con ellos.

### **1.5. Potencial del monitoreo comunitario de agua**

El monitoreo de agua realizado por no expertos se ha vinculado con el marco teórico de ciencia ciudadana. Ésta consiste en elaborar proyectos de investigación capacitando a voluntarios para realizar la recolección de datos científicos, mientras que el análisis de los datos lo llevan a cabo los científicos. Entre sus principales beneficios es que puede cubrir grandes extensiones simultáneamente, lo que es imposible para un investigador (Bonney et al., 2014). Un ejemplo de ciencia ciudadana y monitoreo de calidad de agua es el que presentan Jollymore y colaboradores (2017); su programa de ciencia ciudadana, llamado *Waterlogged*, consistió en identificar los impactos de la actividad humana en la calidad del agua. Los voluntarios tomaron muestras de agua de los alrededores del metro de Vancouver, para ser analizada por técnicos con métodos rigurosos (Jollymore, Haines, Satterfield, & Johnson, 2017).

Por su parte el monitoreo comunitario de agua se hace de a escala local a una con la finalidad de generar impactos y acciones puntuales, pues esa información se puede convertir en acciones puntuales. Se ha comprobado que si la recolección de datos y el análisis de ellos lo realiza la comunidad, las decisiones se toman de tres a nueve veces más rápido en comparación a que si lo realizara alguien externo a la comunidad (Danielsen, Burgess, Jensen, & Pirhofer-Walzl, 2010).

El monitoreo comunitario es una actividad frecuente en países donde el desarrollo económico es mayor, pues los programas se encuentran financiados por el Estado o por organizaciones no gubernamentales y la participación de los voluntarios es cuantiosa (Danielsen et al., 2009). Por otro lado, en países con poco desarrollo económico la intensidad con la que se realiza el monitoreo comunitario de calidad de agua es menor. No se recibe suficiente apoyo de las agencias gubernamentales y hay menos profesionales y voluntarios dispuestos a dar su tiempo; es decir, las condiciones socioeconómicas junto a la falta de cuadros técnicos dispuestos a participar son una limitante para realizar actividades de este tipo (Danielsen et al., 2008).

A pesar de que existen limitaciones y desafíos, también hay motivaciones, siendo la más frecuente el interés por la salud humana. Ejemplo de ello es el caso ocurrido en Cotacachi, Ecuador, donde las comunidades se sentían amenazadas por los contaminantes del agua debido a las actividades industriales, mineras y agrícolas. Con los datos obtenidos se implementaron acciones a otros proyectos ambientales, además se logró impactar en la política local y se incentivó la cohesión social entre dos sectores de la población (Ruiz-Córdova, Duncan, Deutsch, & Gómez, 2006).

## 1.6. ¿Monitoreo comunitario de agua como innovación social?

La innovación social es un concepto en auge y no existe consenso académico sobre su definición, es flexible y puede ser abordado desde enfoques y contextos muy diferentes. No obstante, un elemento clave es identificar dónde se desarrolla, ya que es un “producto de una comunidad concreta...dónde el desarrollo de la innovación se da en un contexto específico, es decir, es un producto cultural” (Hernández-Ascanio, Tirado-Valencia, & Ariza-Montes, 2016). Para fines de esta tesis definiremos a la innovación social como “nuevas ideas, productos, servicios, modelos, o procesos, que satisfacen simultáneamente las necesidades sociales y crean nuevas relaciones o colaboraciones sociales” (Murray, Caulier-Grice, & Mulgan, 2010).

La innovación social busca la satisfacción de necesidades locales y, de este modo, generar una mejor calidad de vida de las comunidades y los individuos (Mulgan, Tucker, Ali, & Sanders, 2007; Murray et al., 2010; Mulgan, 2006). Otros resultados benéficos que pueden surgir son las mejoras en el bienestar social, la sostenibilidad y la inclusión social particularmente de poblaciones desfavorecidas y marginadas, aumento en la capacidad sociopolítica y acceso a los recursos necesarios para la realización de los derechos y satisfacción de necesidades. En conclusión, se aspira al bien público y social, donde exista la generación de valores sociales y la mejora de calidad de vida y el desarrollo sostenible (Hernández-Ascanio, Tirado-Valencia, & Ariza-Montes, 2016).

El impacto que está teniendo la innovación social a nivel mundial es importante. Basta con mencionar la existencia de los “Bancos de ideas” que en un inicio fueron libros y actualmente son depósitos en línea como el *Global Idea Bank*<sup>6</sup>. En este depósito hay ideas y experiencias diversas alrededor del mundo y recibe cerca de un cuarto de millón de visitas al año (Murray, Caulier-Grice, & Mulgan, 2010). Entre todas las experiencias que se



pueden encontrar, resulta difícil identificar qué es una innovación social, sin embargo, existen esfuerzos de diversos autores que intentan delimitar qué es una innovación social.

Mouleart, Martinelli, Swyngedouw & González (2005), proponen tres dimensiones de la innovación social, la primera es la satisfacción de necesidades humanas actualmente insatisfechas. La segunda son los cambios en las relaciones sociales, y la tercera es la dimensión de empoderamiento donde se incrementa la capacidad sociopolítica y el acceso a recursos básicos. En México, a través del Foro Consultivo Científico y Tecnológico (Franco & Guerra Gómez, 2017), se identifican los componentes que permiten considerar a los proyectos como de innovación social. En Simon et al., (2014) se presenta una guía para identificar a una innovación social, además de sus componentes y los tipos de innovación social que proponen. Finalmente, Rodríguez y Alvarado (2008) hicieron el análisis de un concurso lanzado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) para premiar proyectos innovadores sociales en América Latina. En su reporte presentan los criterios establecidos para considerar un proyecto como de innovación social y también exponen los componentes de ésta. Autores como Seyfang y Smith (2007), retoman la importancia de incorporar aspectos ambientales dentro de la innovación social y sobre todo se centran en identificar quiénes son las personas que realizan la actividad innovadora. Proponen el concepto de innovaciones de base (*grassroots innovation*) siendo éstos, grupos marginados a los que comunmente no se les atribuye la capacidad de innovar, pero existe la evidencia de que sí es posible. Dentro de las formas en que se suele innovar es mediante el uso de tecnologías más ecológicas y adecuadas a las situaciones locales.

---

<sup>6</sup> Sitio web <https://www.ideabank.global/>

## **1.7. Estructura de la tesis**

En el siguiente capítulo de la tesis se describe el área de estudio donde se realizó el monitoreo de calidad de agua, tanto los aspectos biofísicos como los aspectos sociales, además del conocimiento y manejo que tiene la comunidad respecto al agua. Posteriormente se explica el diseño de la investigación, los materiales y los métodos utilizados. En esta sección se presenta a los autores que se utilizaron para identificar aspectos de innovación social en el monitoreo comunitario de agua. En el capítulo cuatro, se muestran los resultados y se presenta una tabla con los sitios de muestreo determinados por la comunidad, así como las respuestas a cada uno de los objetivos específicos. En el capítulo cinco se elabora una discusión de cada uno de los objetivos, retomando aspectos teóricos importantes. Finalmente, en el capítulo seis se presentan algunas conclusiones y recomendaciones para futuras investigaciones.

## CAPÍTULO 2. COMUNIDAD Y ÁREA DE ESTUDIO

La comunidad con la que se trabajó este caso de estudio fue la autodenominada Comunidad Ecológica Jardines de la Minsita<sup>7</sup> (de ahora en adelante, la Comunidad o CEJM) la cual se encuentra ubicada en el área periurbana de la ciudad de Morelia, capital del Estado de Michoacán. Esta comunidad cuenta con la característica de ser un asentamiento irregular instalado en la zona del manantial de La Mintzita (área de estudio) desde la década de los 80. En el año de 2003 a raíz de problemas internos, la comunidad se separó y varias familias formaron un grupo decidido a impulsar un proyecto ecológico adoptando un modo de vida sustentable, con la finalidad de reconocer la importancia del manantial y de sus zonas de recarga (Ávila Carreón, 2018).

En cuanto a la zona donde se encuentra asentada la comunidad, uno de los componentes más importantes del ecosistema es El manantial de La Mintzita, lugar donde se partió para el monitoreo comunitario de agua. El manantial se encuentra a 7.5 kilómetros al suroeste de Morelia, a una altitud de 1,917 msnm. en las cercanías a él, se encuentran otras comunidades que interactúan con el manantial de distintas formas. Éstas son; al norte con San Antonio, El Cerrito Itzícuaru, San Juanito Itzícuaru, al sur con Uruapilla, la presa de Cointzio, y el fraccionamiento Arko San Pedro. Al este con la Tenencia Morelos y la comunidad de Cointzio, al oeste con San Nicolás, El Rodeo, San Antonio Parangare y Piedra Dura (Ayuntamiento de Morelia, 2004.) (Ver figura 1).

---

<sup>7</sup> En documentos oficiales se nombra tanto a la Comunidad y al manantial como Mintzita, mientras que las personas de la comunidad se refieren a su comunidad como Minsita o Minsita pues al ser de origen purépecha la letra Z no existe. Sin embargo, existe un uso indiscriminado al emplearse Mintzita para referirse a la comunidad. En esta tesis el término Mintzita hace referencia únicamente al manantial y para la comunidad se ocuparán las siglas.

# ÁREA DE ESTUDIO

Sistemas de monitoreo comunitario de agua para la innovación social

## Leyenda

-  Afluentes
-  Papelera
-  Sitio Ramsar
-  Área Natural Protegida
-  Cuerpos de agua
-  Comunidades
-  Carreteras principales



Escala 1 cm:240 metros

0 250 500 1,000



Metros

Fuente: Elaboración propia con datos de Espacio y Datos de México, INEGI, 2018.

Mapco participativo y recorridos en campo

Edición cartográfica:  
Karina Bautista Tovar  
Octubre, 2018

Sistema de coordenadas:  
WGS84 UTM 14N  
Proyección: Transversal de Mercator  
Datum: WSG 1984



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES  
**UNIDAD MORELIA**

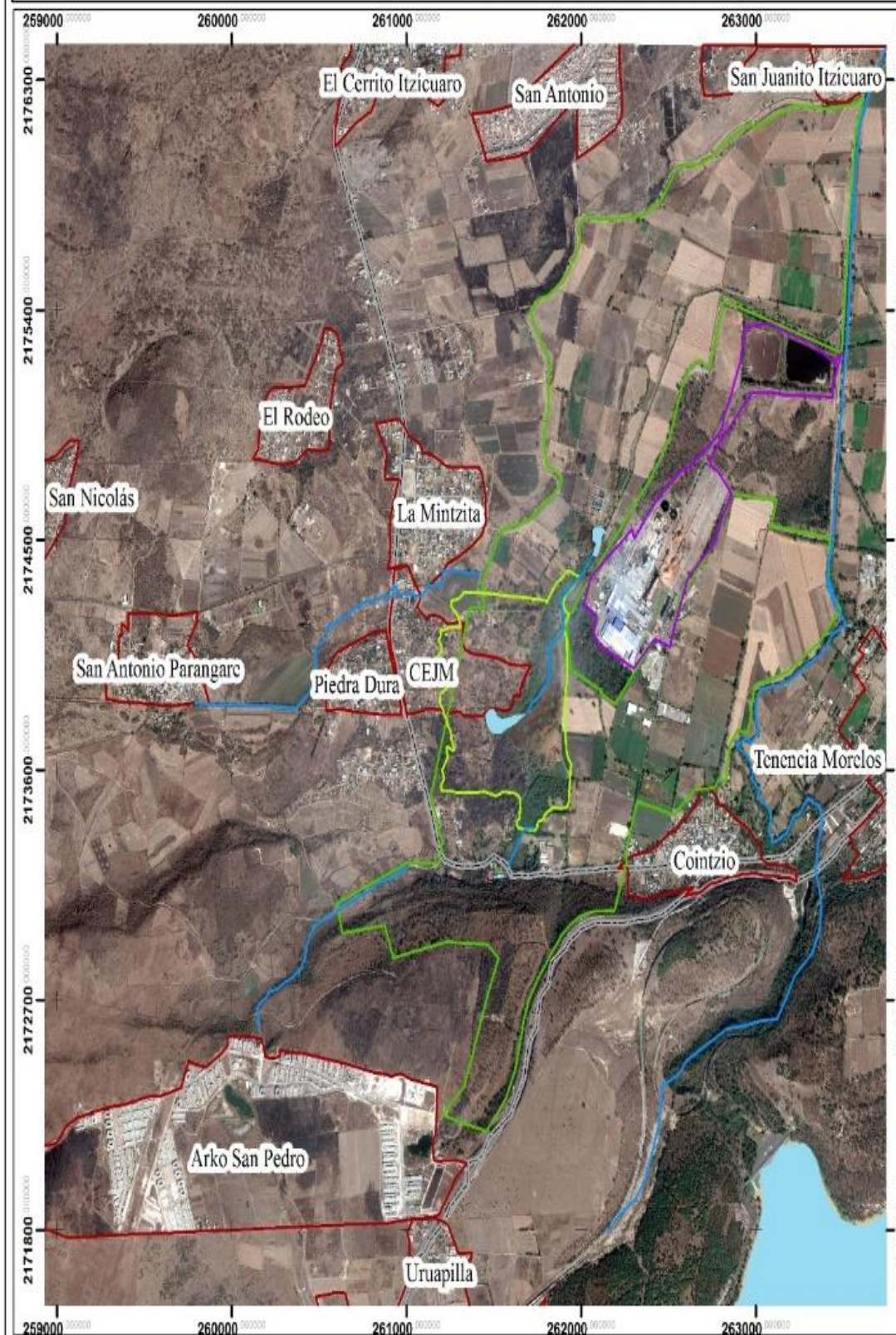


Figura 1. Mapa de área de estudio

La zona del manantial cuenta con diferentes decretos que respaldan su importancia ecológica. Es un el Área Natural Protegida bajo la categoría de Zona Sujeta a Preservación Ecológica decretada el 31 de enero del 2005. En febrero de 2009 se decreta como Sitio Ramsar a 56.8 hectáreas que son donde se encuentra el espejo de agua (Ávila Carreón, 2018). El manantial y los humedales que ahí se encuentran son de una extensión menor en comparación a los más reconocidos del estado de Michoacán, que son Pátzcuaro y Cuitzeo que además son los más estudiados. Sin embargo, el manantial de la Mintzita es muy importante ya que es un refugio de fauna y flora local, así como la generadora del 40% del agua que se distribuye en la capital, siendo la mayor fuente de abastecimiento ya que aporta 1,041.11 litros por segundo (Escutia-Lara, Lara-Cabrera, & Lindig-Cisneros, 2009; Municipio de Morelia, 2010). A pesar de existir diversos decretos en pro de su conservación, también existen problemas relacionados a la calidad del agua y la sobreexplotación. Se ha demostrado que, debido a la creciente vegetación acuática, algunos cuerpos de agua han disminuido notablemente (Murillo, Villanueva, Sánchez, Ojeda, & Heredia, 2013).

## **2.1. Descripción biofísica**

El manantial de la Mintzita se encuentra dentro de la cuenca del Lago de Cuitzeo que es el segundo lago más grande de México y recibe distintos escurrimientos superficiales de diferentes municipios colindantes. La cuenca del Lago de Cuitzeo es endorreica y se encuentra conectada artificialmente a la cuenca de Lerma-Chapala que es de un tamaño mucho mayor (DOF, 2006). Particularmente de Morelia recibe uno de los

afluentes de mayor importancia para el sistema hidráulico-ambiental y es el afluente del Río Grande que atraviesa toda la ciudad de norte a sur (IMPLAN, 2018).

El río Grande de Morelia forma su propia cuenca en donde se localiza el manantial de la Mintzita, dicha cuenca se encuentra delimitada por elevaciones volcánicas una de ellas denominada como El Águila (3,080 msnm.) (Ojeda Torres, Bravo Nieto & López Castro, 2012) este cuerpo de agua se encuentra en deterioro ya que en él se descargan aguas residuales de diversas procedencias, vertidas en causes secundarios y arroyos tributarios (Rodríguez Castro, García Acevedo & Ruiz Chávez, 2012).

El manantial de la Mintzita es un acuífero superficial siendo uno de los más importantes de la ciudad de Morelia, junto con los manantiales de La Colina y Manantiales, ubicados en la zona suroeste de la ciudad, que es donde ocurre la mayor recarga. Sin embargo, también se encuentra vulnerables debido a que los planes de crecimiento urbano están orientados hacia esta zona y una vez que ocurran las zonas de recarga se cubrirán de asfalto limitando la recarga de acuíferos (Garduño-Monroy et al., 2014). Cuando se construyó la presa que daría lugar al manantial de la Mintzita en el año de 1902 se contaba con una superficie de 28 hectáreas y actualmente está reducida a 18 hectáreas (Municipio de Morelia, 2010).

En área del manantial de la Mintzita y la su zona conurbada, existe un paisaje volcánico con lomeríos volcánicos bajos, laderas suaves, cumbres planas. El tipo de suelo se conforma de diversos tipos que confluyen en la zona, está el luvisol crómico, el cual ha sido desprovisto de su vegetación original para ser cambiado por la agricultura de temporal. En la parte sur de la zona hay suelo litosol, el cual se basa en piedra o tepetate de poca profundidad, y el acrisol, con mucha arcilla y bajo rendimiento en la agricultura (Municipio de Morelia 2010).

En cuanto a las condiciones climáticas se registran tres tipos de clima que son el templado, semifrío y subhúmedo con lluvias en verano, brindando así bosques de encino, pino-encino, selva baja caducifolia (INEGI, 2013 citado en Vargas Ramírez, 2017). Mientras que la estación climatológica ubicada en la Presa de Cointzio han registrado las temperaturas más bajas en enero (1.7°C en 1973) y las más altas en abril (32.2°C en 1963), por lo que la temperatura promedio de la zona es de 17.2°C (Municipio de Morelia, 2010).

Respecto a la vegetación en esta área se encuentran diversas fases de sucesión ecológica debido a los diversos impactos como; la quema incontrolada, el libre pastoreo y la agricultura de temporal, por lo cual es de difícil caracterización, pero sí se podría decir que hay matorral subtropical (viene después de la destrucción del bosque tropical caducifolio), bosque de galería (característico de especies que crecen a lo largo de corrientes de agua y humedales) y vegetación acuática (Municipio de Morelia, 2010). La vegetación acuática que se encuentra está principalmente sumergida en los cuerpos de agua, como algas azul-verdes, criptómonidos, diatomeas, euglenidos, y algas verdes. Siendo las diatomeas los organismos con mayor riqueza y abundancia, que responde a cuerpos de agua poco profundos y con alto contenido de materia orgánica (Escutia-Lara et al., 2009).

Una de las especies más valoradas de la zona debido a su endemismo local es el zapote prieto, *Diospyros xolocotzii*. Según estudios realizados en 2014 por Torres y Arizaga, en el año de 2009, este árbol contaba con apenas 56 individuos y actualmente se encuentra amenazado en sus procesos biológicos por el cambio de uso de suelo (Torres & Arizaga, 2014).

Las condiciones climáticas favorecen a los endemismos pues se tiene registrada la existencia de 5 familias de peces con 13 especies y 2 de ellos dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2001 como especies amenazadas. Hay 26 especies de anfibios y reptiles de

los cuales 11 son endémicos de México y 13 están dentro de la NOM-059-Ecol-2001. En cuanto a las aves hay 36 familias con 17 especies, de las cuales 82 son especies residentes y el resto migratorias, y 7 de ellas cuentan con el carácter de especie sujeta a protección especial. Finalmente, en cuanto a mamíferos, hay 12 familias con 29 especies los cuales son de tamaño mediano-pequeño muy bien adaptados a las condiciones urbanas (Ramsar, 2009; Ramsar & Conanp, 2009).

## **2.2. Descripción social**

La población de la comunidad no existe de manera oficial, pero hay datos de un estudio de impacto socioambiental incentivado por la comunidad en el año del 2013 en colaboración con alumnos de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (Ávila Carreón, 2018) Para el 2003, año en que inició el proyecto de comunidad ecológica, había 60 familias involucradas, después hubo una disminución de personas involucradas y en 2011 había 30 familias participantes. Actualmente son 21 personas que conforman la CEJM, siendo 4 familias y 4 individuos, los cuales se encuentran de forma activa en el proyecto de vida asistiendo a las diferentes actividades que organizan manteniéndose en formación continua (Ávila Carreón, 2018; Vargas Ramírez, 2017).

La forma de organización de estas familias es mediante Asambleas Comunales, que se realizan semanalmente en la denominada “Casita comunal”. Se conforman de distintas comisiones de trabajo, cada una enfocada a diferentes aspectos que van desde la educación, cuidado de la flora y fauna, limpieza, agricultura ecológica, panadería, “medicina tradicional”, etc. (Dosil, 2014). Estas comisiones se encuentran conformadas por entre 3 y 5



personas las cuales realizan cierta actividad para después socializar los resultados con el resto de la comunidad.

La comunidad se atribuye como población indígena ya que proceden de diferentes pueblos originarios de Michoacán, sin embargo, no cuentan con el reconocimiento legal (Vargas Ramírez, 2017). Esta autoidentificación ocurre ya que la comunidad se ha apropiado de distintos rituales indígenas, realizan ofrendas al sol, ceremonias sagradas, danzas purépechas y nahuas, y ocasionalmente visten con los trajes típicos de los pueblos originarios (Dosil, 2014). En este punto es importante aclarar que según el Convenio No 169 sobre Pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes, 1989, de la Organización Internacional del Trabajo en el Artículo 1°; se considera indígena por el hecho de “descender de poblaciones que habitaban en el país o en la región geográfica a la que pertenece el país en la época de la conquista o colonización o del establecimiento de las fronteras actuales y que, cualquiera que sea su situación jurídica, conservan sus propias instituciones sociales, económicas, culturales y políticas”. También, la autoidentificación como indígena es un criterio fundamental para determinar a tales grupos (International Labour Organization, 1989).

Más allá de las actividades que realizan en la Mintzita, en la zona se desarrollan otras actividades productivas, de las cuales la de mayor impacto es la industrial a cargo de la papelera Kimberly Clark (Bio Papel Scribe S.A.) que funciona desde la década de los 60 y se ha mantenido en conflicto con el municipio por el control del agua (Salazar Solis, 2017). También es evidente la presencia y crecimiento de fraccionamientos residenciales, los cuales en su mayoría se encuentran en la salida hacia Quiroga y que son: Villas del Pedregal, Villa Magna, La Hacienda Villas de la Loma, Lomas del Valle, Lomas del Pedregal, y Arko San Antonio. Hacia la salida a Pátzcuaro, el más conocido es Arko San

Pedro y La Campiña. Otro tipo de actividades productivas son las agropecuarias de temporal y la explotación de materiales para la construcción, que ocurren en el Cerro del Águila, que es un lugar importante para la recarga del acuífero. La comercialización del agua del manantial de La Mintzita también es una actividad productiva ya que la Unión de Piperos distribuye agua del manantial y la vende (Ávila Carreón, 2018; Vargas Ramírez, 2017). Esta actividad la hacen sin regulación municipal ni límite de extracción de agua, pero hay una persona ajena a la comunidad que funge como “vigilante” de la Unión de Piperos, y controla el pago de una cuota a las pipas que operan en el manantial.

A pesar de que la zona se encuentra protegida por el decreto de Área Natural Protegida y Sitio Ramsar, hay problemas en relación con el cambio de usos de suelo. La tendencia de privatización de tierras ejidales, que se encuentran cerca del manantial para la construcción de grandes fraccionamientos como Arko San Pedro y Villas del Pedregal, va en aumento. La tierra se está vendiendo para la urbanización y no existe presencia gubernamental en la zona capacitada para brindar soluciones. En respuesta a esto, la CEJM apuesta por la necesidad de hacer frente a las políticas de desarrollo y programas de gobierno que se tienen planeados (Vargas Ramírez, 2017).

### **2.3. Conocimiento y manejo del agua en la comunidad**

La CEJM se encuentra asentada a escasos metros del manantial y sus actividades diarias, más allá de las propias para garantizar su subsistencia, se enfocan en preservar el manantial y difundir su importancia. El interés que tenía la parte de la comunidad que inició el proyecto de vida ecológico proviene de las motivaciones de uno de sus compañeros, el cual experimentó el deterioro de un cuerpo de agua en su lugar de origen. Para otros

pobladores, la presencia del manantial y la riqueza natural que alberga no era relevante, ya que tener un terreno para vivir era lo primordial. Las prácticas que la CEJM desarrolla posicionan al manantial como el recurso más valorado pues es su fuente de agua para diversos usos. El manantial también ha servido como espacio de recreación y esparcimiento, donde se pasea en lancha o se nada (Ávila Carreón, 2018; Morales Magaña, 2015).

Las actividades realizadas en el manantial han generado un sentido de comunidad y pertenencia muy fuerte. Actividades como las faenas para limpiar el manantial o para construir cisternas a base de ferrocemento, se realizan siempre en acompañamiento de la comunidad. Éstas y otras actividades se realizan enfocadas en la satisfacción de necesidades como vivienda, alimentación, actividades culturales y son un logro para ellos, ya que se está rompiendo con la dinámica impuesta por las dependencias gubernamentales y se desarrolla la autogestión (Ávila Carreón, 2018).

Esta búsqueda de autogestión surgió del descontento y la decepción generada por parte del gobierno, ya que en un principio se solicitó colaboración para el cuidado del manantial y no se tuvo respuesta. La CEJM buscó dar solución con sus propios medios. Ejemplo de ello es que para la distribución de agua se instalaron mangueras que llegan principalmente a los sitios de lavado. Además, se ha llevado a cabo la instalación de sanitarios secos para no usar drenaje convencional y cisternas de ferrocemento para almacenar agua y cuyo proyecto fue liderado por la SEMARNAT (Ávila Carreón, 2018; Morales Magaña, 2015).

Como parte de todo este sentido de pertenencia, la comunidad se ha propuesto recabar toda la información disponible sobre el manantial y su área de recarga. Entre toda esta búsqueda han identificado una serie de problemas que aquejan la zona, como la

sobreexplotación y contaminación del agua del manantial por parte de la papelera, la contaminación de los mantos acuíferos ocasionados por el sistema de riego de localidades aledañas, el crecimiento urbano que impide la infiltración de agua, la cercanía al basurero municipal, drenajes clandestinos tanto en las localidades vecinas como dentro del Área Natural Protegida y deforestación de alrededores, especialmente en el Cerro del Águila (Ávila Carreón, 2018).

En el año de 2012, en colaboración con estudiantes de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, se elaboró un programa llamado Planificación Priorizada, donde se presentaba la agenda que deberían cumplir como comunidad. Entre las acciones que se enfocan para el cuidado del agua se estableció que en el corto plazo se seguiría con la limpieza del manantial, y se implementaría la instalación de cisternas de ferrocemento para todas las viviendas y la regularización de la extracción de agua. A mediano plazo se busca la prohibición del lavado de ropa en el manantial. Y a largo plazo la elaboración de una olla de captación de lluvia y el tratamiento de aguas residuales. No obstante, ninguna de todas estas actividades se encuentra calendarizadas, son metas que se esperan cumplir en algún momento pues el proceso para realizarlas es largo y costoso (Ávila Carreón, 2018).

Una de las estrategias que la comunidad ha implementado para dar a conocer su lucha por el agua y los problemas que se ciernen sobre el manantial de La Mintzita, es la Feria del Agua y Tianguis la Gotita, actividad realizada aproximadamente cada seis semanas. Dicha feria es itinerante y tiene como objetivo difundir las acciones que la comunidad realiza en pro del ambiente; además se ofrecen talleres como bordado y reciclado, se hacen demostraciones de danza y música protagonizadas por ellos mismos y por participantes invitados. Hay trueque y venta de pan que ellos elaboran, proyecciones de material audiovisual, además de compartir alimentos que llevan los participantes.

## **CAPÍTULO 3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN, MATERIALES Y MÉTODOS**

En este capítulo se explica el diseño de investigación implementado, así como los materiales y métodos utilizados tanto para realizar el monitoreo comunitario de calidad de agua como la forma de evaluación de dicha actividad como innovación social. También se presentan los métodos con los que se llegó a los resultados de los objetivos particulares.

### **3.1. Diseño de la investigación**

Esta tesis se sustenta en un estudio de caso, donde se utilizaron técnicas e instrumentos de enfoque cualitativo, necesarios para dar respuesta a los objetivos específicos. Este diseño resultó pertinente ya que el objetivo general de la investigación fue responder cómo la implementación de un programa de monitoreo comunitario de calidad de agua puede generar innovación social. A pesar de que las tecnologías usadas en el monitoreo comunitario de agua brindan datos de carácter cuantitativo, tal como aspectos fisicoquímicos del agua, éstos no fueron analizados a profundidad para el análisis de esta tesis ya que no sirven para responder las preguntas de investigación particulares. En cambio, dichos datos sí fueron de gran valor para la comunidad.

El trabajo de campo se realizó en la CEJM con la que ya se habían realizado acercamientos previos, por lo que no fue necesario generar un diagnóstico inicial de la comunidad ni crear vínculos partiendo de cero. El proyecto fue presentado a la comunidad para que fuera discutido en la Asamblea Comunal y que se valorara su factibilidad; afortunadamente la respuesta fue positiva dado el gran interés de la CEJM en conocer la

situación del agua en el manantial. Se acordó la conformación de una comisión encargada de realizar el monitoreo del agua, llamada “Comisión de monitoreo”. Las personas que integraban la comisión fueron dos hombres adultos ambos con estudios universitarios en el área de ciencias biológicas y una mujer (edades entre 25 y 40 años). En cuanto a los facilitadores, fueron cuatro personas, de las cuales dos estuvieron presentes hasta la capacitación de los equipos de trabajo, una facilitadora hasta la mitad de las salidas a campo y la otra hasta el final del proyecto.

Se realizaron cinco muestreos por sitio de estudio, siendo un total de diez salidas ya que se determinó dividir la zona de estudio en dos partes denominadas “Zona del manantial” y “Zona del fraccionamiento” (Arko San Pedro). Se acordó acudir a una zona por día cada lunes, esto debido a que todos los recorridos se realizaron a pie y no era factible visitar los ocho sitios de muestreo en un día. En la figura 2, se muestran los sitios de muestreo que fueron monitoreados y en la tabla 1 la descripción de los sitios de muestreo seleccionados por la comunidad a partir del taller de mapeo participativo, además de los motivos por lo cual fueron seleccionados dichos puntos.

La primera actividad con la comunidad se realizó en agosto de 2017 y fue hasta abril del 2018 cuando se iniciaron los muestreos de calidad de agua para concluir en septiembre del mismo año, aunque el trabajo en campo finalizó en octubre de 2018 debido a los talleres de interpretación de datos.




Los materiales utilizados fueron el equipo portátil de análisis de agua marca LaMotte, cuyas determinaciones se basan en pruebas de colorimetría, el Sensor de Química Avanzada PS-2172 de PASCO<sup>□</sup>, el software SPARK VUE<sup>□</sup>, *smartphones*, GPS, computadoras portátiles, hojas de rotafolio, hojas de registro de parámetros de calidad de agua, guía de monitoreo comunitario de calidad de agua, y fichas sobre calidad del agua

(estos materiales se pueden consultar en el Apéndice de esta tesis). Por su parte, los métodos utilizados fueron el grupo focal, taller de mapeo participativo, taller de capacitación para el uso de los equipos y el análisis de datos, etnografía para la evaluación del proceso, recorridos en campo y el monitoreo de calidad de agua en sí mismo (el guion de preguntas para el grupo focal, se encuentra en el apéndice de esta tesis, Apéndice A). En la figura 3 se muestra de manera visual, el proceso que ocurrió en la comunidad para realizar de forma exitosa el monitoreo comunitario de agua.

# SITIOS DE MUESTREO COMUNITARIO DE AGUA

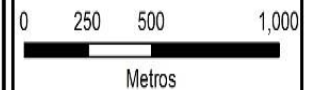
Sistemas de monitoreo comunitario de agua para la innovación social

## Leyenda

-  Sitios de muestreo
-  Área Natural Protegida
-  Sitio Ramsar



Escala 1 cm : 200 metros



Fuente: Elaboración propia con datos de CONABIO, 2015.  
Áreas Naturales Protegidas, Estatales, Municipales, Ejidales y Privadas de México.

CONABIO, 2015. Sitios Ramsar de México  
Edición cartográfica: Karina Bautista Tovar  
Octubre, 2018

Sistema de coordenadas: WGS84 UTM Zona 14N  
Proyección: Transversal de Mercator  
Datum: WGS 1984



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES  
UNIDAD MORELIA

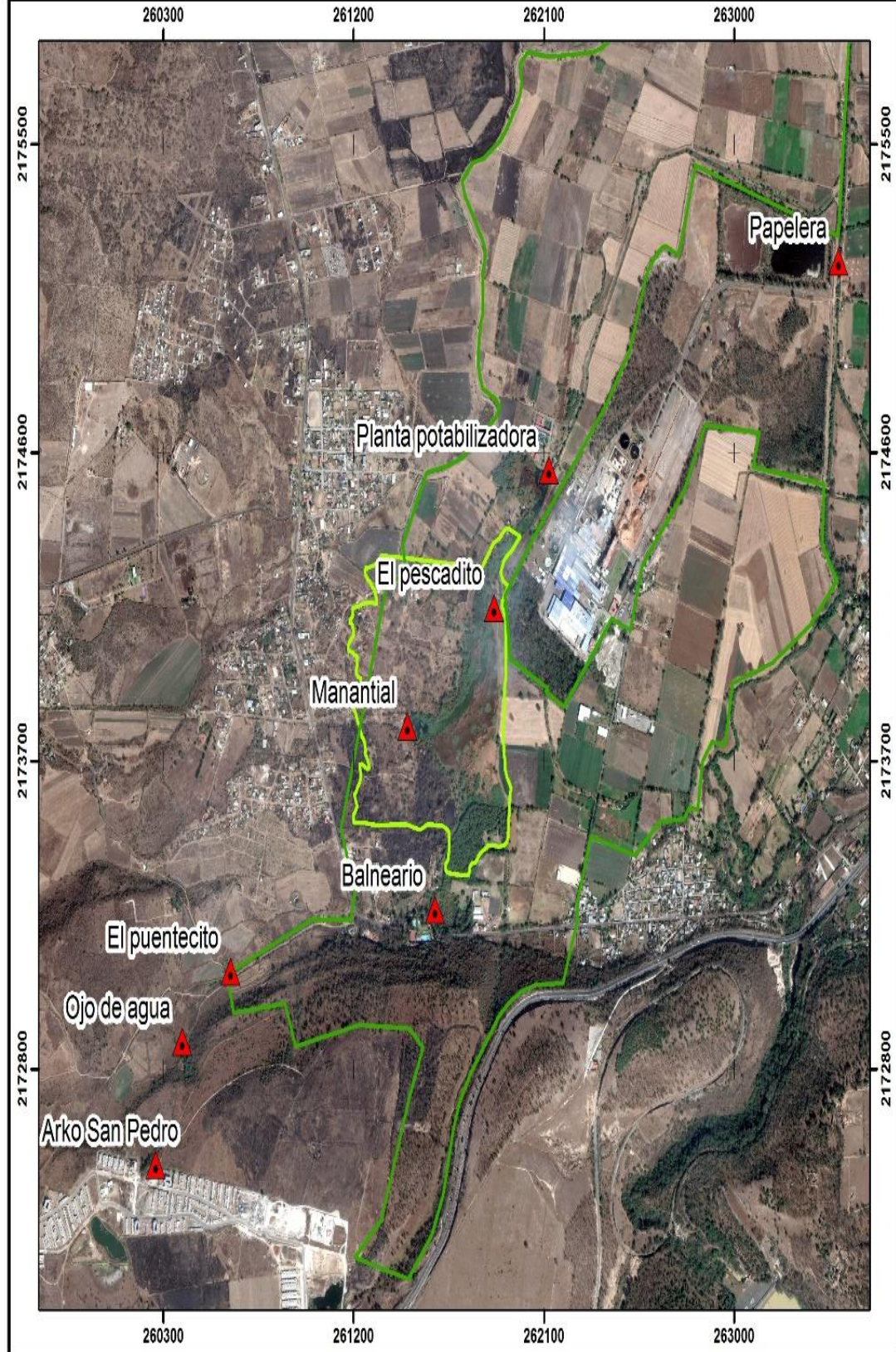
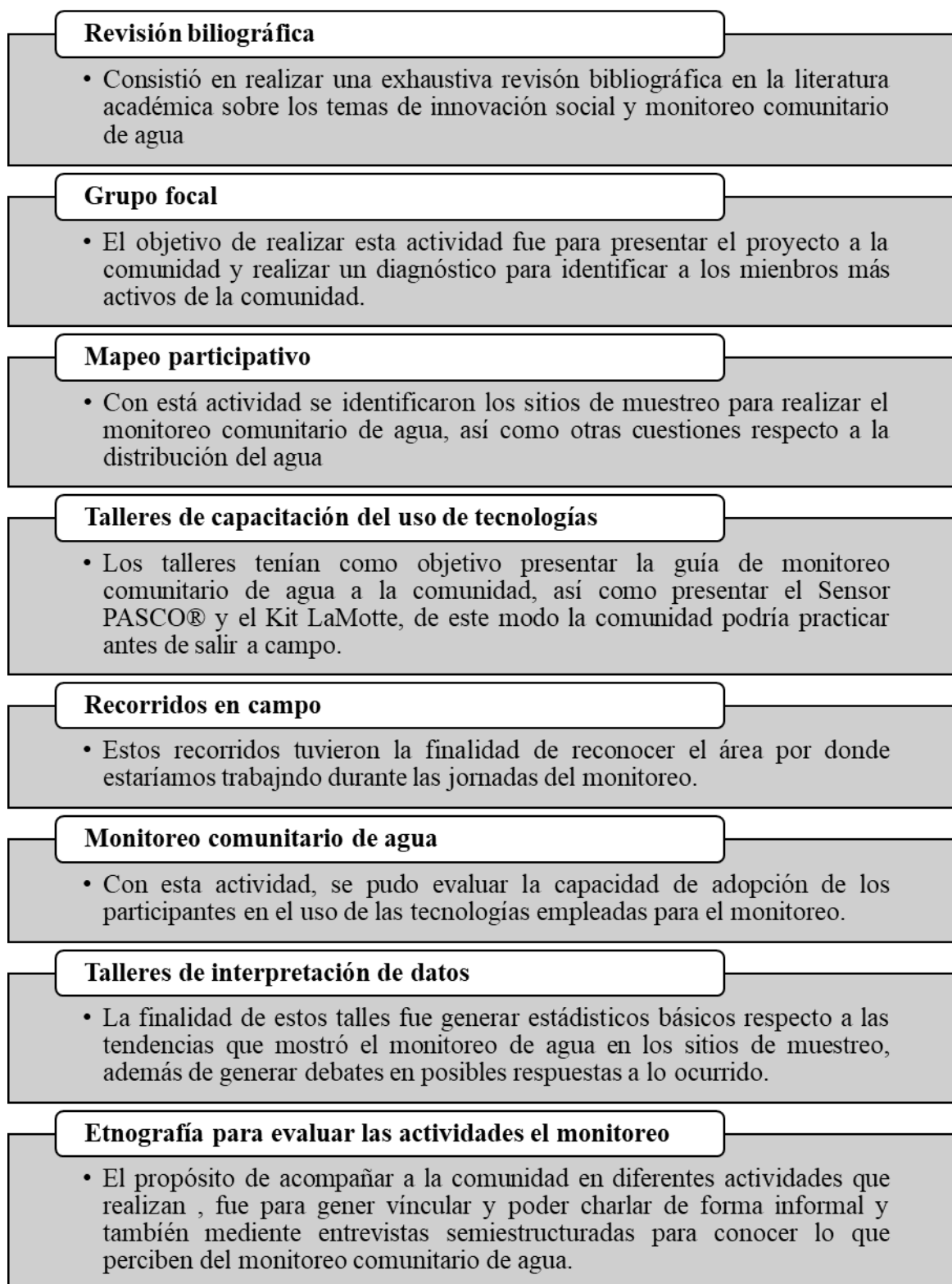


Figura 2. Mapa de sitios de muestreo comunitario de agua





**Figura 3.** Proceso de intervención en la CEJM

Elaboración propia

**Tabla 1.** Ubicación, descripción y motivaciones comunitarias para realizar los monitoreos en los sitios de muestreo

<b>ZONA DE MANANTIAL</b>		
<b>Nombre del lugar</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Descripción del sitio de muestreo</b>
1) Manantial	19°38'41"N 101°16'30"O 1850 msnm.	Siempre se encontraron pipas de la Unión de Piperos, sacando agua del manantial sin vigilancia municipal. Y en algunas ocasiones había mujeres lavando ropa en las orillas. En la zona más alejada de la ribera del manantial se encontró mucha vegetación flotante y lirio, lo cual puede indicar problemas de eutrofización.
2) El pescadito	19°38'29"N 101°16'31"O 1900 msnm.	Este punto se encuentra conectado al manantial, pero es de mucho menor tamaño. El flujo de agua fue en la mayoría de los casos muy abundante sobre todo en la época de lluvia, además contaba con un color blanquecino.
3) La potabilizadora	19°38'54"N 101°16'15"O 1900 msnm.	La vegetación que se encontró en este punto es muy abundante compuesta de lirio y tule. El exceso de vegetación ha provocado que la cantidad de agua sea poca, pero se llega a encontrar la presencia de

		peces pequeños. También fue evidente la presencia de tierras de cultivo.
4) La Papelera	19°39'27"N 101°15'21"O 1900 msnm.	El agua que sale de la fábrica es de color marrón muy oscuro, casi negro, y de olor fétido; esta agua se vierte directamente al río Grande de Morelia. En el río se forma una espuma de color blanco
<b>ZONA DE FRACCIONAMIENTO</b>		
<b>Nombre del lugar</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Descripción del sitio de muestreo</b>
5) Arko San Pedro	19°32'02"N 101°17'14"O 1990 msnm.	Este punto queda detrás del fraccionamiento del mismo nombre, lugar donde se hacen las descargas residuales de la planta tratadora. Durante las primeras salidas a campo el agua salía con espuma y olor a cloro y en salidas consecutivas el olor siguió intensificándose. Las variaciones en el flujo del agua fueron muy constantes.
6) Ojo de agua	19°38'10"N 101°17'14"O 1960 msnm.	Este es un pequeño nacimiento de agua que usan los campesinos para el riego y su ganado. Generalmente no se encontraba turbia pero sí variaba en el flujo, debido a las descargas del fraccionamiento.

7) Puentecito	19°38'30"N 101°16'31"O 1910 msnm.	Esta es una corriente natural de agua que se encuentra al lado de un camino, y tiene vegetación riparia. El flujo del agua era muy variable.
8) Balneario	19°38'30"N 101°16'31"O 1920 msnm.	Este punto proviene de otro nacimiento de agua, que se encuentra dentro del balneario ejidal de la comunidad de Cointzio y que se mezcla con el agua de las albercas. La mayoría de las veces se encontró mucha basura, un buen flujo de agua clara y vida acuática.

Fuente: Elaboración propia con información obtenida en campo en colaboración con la CEJM.

Para la evaluación del monitoreo comunitario como innovación social se implementaron diferentes contribuciones teóricas proporcionadas por instituciones de investigación y teóricos de ésta. Se indagaron los criterios que autores como Rodríguez y Alvarado (2008) bajo el contexto latinoamericano de la CEPAL, emplean para considerar diversos proyectos como una innovación social. Dichos criterios se compararon con este estudio de caso y además se explica cómo ocurrió. Para tener más puntos de comparación, también se empleó el bagaje teórico que por un lado el Foro Consultivo de Ciencia y Tecnología en México (2017) y por el otro Simon et al., (2014), utilizan para identificar la innovación social en proyectos de diversa índole. Finalmente, se identificó en qué fase el monitoreo comunitario de agua se puede encontrar dentro de las especificaciones de Murray et al., (2010) así como qué dimensión o dimensiones de las tres identificadas por Mourleart et al., (2005) pueden ser generadas a partir de dicha actividad. La siguiente tabla,

resume los criterios que se emplearon para el análisis en esta tesis, no obstante, se mostrará a mayor profundidad en el capítulo de resultados (tabla 2).

**Tabla 2.** Criterios y dimensiones del monitoreo comunitario de agua para ser evaluado como innovación social

<b>Autores</b>	<b>Criterios empleados para la evaluación del monitoreo comunitario de agua como innovación social</b>	<b>Dimensión de la innovación social</b>
Foro Consultivo de Ciencia y Tecnología en México (2017)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Participación social</li> <li>• Talento colectivo</li> <li>• Cohesión social</li> <li>• Satisfacción de necesidades sociales</li> <li>• Aceptación social</li> <li>• Cambio social</li> <li>• Empoderamiento</li> <li>• Nuevas relaciones</li> <li>• Replicabilidad</li> <li>• Durabilidad y amplio impacto</li> <li>• Valor para la sociedad</li> </ul>	
Rodríguez y Alvarado (2008)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Social</li> <li>• Genuina</li> <li>• Original</li> <li>• Vigente</li> </ul>	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consolidada</li> <li>• Expansiva</li> <li>• Transformadora</li> </ul>	
Simon et al., (2014)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Novedosa</li> <li>• Responde a una necesidad social</li> <li>• Puesta en práctica</li> <li>• Involucra y moviliza a sus beneficiarios</li> <li>• Transforma relaciones sociales</li> </ul>	
Mourleart et al., (2005)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Satisfacción de necesidades</li> </ul>
Murray et al., (2010)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Sustaining</i> “sostenimiento”</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia con base en; Foro Consultivo de Ciencia y Tecnología en México (2017); Rodríguez y Alvarado (2008); Simon et al., (2014); Mourleart et al., (2005) y Murray et al., (2010).

La selección de Rodríguez y Alvarado (2008) y el Foro Consultivo de Ciencia y Tecnología en México (2017) responde a que ambas fuentes de información se contextualizan en Latinoamérica. De este modo se pretende que existan mayores similitudes respecto a lo que definen como innovación social y a lo que se realiza en esta tesis, ya que nos encontramos en el mismo contexto social y cultural. El Foro Consultivo de Ciencia y Tecnología en México en los últimos años ha hecho diversas publicaciones que abordan el tema de innovación social, por lo que es notorio su esfuerzo por acotar la

innovación social. Para ello han publicado un libro con experiencias de innovación social en México, donde la comunidad de la Mintsita aparece como un caso de estudio. Además, es relevante mencionar que, entre ambas referencias existe casi una década de diferencia de su publicación lo que da un margen considerable para que existan cambios en las expectativas de la innovación social o bien para que se asienten las bases.

La selección de Simon et al., (2014) fue porque dicha publicación se encuentra dentro del programa de investigación TEPSIE el cual tiene como objetivo desarrollar herramientas y material para, informar sobre las estrategias que la Unión Europea usa para la innovación social. Este programa es muy desafiante porque retoma las investigaciones de la *Young Foundation* que ha sido pionera en la definición de innovación social, y hace un análisis más a fondo de las cuestiones clave, donde se abordan 8 ejes que actualmente forman sus líneas de trabajo. Éstos son; 1) panorámica del sistema de innovación social, 2) medición de la innovación social, 3) eliminar las barreras de la innovación social, 4) generando flujos de capital, 5) involucrar al público, 6) conocer lo que funciona, 7), cultivar lo que funciona y 8) usar redes en línea para maximizar efectos. Esta referencia bibliográfica brinda la oportunidad de vincular el monitoreo comunitario de agua a la innovación social en contextos diferentes ya que es de origen europeo. Mientras que la selección de Murray et al., (2010) Mourleart (2005), se debe a que ambos son dos de los exponentes con mayor presencia dentro del tema de innovación social, siendo pioneros del término.

Para finalizar, es importante mencionar que las limitaciones que presentó esta investigación giran en torno al corto periodo de monitoreo de agua. Este trabajo no es mayor a un año, por tanto, los datos no son suficientes para generar tendencias de calidad del agua, pero sí para percibir ciertas variaciones a lo largo del tiempo. No obstante, debido

a que eso no fue la prioridad de esta investigación, se considera que esa limitación de tiempo no representa mayores afectaciones para los fines de la tesis. También algunas pruebas de calidad de agua no se realizaron adecuadamente o no se hicieron en el sitio de muestreo denominado “la papelera”, debido a que las condiciones del agua no permitían la obtención de resultados (se intentó hacer las pruebas con la mitad de cantidad de muestra, pero aun así no se logró; los únicos parámetros que se pudieron medir correctamente en este lugar fueron el pH y la temperatura, utilizando el sensor digital. También se tuvieron problemas con el sensor de conductividad del Sensor PASCO<sup>□</sup> ya que tiene un alcance de 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y en todos los muestreos arrojó ese parámetro sin certeza de saber cuál fue su valor real).

### **3.2. Materiales**

En esta sección se presentan los materiales utilizados para el monitoreo comunitario de agua, así como algunas especificaciones necesarias para su correcto funcionamiento.

#### **Kit LaMotte de análisis de agua**

Este kit se desarrolló en conjunto entre la Universidad de Alabama y la red de monitoreo *Global Water Watch*. Está validado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (US EPA) y permite conocer algunas características fisicoquímicas del agua para detectar posibles indicios de contaminación. Las pruebas que ofrece cuentan con todos los reactivos necesarios para el trabajo *in situ* y son: temperatura, pH, oxígeno disuelto, alcalinidad, dureza y turbidez (figura 4).





**Figura 4. Kit LaMotte**

### **Sensor digital PASCO® de química avanzada**

El Sensor de Química Avanzada PS-2172 de PASCO® trabaja realizando pruebas *in situ* y cuenta con una sonda de temperatura de acero inoxidable, sonda de conductividad (10x) y un electrodo de pH. además de su adaptador que tiene la función de sincronizar los sensores con un dispositivo móvil mediante bluetooth o USB (figura 5).



**Figura 5. Sensor Digital PASCO®**

## Software SPARKvue<sup>®</sup> para el Sensor PASCO<sup>®</sup>

Este software funciona como complemento del Sensor PASCO<sup>®</sup>, ya que es necesaria una interfase (denominada PASPORT) la cual ofrece el software SPARKvue<sup>®</sup>. Con dicha interfaz se pueden visualizar los datos de una forma sencilla y rápida pues ofrece una presentación muy amigable. Para la instalación de este software se necesitan ciertos requerimientos que serán explicados en el siguiente apartado (figura 6).



**Figura 6.** Interfaz del Software SPARKvue<sup>®</sup>

### *Smartphone*

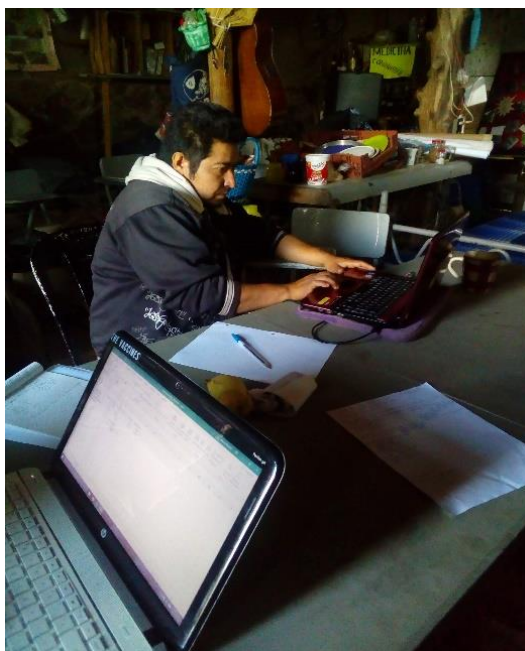
Para la visualización de los datos que proporciona el Sensor PASCO<sup>®</sup>, es necesario contar con un dispositivo móvil ya sea computadora portátil o *smartphone*. Debido a su practicidad se eligió trabajar con el *smartphone* y para el correcto funcionamiento del software antes explicado es necesario contar con un sistema operativo de iOS9 o superior, o con Android 4.4 en adelante. Dentro de la comisión encargada del monitoreo comunitario de agua, solamente una persona contaba con un *smartphone* de dichas características.

### **Sistema de Posicionamiento Global (GPS)**

Con el GPS se georreferenciaron en campo los sitios de muestreo que fueron seleccionados con anterioridad en el mapeo participativo. Estos datos fueron importantes debido a que se utilizaron para la digitalización del mapa de los sitios de muestreo que se había obtenido inicialmente a partir de un taller de mapeo participativo.

### **Computadoras portátiles y hojas de rotafolio**

El uso de las computadoras portátiles y las hojas de rotafolio fueron requeridas para el procesamiento comunitario de los datos obtenidos del muestreo. El primer taller de interpretación de datos se realizó “a mano” con las hojas de rotafolio y en otra sesión se realizaron gráficas en Excel para poder notar tendencias en la calidad del agua (figura 7).



**Figura 7.** Computadoras portátiles en taller de interpretación de datos

## **Guía de monitoreo de calidad de agua, fichas de registro y fichas sobre calidad de agua**

La guía de monitoreo de calidad de agua fue necesaria para el uso del Kit LaMotte, el cual trae una guía de uso en inglés, por lo que fue necesario traducirla al español. No obstante, no fue una mera traducción ya que se complementó con información específica sobre cada parámetro fisicoquímico y sus implicaciones en el ambiente y salud humana. Las fichas de registro fueron las que se utilizaron en campo para tener registro de los puntos de muestreo, éstas contenían los parámetros que se medían al igual que las características ambientales de la zona.

Como material complementario se elaboraron fichas sobre la calidad el agua, las cuales explicaban la composición de la molécula del agua, conceptos como *calidad* y *contaminación del agua*. También contenían otra explicación puntual sobre los parámetros fisicoquímicos del agua e incluían los límites permisibles dentro de las Normas Oficiales Mexicanas y algunas de la Organización Mundial de la Salud (ver Anexo 1).

### **3.3. Métodos**

Los métodos utilizados no incluyen actividades como el diagnóstico de la comunidad pues ya existía vinculación y lazos de confianza creados a raíz de otras investigaciones, pero con el mismo equipo de trabajo que realizaron los estudios publicados en Morales Magaña (2010) y Paneque-Gálvez, Vargas-Ramírez, & Morales-Magaña (2016). No obstante, fue necesaria la presentación de este nuevo proyecto para establecer acuerdos sobre metas de investigación y comunitarias.

## **Revisión bibliográfica**

La revisión bibliográfica se realizó en dos partes. Por un lado, se hizo la revisión sobre el término de innovación social para identificar qué se considera como tal, qué proyectos plantean y qué objetivos persiguen. Por otro lado, la revisión sobre el término de monitoreo comunitario de calidad de agua se utilizó para identificar qué procesos comunitarios surgen al implementar dicha actividad. Así se constató que ninguno de los proyectos de monitoreo comunitario de agua estudiado se ha vinculado a un proceso de innovación social.

## **Grupo focal**

Este método permitió identificar a las personas más activas dentro de la comunidad, las cuales poseen valiosa información y conocimiento sobre la dinámica de los cuerpos de agua. Se mencionaron las amenazas que perciben en el manantial, todos los actores que se encuentran involucrados en el uso del agua y cómo es su relación con el ambiente. En esta sesión participaron dos facilitadoras y cinco personas de la comunidad que respondieron de una serie de preguntas estructuradas (figura 8).



**Figura 8.** Grupo focal realizado con la CEJM

### **Taller de mapeo participativo**

Uno de los usos más recurrentes de los mapeos participativos radica en el manejo de recursos naturales, es decir identificar, localizar y analizar recursos naturales específicos y específicamente el conocimiento local de éstos. Se considerará como exitoso al mapeo participativo si éste genera un producto aceptable en términos de mapas y que durante el proceso se satisfagan a la mayoría de los actores involucrados. Esta técnica es socialmente incluyente ya que representa los intereses, valores y prioridades de los grupos o comunidades que pertenecen a un sector desfavorecido (McCall, 2011).

El objetivo del taller fue identificar en un mapa de la zona, cuáles son los puntos de mayor interés para el monitoreo de agua en función de los conocimientos y motivaciones que se tienen sobre los sitios. También sirvió para identificar otros aspectos como la infraestructura y distribución del agua. Los participantes consistieron en dos facilitadores y cuatro personas de la comunidad, hubo dos personas de la comunidad presentes, pero se mantuvieron al margen al margen (figura 9).



**Figura 9.** Taller de mapeo participativo en la CEJM

### **Talleres de capacitación para el uso de las tecnologías de monitoreo del análisis de la calidad de agua**

El primer taller consistió en la presentación de la guía de monitoreo comunitario de calidad de agua del Kit LaMotte. Se realizó una demostración de su uso en la “casita comunal” y después practicaron algunas personas presentes en el taller (figura 10). En otro taller se presentó el Sensor PASCO<sup>□</sup> y los sensores que maneja, así como el funcionamiento básico del software, y después practicaron algunas personas presentes en el taller.



**Figura 10.** Taller de capacitación para el uso del Kit LaMotte.

### **Recorridos en campo**

En los recorridos en campo se evaluó la factibilidad de muestrear los sitios acordados en el taller de mapeo participativo, ya que algunos se encontraban alejados entre sí y fue necesario plantear estrategias para solucionarlo. Finalmente, se descartaron dos sitios de muestreo de la “zona del fraccionamiento” ya que no había condiciones para acceder a ellos. Durante estos recorridos en campo, pudimos observar las condiciones de conservación en que se encuentra toda la zona del manantial (figura 11).



**Figura 11.** Recorridos en campo para reconocer el área de estudio.



## **Monitoreo comunitario de calidad de agua**

El desarrollo de esta actividad permitió evaluar el desempeño en el uso de las tecnologías para el monitoreo comunitario de agua y sobre todo la apropiación de ellas. Para la comunidad significó la satisfacción de las necesidades pues se recolectaron datos respecto a la calidad de agua (figura 12).



**Figura 12.** Monitoreo comunitario de calidad de agua.

## **Taller de interpretación de datos**

Este taller se realizó dos veces debido a que en el primero no se obtuvieron buenos resultados (se realizaron gráficas a mano para visualizar las variaciones de los parámetros, lo cual requirió mucho tiempo y fue poco estético (figura 13). En el segundo taller se realizaron las mismas graficas utilizando computadoras portátiles. Esto agilizó el trabajo y dio mejores resultados. Se hizo una gráfica por parámetro comparando todos los sitios de muestreo. Para finalizar se discutió sobre los sitios de muestreo sobresalientes, es decir, con variaciones fuera de lo común y las tendencias de calidad de agua que encontramos. En

ambos casos la actividad se tuvo como finalidad identificar junto con la comunidad las tendencias del estado del agua, así como generar reflexiones acerca de la situación del agua en la zona.

Las fichas sobre calidad de agua fueron entregadas durante este taller, las cuales ayudaron a entender mejor los parámetros monitoreados y generar hipótesis respecto a los datos encontrados. Los participantes en este taller fueron dos personas de la comisión de monitoreo y una facilitadora.



**Figura 13.** Primer taller de interpretación de datos

### **Etnografía para evaluar las actividades de monitoreo**

Para la recolección de datos cualitativos sobre el monitoreo comunitario de agua, se emplearon herramientas como la observación participante, la cual consistió en un acompañamiento con la comunidad más allá del monitoreo comunitario de agua, sino que también se participó como asistente a algunas Ferias del Tianguis de La Gotita, a las jornadas de limpieza del manantial, talleres impartidos por la comunidad, actividades recreativas, etc. Se realizaron dos entrevistas abiertas con dos de los comisionados del monitoreo donde se plantearon las diversas inquietudes que se tuvieron durante todo el

proceso del monitoreo, además de todas las virtudes que perciben de este trabajo colaborativo. Durante los recorridos en campo y demás interacciones hubo muchas charlas informales, en las cuales salieron a relucir preocupaciones sobre los usos que hay en el territorio que la comunidad defiende.

Con la información obtenida se pudieron analizar distintos aspectos sobre el monitoreo comunitario de agua, las cuales fueron indispensables para dar respuesta a los objetivos. Para ello se crearon categorías con subcategorías en las cuales se agruparon los diferentes testimonios que los integrantes de la comunidad dieron (Tabla 3).

**Tabla 3.** Categorización para el análisis del monitoreo comunitario de agua como innovación social

<b>Categoría</b>	<b>Subcategoría</b>
Tecnología	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adopción de las tecnologías</li> <li>• Dificultades</li> <li>• Beneficios</li> </ul>
Monitoreo comunitario de agua (MCA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carencias en talleres</li> <li>• Experiencia en campo</li> <li>• Dificultades</li> </ul>
Comunidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Propósito y lucha</li> <li>• Historia</li> <li>• Agentes externos</li> </ul>

## **CAPÍTULO 4. RESULTADOS**

En esta sección se presentan los distintos aspectos que giran en torno al monitoreo comunitario de agua, que servirán para determinar si esta actividad tiene el potencial de ser considerada una innovación social. Además de abordar otros aspectos relacionadas a la forma de apropiación de las tecnologías implementadas y cómo benefician a la comunidad. Cada una de las siguientes secciones responde a los objetivos específicos de la tesis y se finaliza con el objetivo general.

Primero se presentan las limitaciones y desafíos que observamos en el proceso de monitoreo comunitario de agua; entre ellas se encuentra el uso de tecnologías de monitoreo, la participación comunitaria y el poco conocimiento técnico-científico que se tiene sobre el agua. Después, se muestran las motivaciones comunitarias, que responden al interés de la comunidad por preservar la zona. Aquí se presenta una tabla con los sitios de muestreo, sus características, y el motivo por el cual la comunidad decidió monitorear ese lugar. Posteriormente, se muestran los posibles beneficios y oportunidades del monitoreo comunitario de agua, resaltando que la adquisición de habilidades técnicas y la coproducción de conocimiento fueron los aspectos más valorados por la comunidad. Finalmente, se presenta el monitoreo comunitario de agua en términos de una innovación social, y se menciona en qué punto del proceso de innovación social se encuentra según los autores seleccionados.

Como parte de los resultados, se puede consultar el Apéndice B, el cual muestra los resultados obtenidos del monitoreo comunitario de agua, los cuales fueron importantes para el desarrollo de la actividad, pero no para los fines de esta tesis.

## **4. 1. Limitaciones y desafíos**

### ***4.1.1. Uso de tecnologías para estimar la calidad de agua***

El uso de las tecnologías de monitoreo de la calidad del agua presentó cierta dificultad para la comunidad, sobre todo el Sensor PASCO®, el cual implica el uso del software SPARK VUE®. Después de que la persona más joven y más adaptada al uso del software ya no pudo salir a campo, fue necesario que todos los integrantes de la comisión se facultaran en el uso del sensor. Después de varias salidas a campo todos los comisionados del monitoreo de agua aprendieron a utilizar adecuadamente esta tecnología, pero al principio no se sentían del todo capaces en su manejo.

La utilización del Kit LaMotte no presentó mayor dificultad, pero requirió una gran inversión de tiempo para su correcto uso. Dicho aspecto fue notorio en la comparación de tiempo que se invertía en las primeras salidas a campo y las últimas, pues hubo una reducción notable de tiempo en cada sitio de muestreo. Se pasó de invertir varias horas en un punto a estar un promedio de diez a quince minutos en cada punto. Conforme más práctica se realizaba, cada uno de los comisionados se apropió de una prueba en específico y la realizaba sin consultar el manual.

Es preciso mencionar que no todas las pruebas de calidad de agua fueron del agrado de los participantes, en específico la del oxígeno disuelto y turbidez. El oxígeno disuelto implicaba un largo procedimiento y el uso de reactivos peligrosos de manejo especial. Y la prueba de turbidez no gustó debido a que era muy subjetiva y podía haber diferentes opiniones entre los participantes.

#### ***4.1.2. Participación en el proceso de monitoreo comunitario de agua***

La concurrencia en las salidas a campo fue disminuyendo conforme avanzaba el tiempo; en un principio asistían los tres integrantes de la comisión hasta que llegó el punto en que solamente una persona asistía. En las últimas jornadas de monitoreo se reincorporó una persona que no estuvo presente (por falta de comunicación) durante la mayor parte del programa de monitoreo. Su presencia generó que la dinámica que ya existía cambiara pues fue necesario que relejera el manual y usarlo en cada prueba. No obstante, su capacidad para adaptarse al ritmo que se venía manejando fue muy buena. Un aspecto que mencionar es que entre menos personas participaban en el muestreo, la rapidez con la que se trabajaba era mayor, en comparación a cuando asistía toda la comisión. Siendo en total de dos a tres personas las necesarias para que todo el trabajo se desarrollara de forma fluida.

#### ***4.1.3. Conocimiento científico-técnico sobre la calidad del agua***

El uso de conceptos fisicoquímicos sobre la calidad del agua ocasionó que la comunidad se sintiera poco preparada respecto a los conocimientos que tienen sobre el agua. Esto debido a que los parámetros fisicoquímicos requieren cierto grado de comprensión, sobre todo en los procesos que ocurren en la composición química del agua. A pesar de que en la guía de monitoreo y en los talleres de capacitación se explicaron los parámetros fisicoquímicos utilizados durante las jornadas de monitoreo, para los comisionados no fue suficiente pues no quedó claro qué representa cada uno de los parámetros.

Con la finalidad de abatir el problema de falta de conocimiento científico-técnico y darle solución, durante el taller de interpretación de datos, se presentaron fichas sobre la calidad del agua, aspectos importantes de los parámetros fisicoquímicos con las que se

trabajó en esta iniciativa de monitoreo. Con estas fichas se esclareció el significado de cada parámetro y sus implicaciones ambientales al estar fuera de los límites permisibles.

#### ***4.1.4. Problemas para realizar el monitoreo comunitario de agua***

Existieron algunas diferencias entre las expectativas de la comunidad y lo que nosotros podíamos ofrecer. La comunidad esperaba saber específicamente qué era lo que contamina el agua, no obstante, después de explicar que las tecnologías que empleamos no pueden mostrar eso, entonces los objetivos se modificaron a caracterizar la calidad del agua dentro de las posibilidades brindadas por los dos equipos disponibles.

Hay una carencia de datos en días específicos por falta de materiales ya que solo había un *smartphone* disponible con el *software* SPARK VUE<sup>□</sup> requerido por el Sensor PASCO<sup>□</sup>. Este dispositivo pertenecía a la persona más joven de la comunidad, que además de asistir a la universidad realiza otras actividades que lo obligaban a viajar constantemente y se impidió su asistencia a algunas jornadas de monitoreo, dejando por completo el proyecto. El problema se solucionó instalando el *software* en el *smartphone* de la facilitadora la cual asistió a todas las jornadas de monitoreo.

Uno de los mayores desafíos fue el tiempo, pues los tiempos y espacios que maneja la comunidad son muy específicos y fue tardado establecer una fecha para el monitoreo. Por otro lado, debido a las diferentes actividades de trabajo que realizan y los compromisos políticos que han establecido a raíz de su proyecto de vida, algunas salidas a campo tenían que ser canceladas. Tampoco se contó con el tiempo suficiente para recabar más datos de la calidad de agua y hacer un análisis a profundidad sobre ella, ya que los datos obtenidos son apenas cinco fechas por sitio de muestreo.

Los recursos limitados también se presentaron como un problema, el cual se pudo ver en la falta de reactivos del Kit LaMotte. El reactivo como *Standard turbidity* se acabó antes de terminar las jornadas de monitoreo comunitario de agua por lo cual fue necesario conseguir más. Es importante señalar que todos los reactivos del Kit LaMotte cuentan con fecha de vencimiento y es necesario que se reemplacen.

## **4.2. Motivaciones comunitarias, beneficios y oportunidades**

### **4.2.1. Motivaciones comunitarias**

La CEJM ha adquirido un gran compromiso con el lugar donde viven, pues el hecho de estar ahí despierta en ellos la necesidad de querer conservar y proteger al manantial de diversas amenazas. Para la comunidad es importante conocer si el agua de la que ellos se abastecen es segura. Esa incertidumbre surge al reconocer que la Mintzita y sus humedales se encuentran amenazados por parte de agentes externos como la industria, la agricultura, y la expansión urbana. Argumentan que el desarrollo de estos procesos contaminantes es incompatible con el modelo de vida que ellos proponen y con la preservación ecológica de la zona.

Para la comunidad es primordial generar el menor impacto ambiental sobre el ecosistema natural y eso se puede constatar observando la construcción de sus casas y de la “casita comunal”, todas ellas hechas de materiales sustentables. En la “casita comunal” se puede ver en la fachada un letrero con la frase: “La Tierra no nos pertenece, nosotros pertenecemos a ella” (figura 14). La “casita comunal” es el sitio de reunión de la comunidad; allí se realizan las asambleas comunales y se reciben visitas para compartir diferentes saberes.



Para la comunidad es importante conocer las condiciones del agua de la que se abastecen diariamente tanto para el aseo domestico como para el consumo humano. Ellos perciben que el agua se encuentra amenazada no solo por los grandes agentes inmobiliarios, sino también por personas comunes que utilizan al manantial como lugar de recreación.



**Figura 14.** Fachada principal de la “casita comunal” de la CEJM

## **4.2.2. Beneficios y oportunidades**

### ***4.2.2.1. Adquisición de nuevas habilidades técnicas***

La práctica es uno de los requisitos indispensables para la apropiación del conocimiento y la habilidad necesaria para utilizar nuevas tecnologías. Este aspecto se comprobó con uno de los comisionados que salió frecuentemente a campo, el cual adquirió una gran destreza en el uso del Kit LaMotte. Las pruebas las realizaba ágilmente sin tener que recurrir a la guía de uso. Desafortunadamente, las otras dos personas participantes del monitoreo que, por motivos personales, no salieron a campo con tanta frecuencia, no tuvieron la misma apropiación de las tecnologías como su compañero más activo. No

obstante, sí se mejoró la técnica con el paso del tiempo e incluso hubo una apropiación a técnicas favoritas de los participantes.

Para los integrantes de la comunidad resultó útil aprender a utilizar las tecnologías seleccionadas ya que con ello pueden monitorear y defender su territorio. Las técnicas y el conocimiento sobre la calidad del agua se encuentran arraigados ya en la población. En el escenario de tener que migrar, la comunidad está capacitada para replicar el monitoreo en otro lugar.

#### ***4.2.2.2. Coproducción de conocimiento sobre el agua***

La coproducción de conocimiento se sustenta en la relación creada entre la comunidad y los agentes externos, en este caso el agente externo académico. Para la CEJM es muy importante el intercambio de saberes pues reconocen no saber todo sobre el manantial, el ecosistema, ni sobre cómo llevar una vida sustentable, por lo que asumen que es necesario mantenerse en un constante aprendizaje. Por ejemplo, al realizar el taller de mapeo participativo, los participantes identificaron otros aspectos sobre la dinámica del agua, como infraestructura y flujos los cuales se reconocen, pero resultó difícil ubicarlos espacialmente. Desde el ámbito académico, el trabajo de campo permitió evaluar el monitoreo comunitario de calidad de agua como una estrategia para generar innovación social, lo cual se suma a la propia idea de innovación social que ya poseía la comunidad sobre sí misma.

La coproducción de conocimiento fue de gran valor para la comunidad, pues con los datos se corrobora información empírica la cual muchas veces no es válida ya que no cuenta con respaldo científico. Dichos datos son un sustento en su lucha para defender su territorio de todas las amenazas que se perciben. Y es así como la CEJM reconoce la

importancia de generar alianzas con agentes externos que tengan un interés genuino en su causa. Estas alianzas han servido como un mecanismo de resistencia ante todas las amenazas que se enfrentan, pues cuentan con el respaldo de muchas personas.

#### **4.3. Monitoreo comunitario de agua como innovación social**

El monitoreo comunitario de agua fue aceptado en la asamblea comunal para ser ejecutado por los integrantes de la comisión. Entre algunas de las reflexiones que surgieron de la interpretación de datos fue cuestionar las Normas Oficiales Mexicanas en materia de aguas residuales, tal como la NOM-001-SEMARNAT-1996. Dicha norma establece cuáles son los contaminantes básicos del agua de los cuales con el material empleado solamente se pudieron monitorear el pH y la temperatura. Si bien al agua del sitio de muestreo de “La papelera” se encontró dentro de los dos parámetros permisibles que se pudieron analizar, era evidente la mala calidad del agua (figura 15 y figura 16). El aspecto del agua era de un color marrón casi negro y espuma flotante y de un olor fétido que provocaba dolores de cabeza, la cual se incorporaba al curso natural del río Grande. Debido a estas condiciones, las pruebas que nos ofrecían el Sensor PASCO<sup>□</sup> y el Kit LaMotte no se pudieron realizar adecuadamente. Únicamente se realizaron correctamente las pruebas de pH y temperatura utilizando el Sensor PASCO<sup>□</sup>, mientras que con el Kit LaMotte las reacciones tardaban en presentarse o no sucedían. Acordamos que la turbidez y el oxígeno disuelto serían pruebas que no realizaríamos ya que no arrojaron ningún resultado e implicaba un desperdicio de material.

Para considerar al monitoreo comunitario de agua como una innovación social se presenta la siguiente tabla que por un lado muestra los criterios que se necesita para considerar un

proyecto como innovación social y por el otro, se explica cómo fue ese proceso en la CEJM.



**Figura 15.** Sitio de muestreo "La papelera". Esta fotografía muestra la incorporación del agua residual de la papelera al curso natural del río grande de Morelia.



**Figura 16.** Muestra de agua del sitio de muestreo de "La papelera". Debido al color del agua muchas de las pruebas no se pudieron realizar adecuadamente.

En la siguiente tabla (tabla 4) se muestra la evaluación del monitoreo comunitario de agua como una innovación social. Por un lado, se muestran los criterios establecidos para considerar a un proyecto como innovación social y por el otro se demuestra sí este criterio se cumplió o no con el estudio de caso.

**Tabla 4.** Criterios para considerar el monitoreo comunitario de agua en la CEJM como innovación social.

<b>Criterios para considerarse IS</b>	<b>Experiencia en la CEJM</b>
<b>Social:</b> Beneficia a un gran número de personas, reivindica el derecho a un mejor ambiente	Este criterio se cumple ya que se beneficia a más personas externas a la comunidad, es decir, todas aquellas que se abastecen del agua del manantial, pues hay alguien vigilando la calidad del agua. Es decir, se está luchando por un mejor ambiente.
<b>Genuina:</b> Emerge de los propios interesados y entidades de apoyo.	Sí, porque es una actividad que la entidad de apoyo propuso a la comunidad sabiendo su interés en conservar el agua, el manantial y mejorar su estilo de vida sustentable.
<b>Original:</b> No es una experiencia repetida (tampoco necesita ser un invento).	Se había hecho monitoreo de la calidad de agua en el manantial, pero nunca de forma comunitaria. Por tanto, se concluye que sí.
<b>Vigente:</b> Reciente y actual.	Sí, y sigue en proceso.
<b>Consolidada:</b> Ha superado la fase de	Homologando la fase de experimentación con la

experimentación.	capacitación de los materiales, entonces sí se ha superado.
<b>Expansiva:</b> Puede ser reproducida en otro lugar, o mayor escala.	Sí, de hecho, uno de los miembros de la comisión quiere reproducir este monitoreo en un manantial de su comunidad de origen. Y el monitoreo comunitario ya se realiza a grandes escalas, en redes de monitoreo
<b>Transformadora:</b> Tiene importantes impactos con relación al desarrollo social.	Sí, ya que se lucha por el derecho humano al agua de calidad en cantidad suficiente, y a un ambiente sano.

**Fuente:** Elaboración propia con base en Rodríguez y Alvarado (2008).

Es de reconocerse que un elemento que debería de existir en las innovaciones sociales es el carácter autogestivo, la organización en redes y alianzas estratégicas, así como el enfoque de género (Rodríguez y Alvarado, 2008). En este caso, estas características también se logran alcanzar ya que la alianza estratégica que se logra entre la comunidad y la academia resulta benéfico para ambos sectores. Mientras que el enfoque de género también se encuentra presente ya que tanto a hombres como mujeres se les da la misma oportunidad de participar en el monitoreo. Ambos géneros pueden involucrarse en esta actividad que en principio beneficia a todos por igual.

Otras características que un proyecto debería tener para ser llamado como una innovación social son las que presenta Simon et al., (2014) quienes exponen dicho tema. En la siguiente tabla (tabla 5) se presentan esos criterios y cómo se desarrollaron en la CEJM. Finalmente, con la figura 16 se hace la última comparación entre la innovación social y el monitoreo comunitario de agua en la CEJM. Se recopilan los componentes que según el

Foro Consultivo de Ciencia y Tecnología en México (2017) identifica como esenciales. No obstante, dos criterios, como el cambio social y empoderamiento, no tienen explicación inmediata de cómo ocurrió en la comunidad, aspecto que será explicado en el capítulo de la discusión.

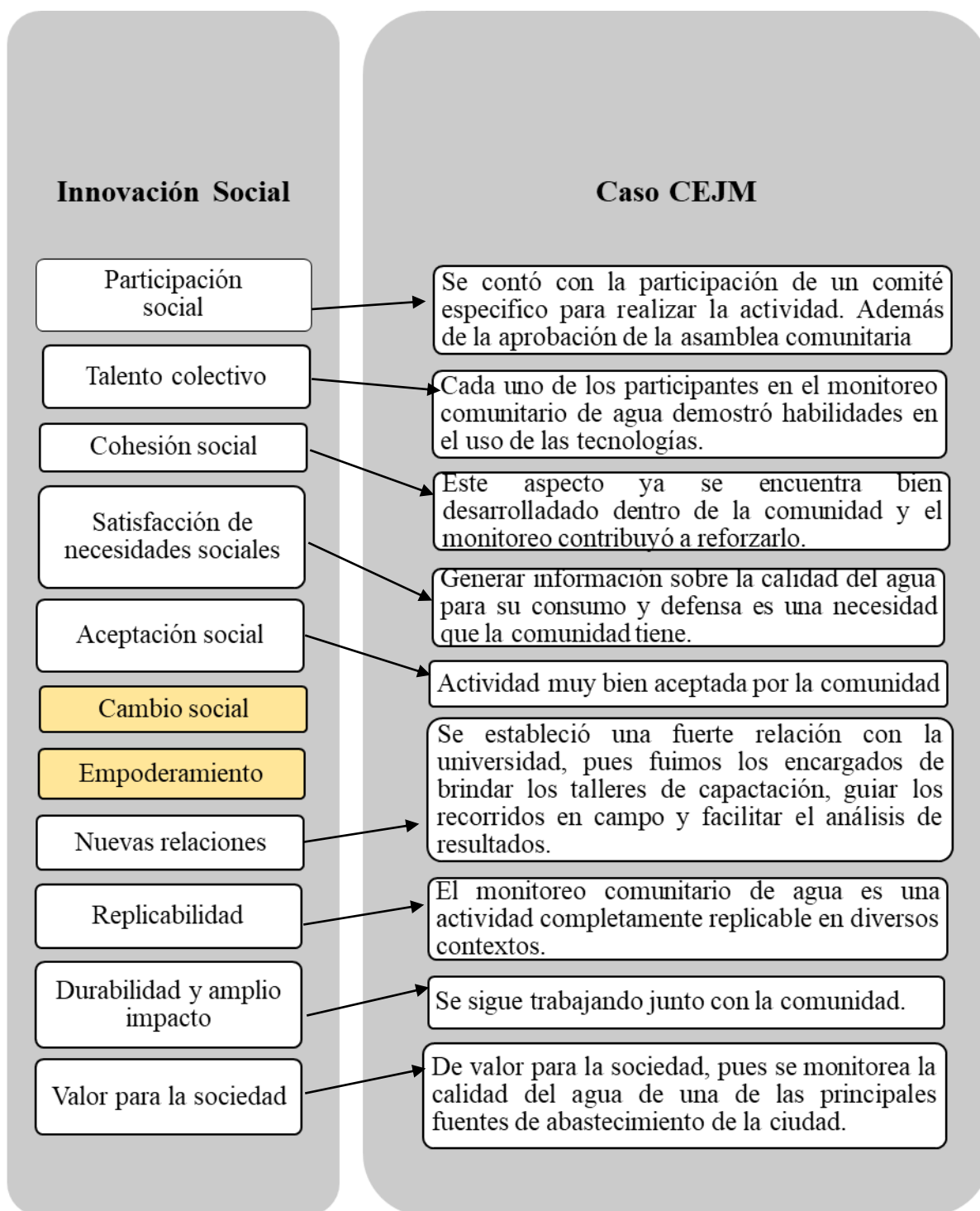
**Tabla 5.** Criterios para considerar el monitoreo comunitario de agua en la CEJM como innovación social con base en Simon et al. (2014).

<b>Criterios para considerarse IS</b>	<b>Monitoreo comunitario de agua en la CEJM</b>
<b>Novedosa:</b> La propuesta innovadora debe ser nueva en el contexto, aunque no sea una propuesta de reciente creación.	El proyecto cumplió con esta característica.
<b>Responde a una necesidad social:</b> La necesidad social debe ser evidente y específica.	La necesidad de generar información sobre el estado del agua es para la comunidad una necesidad: por salud humana y para la defensa del recurso.
<b>Puesta en práctica:</b> Las innovaciones sociales se deben realizar para que no queden como ideas.	El monitoreo comunitario de agua ya está en práctica.
<b>Involucra y moviliza a sus beneficiarios:</b> Las personas que resultan beneficiados de la innovación social deben estar involucrados en el desarrollo de ella. Este involucramiento puede ser de forma directa	Los integrantes de la comunidad son los beneficiarios de generar información sobre el estado del agua y ellos mismos realizan el monitoreo de agua

o por intermediarios.	
<b>Transforma relaciones sociales:</b> Se busca mejorar la participación, el acceso y poder a los recursos de un grupo específico de la población. Se contribuye a: el empoderamiento de grupos vulnerables, la educación, la conservación de flora y fauna, la eliminación de la distribución desigual de recursos, o al combate contra el deterioro.	Con el monitoreo comunitario de agua se brinda la oportunidad de participación a un grupo vulnerable dadas sus condiciones de asentamiento irregular. También se contribuye a la educación ambiental, y se monitorea la calidad del agua en función de las amenazas ambientales percibidas por la comunidad.

Fuente: Elaboración propia con base en Simon et al., (2014).





**Figura 1.** Evaluación del caso de la CEJM mediante los componentes de la innovación social.

**Fuente:** Elaboración propia con base en Foro Consultivo de Ciencia y Tecnología (2017).

Para finalizar la sección de resultados y habiendo mostrado los motivos por los que el monitoreo comunitario de agua en la CEJM puede ser considerado como innovación social, es pertinente mencionar en qué proceso se realizó y en qué fase se finalizó. En principio, el ciclo del proceso del monitoreo comunitario de agua se identificó como indeterminado (Hernández-Ascanio, et al. 2016), ya que al realizar las actividades siempre existió un retroceder tanto en los talleres como en campo. Es decir, no fue un proceso lineal en donde conceptos y técnicas de muestreo quedaron claras desde un inicio, es un proceso que sigue en ejecución y en aprendizaje.

El hecho de que una innovación se mantenga en ejecución es una característica de la fase cuatro del proceso de la innovación social, llamada, sostenimiento (*sustaining*). En esta fase, la innovación se ha vuelto una práctica cotidiana en la comunidad y se buscan estrategias para mantenerla a largo plazo. Además, en este punto se empieza a racionalizar y generar nuevas ideas respecto a lo que se está generando (Murray et al. 2010). Finalmente, según Mourleart et al., (2005) este proceso de monitoreo comunitario de agua se puede ubicar en la tercera dimensión que es la de empoderamiento. En esta dimensión en la comunidad existe un aumento en la capacidad sociopolítica, donde el acceso a los recursos satisface las necesidades humanas y la participación de la población. De modo que, al satisfacer las necesidades humanas también se aborda la primera dimensión que Mouleart et al., (2005) señala y que se denomina precisamente así, *satisfacción de necesidades humanas*.

## **CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN**

Los resultados mostrados en esta tesis muestran que el monitoreo comunitario de agua a pesar de ser bien aceptado por la comunidad presenta algunas limitaciones y problemas. En esta sección se reflexiona acerca de ellas y cómo podrían ser atenuadas. Posteriormente, se retoma el tema de las motivaciones comunitarias, los beneficios y oportunidad que pueden surgir del monitoreo comunitario de agua. Se explica cómo se pueden desarrollar estos beneficios y oportunidades y la perspectiva que se tiene a largo plazo. Finalmente, se reflexiona sobre las implicaciones de considerar el monitoreo comunitario de agua como innovación social.

### **5. 1. Limitaciones y desafíos**

#### ***5.1.1. Uso de tecnologías para el monitoreo comunitario de la calidad de agua***

El uso del Kit LaMotte y el Sensor PASCO<sup>□</sup> fue para la comunidad cierta limitante, ya que el uso de las tecnologías requiere de cierta habilidad o bien de mucha práctica. No obstante, después de la práctica se pudo trabajar correctamente, lo que significa que las tecnologías elegidas fueron las apropiadas para realizar la actividad. Con el uso de estas tecnologías se están siguiendo guías de monitoreo que aseguran una estandarización en los resultados los cuales hacen que los datos sean fiables (Weston & Conrad, 2015).

Para el trabajo con comunidades hay que tener en cuenta que de acuerdo con lo que se quiera monitorear se deben utilizar cierto tipo de tecnologías. Los proyectos exitosos de monitoreo comunitario implementan tecnologías y métodos particulares dentro de un contexto especial y ambiental único (Wiseman & Bardsley, 2016). Las tecnologías que se implementaron durante esta tesis fueron apropiadas, ya que su fácil manejo y la guía de uso

permitió que la apropiación de ellas fuera sencilla. En cambio, con tecnologías más complejas el trabajo y la apropiación de ellas hubiera sido más lento.

Es necesario que para programas de monitoreo comunitario se den las herramientas oportunas para su correcta ejecución, sobre todo en la parte técnica, que es donde más se puede fallar. Un ejemplo de ello es la capacitación que proporciona la *Saint Mary's University* en Canadá, donde se creó una Red de Monitoreo Comunitario Basado en la Comunidad y ofrecen información dando consultas a las personas que están interesadas en realizar el monitoreo. Algunas de las preguntas que surgen con mayor frecuencia son; ¿cómo monitorear los ecosistemas? ¿cómo acceder a datos científicos y sociales relacionados con el ambiente? y ¿cómo utilizar esos datos y la tecnología? (Sharpe & Conrad, 2006). Estas preguntas muestran que el conocimiento sobre los recursos sigue en conformación, aspecto que la CEJM tiene muy claro; de ahí su disposición para trabajar con agentes externos que brinden tecnologías nuevas y conocimientos útiles para ellos.

### ***5.1.2. Participación en el monitoreo comunitario de agua***

La CEJM se caracteriza por tener un alto grado de participación en este y otros proyectos (Ávila Carreón, 2018; Dosil, 2014; Morales Magaña, 2015; Paneque-Gálvez, Vargas-Ramírez y Morales-Magaña, 2016; Salazar Solis, 2017; Vargas Ramírez, 2017). No obstante, existen variables externas que tienen un gran impacto en la ejecución de las actividades. Por ejemplo, las intensas lluvias provocaron que caminar por el terreno se tornara muy difícil y varias veces nos impidió salir a campo. Además, los comisionados al monitoreo se encontraban involucrados en un gran número de actividades y el monitoreo de agua implicaba una reconfiguración en sus cotidianidades. Si bien, consideraban importante el monitoreo de agua para su proyecto de comunidad ecológica, era aún más prioritario

realizar sus actividades de subsistencia. Este fue uno de los principales motivos por los que en algunas veces no se contaba con la participación de toda la comisión.

Los participantes de este proyecto se pueden denominar como locales pues son considerados aquellos actores que tienen menos conocimiento especializado pero que viven muy de cerca al tema de estudio. En cuanto al tipo de participación que se desarrolló, ésta se identifica como colaborativa, donde la gente local decide qué es lo necesario para ellos y contribuyen con expertos en el tema, y el conocimiento siempre es intercambiado en ambas direcciones. También es común que este tipo de participantes tengan un gran compromiso con el ambiente y su conservación que puede tornarse en un cambio de valores (Lawrence, 2006).

A la participación colaborativa en el monitoreo se le puede agregar la interpretación local de datos. Esto se conoce como monitoreo colaborativo con interpretación de datos locales, donde los científicos externos contribuyen en el asesoramiento sobre la interpretación de datos. No obstante, los datos recopilados son esencialmente para los locales y su beneficio para una mejor gestión del recurso (Danielsen, et al., 2008). Así pues, la participación de las personas tiene como finalidad la lucha por el derecho a la información y a un ambiente sano.

Es necesaria una buena participación de las comunidades en proyectos en colaboración con la academia para que la actividad sea positiva para la comunidad. Para ello existen diversas escalas de participación que pueden ser categorizadas como *top-down* o *bottom-up*, según desde quien impulse el trabajo; sin embargo, es aún más importante identificar si el monitoreo comunitario tiene la capacidad de transformar a la comunidad (Conrad & Hilchey, 2011). En este caso la transformación de la comunidad se podría ver reflejada en una mejor organización en la recolección de datos. Y sobre todo lo que se

pretenda hacer con los datos obtenidos, como la difusión de ellos en la “feria del agua y tianguis de la gotita” para generar conciencia ambiental en la población moreliana.

### ***5.1.3. Sostenibilidad del monitoreo***

El equipo utilizado en campo no pertenece a la comunidad, lo cual representa cierta limitación en la sostenibilidad del monitoreo ya que son dependientes de la disponibilidad del equipo técnico. La sostenibilidad del monitoreo es la capacidad que tiene esta actividad de poder mantenerse en el tiempo con la finalidad de que se cumplan los objetivos del monitoreo (Danielsen, Burgess, & Balmford, 2005). Es decir, se deben contar con los recursos necesarios o bien implementar las vías necesarias para que el monitoreo se lleve a largo plazo. Es fundamental hacerlo a largo plazo para lograr llenar los vacíos que el monitoreo gubernamental no realiza o que se abandona por la misma de razón que es la falta de recursos (Weston & Conrad, 2015). Debido a que la comunidad encontró útil el monitoreo comunitario de agua, se han planteado la posibilidad de adquirir su propio kit de monitoreo, con la finalidad de direccionarse a la autonomía que están buscando.

### ***5.1.4. Problemas del monitoreo comunitario de agua***

Uno de los problemas que se presentó en mayor medida fue la asistencia irregular de los comisionados del monitoreo. Esta tendencia es uno de los problemas que se presenta frecuentemente en programas de monitoreo comunitario junto con la pérdida de interés por parte de los participantes y la falta de financiamiento que se traduce en recursos limitados y deficiencias en la recolección de datos (Whitelaw, Vaughan, Craig & Atkinson, 2003). Este fenómeno responde a diferentes factores que se entrelazan y que pueden respaldar o limitar

la capacidad de desarrollar y mantener voluntariados en los programas de monitoreo (Bell et al., 2008).

Se deben buscar estrategias para que exista un menor abandono de participantes en los programas de monitoreo. Algunas de las recomendaciones que brindan Conrad y Hilchey (2011) es proporcionar un constante refuerzo de los alcances y beneficios que se pueden obtener del monitoreo y hacer el reconocimiento del esfuerzo que se está realizando. Otro aspecto que puede frenar el monitoreo comunitario es que los grupos que monitorean sean diversos entre sí, por lo que conciliar intereses suele complicar el trabajo y sobre todo sí estos intereses se contraponen con los de colaboradores externos como la universidad. Finalmente, a pesar de que se ha identificado el tiempo como una limitante para la apropiación del monitoreo (Flores-Díaz et al., 2013) en la CEJM no presentó mayor problema pues su disposición y la constante práctica lograron abatir tal problema. Tampoco se identificó algún problema dentro del grupo encargado del monitoreo de agua, ya que es muy homogéneo y comparten ideologías.

## **5.2. Motivaciones comunitarias, beneficios y oportunidades del monitoreo comunitario de calidad del agua**

### ***5.2.1. Motivaciones comunitarias***

Los motivos de la comunidad para implementar el monitoreo de agua responden a la preocupación ante la amenaza de contaminación percibida en algunos sitios de muestreo. Tienen el objetivo de realizar el monitoreo a largo plazo y cuentan con la motivación de haber cumplido con otros proyectos de manera satisfactoria. La comunidad conoce de forma intuitiva el estado de la calidad del agua por el hecho de vivir ahí y, hacerlo de

manera formal generando datos científicos, complementa la observación que han realizado a lo largo de los años.

Este aspecto suele presentarse en otros estudios, donde la población que monitorea de manera no formal reconoce que hacerlo formalmente es darle continuidad y validez a algo cotidiano, agregando un importante rigor científico que es altamente valorados por diferentes grupos sociales (Hobbs & White, 2012). Las motivaciones para participar en programas de monitoreo comunitario son variadas y todas ellas van en función de lo que se quiere lograr con los resultados. Sin embargo, una motivación frecuente es la de mejorar el conocimiento científico, educar al público y proporcionar evidencias sobre la calidad ambiental. Y es de mencionar que, en algunos casos generar lazos con agentes externos también se presenta como una importante motivación (Lawrence, 2006).

### ***5.2.2. Beneficio de adquirir nuevas habilidades técnicas***

El uso del Kit LaMotte y del Sensor PASCO<sup>®</sup>, así como las guías de monitoreo proporcionadas a la comunidad, aseguran una estandarización en los resultados. Esto se logra por medio de la capacitación técnica, la que consistió en usar protocolos repetibles y simples (Weston & Conrad, 2015). Es pertinente que los protocolos utilizados se modifiquen de acuerdo con las motivaciones y habilidades comunitarias. De este modo, los métodos de monitoreo deben ser simples, claros y científicamente apropiados que den la posibilidad de difundir los resultados obtenidos y hacer uso de ellos por parte de los tomadores de decisiones (Conrad & Hilchey, 2011). Así la comunidad colabora como una fuente confiable en la generación de información científica.

En la CEJM se muestran muy interesados en el uso de las tecnologías lo que provoca que la apropiación de ellas sea más eficiente. Esto se puede ver reflejado en las



diferentes tecnologías que existen en la comunidad con las cuales han logrado satisfacer necesidades de servicios nulos o escasos (Bucio-Mendoza, Solís- Navarrete & Paneque-Gálvez, 2018). Todas las actividades que se realizan en la comunidad dejan un terreno fértil para que se puedan desarrollar otras como lo es el monitoreo comunitario. Esto es un reflejo de la disposición interna para generar el cambio, es decir, se está hablando de personas muy receptivas a nuevas ideas y la adopción de innovaciones sociales que les permitan mejorar sus condiciones de vida (Rodríguez Herrera & Alvarado, 2008).

### ***5.2.3. Beneficio de coproducir nuevos conocimientos y representaciones de su territorio***

Este proyecto, realizado entre la universidad y la comunidad, ofrece soluciones a problemáticas actuales referentes a quién es generador de conocimiento y la utilidad que se le da. Algunos de los beneficios que se adquieren del monitoreo comunitario de agua es que se establecen objetivos y necesidades de las personas locales. Este aspecto no ocurre cuando el monitoreo es realizado por agentes externos a la comunidad. Con el monitoreo comunitario se da una mayor priorización a los objetivos de la comunidad, ya que al tener cierto grado de conocimiento de la situación de su territorio es más fácil identificar puntos clave y de interés para el monitoreo (Danielsen et al., 2005). También se logra poner en discusión la concepción de percibir a la academia como el único actor social capaz de generar conocimiento de calidad que finalmente responde a demandas específicas (Arias Pérez & Aristizábal Botero, 2011).

Mediante el monitoreo comunitario de agua, la comunidad genera su propio conocimiento donde la información obtenida no debe ser adaptada a las circunstancias para que sea relevante, sino que es relevante por sí misma ya que surge del interés de la comunidad. En conclusión, es un medio valioso para generar conocimiento de los recursos

hídricos en colaboración con agentes externos, lo que nos habla de esfuerzos en el intercambio de saberes. La vinculación con las instituciones académicas puede mejorar la habilidad de los participantes en el monitoreo comunitario (Conrad y Hilchey, 2011; Flores-Díaz et al., 2018).

Los sitios de muestreo para el monitoreo comunitario surgieron del taller de mapeo participativo, que es una herramienta para la creación y la expresión de identidades colectivas donde hay conflictos sociales y se busca un cambio social por parte de grupos vulnerables o minoritarios (Sletto, Bryan, Torrado, Hale, & Barry, 2013). Con la ayuda de esta actividad, la comunidad se pudo posicionar territorialmente y saber identificar el manejo que se le está dando al agua en toda la zona. En otras palabras, es una documentación de los saberes locales. Sin embargo, existen aspectos que no se pueden mapear y forman un componente clave en la relación con la tierra, como lo es el significado de un lugar, los límites de las relaciones sociales y la temporalidad (Sletto et al., 2013). Mediante el monitoreo comunitario de agua, se puede resolver la cuestión sobre la temporalidad, ya que los datos sobre la calidad del agua son un registro en el tiempo.

Debido a que el monitoreo es una actividad que se basa en las mediciones de las variables a lo largo del tiempo, se asume que hay una razón específica para recopilar dichos datos, como podría ser garantizar el cumplimiento de ciertas normas (Danielsen et al., 2009). Finalmente, producir conocimiento desde las comunidades es una forma de combatir la forma en que se han venido dando soluciones a los problemas hídricos. Con frecuencia se ha tratado al agua como una simple molécula, desterritorializada y desmaterializada, apartándola su naturaleza social, que es desde donde se debería gestionar (Torregrosa y Armentia, 2017).

#### ***5.2.4. Oportunidad de mejorar la gestión comunitaria del agua***

El conocimiento que la CEJM ha adquirido, es útil para la difusión de las problemáticas que giran en torno al manantial. Esto es una gestión del agua que se basa en la actividad de monitoreo con la cual se aseguran de que el agua cumpla con las normas de calidad e identificar tempranamente amenazas de contaminación. Las experiencias de comunidades indígenas y campesinas demuestran que la organización social es capaz de generar soluciones, dando un manejo autónomo a diferentes recursos naturales (Sandoval Moreno & Günther, 2015). El conocimiento que la comunidad genera a partir del monitoreo tiene el potencial de incidir en la gestión del territorio, empoderar y mejorar la capacidad de acción en el cuidado de los recursos naturales (Danielsen et al., 2005).

La gestión del agua se entiende como un “proceso completo de acciones con sentido y toma de decisiones enfocadas a objetivos, desde la definición e identificación de un problema u objetivo, hasta el diseño, operación y puesta en práctica de dichas acciones. En este proceso la realidad se transforma a partir de decisiones, acciones, capacidades y recursos propios de los actores interesados en el cambio” (Sandoval Moreno & Günther, 2015).

#### ***5.2.5. Oportunidad de generar alianzas estratégicas***

La CEJM reconoce que su proyecto de vida sigue adelante debido a las diferentes alianzas que han generado con agentes externos, pues permiten visibilizar su causa, que es la defensa del manantial, y también sirven como motivación para continuar con su proyecto. No obstante, está la condición de que en los proyectos que se realizan con agentes externos deben estar dispuestos a dar o compartir algún tipo de conocimiento.

Para la innovación social, es primordial generar redes sociales donde existan vías de movilización y transferencia de conocimiento para llegar finalmente a las acciones concretas (Moore & Westley, 2011). Este intercambio de conocimiento promueve la colaboración y acceso a la información colectiva entre los interesados e idealmente si se realiza a largo plazo se tienen mayores beneficios (Weston & Conrad, 2015).

Por otra parte, las alianzas estratégicas son un potencial para la reducción de costos, sobre todo desde el ámbito científico ya que si se contempla a un técnico experto en el tema los costos aumentan. De este modo, el monitoreo de agua muchas veces tiende a terminar pronto y no perdura en el tiempo, es decir, se queda en evaluaciones. En cambio, si se realiza por personas de la comunidad, se evitan ciertos costos principalmente económicos ya que no es necesaria la presencia de técnicos especializados los cuales perciben un sueldo. No obstante, no es que el costo desaparezca por completo ya que las personas de la comunidad modifican sus actividades en función del monitoreo lo que implica otros costos de oportunidad (Danielsen et al., 2005).

### **5.3. Monitoreo comunitario de agua como Innovación Social**

En la comunidad se reconoce la falta de información y se han tomado acciones necesarias para contrarrestar el problema, el tomar acciones después del reconocimiento de que se necesita un cambio no ocurre con frecuencia, debido a la falta de transferencia de innovaciones y conocimientos entre disciplinas y contextos sociales (Moore y Westley, 2011). Sin embargo, debido a la colaboración con agentes externos, en este caso la transferencia de conocimiento se realizó adecuadamente.

La colaboración entre comunidad y universidad contribuyó solucionando el problema de falta de información, generó redes de colaboración, que son un aspecto

sumamente importante cuando se habla de la innovación social (Simon et al., 2014; Franco y Guerra Gómez, 2018). La interacción de agentes múltiples como es la academia y la comunidad permite que la innovación social puede desarrollarse por diferentes agentes capaces de generar un cambio, pero debe estar presente el bien común (Mulgan, 2006). No existe un solo protagonista en la implementación de estos procesos innovadores, sino de una pluralidad de agentes que toman diversos roles y que cada uno aporta con sus capacidades. Dichas colaboraciones nos pueden guiar a establecer procesos de transformación de mayor amplitud (Hernández-Ascanio, et al., 2008). Este aspecto es fácil de identificar en la comunidad, ya que entre sus discursos más fuertes es la colaboración con agentes externos que ha sido parte en la construcción de comunidad. Tal como ha ocurrido en la implementación de las diferentes ecotecnologías que hay en la comunidad y que satisfacen sus necesidades de manera autónoma (Bucio-Mendoza et al. 2018).

El monitoreo comunitario de agua no fue una propuesta meramente proveniente de la CEJM, pero su participación al ser colaborativa (Lawrence, 2006) se conoció el estado del agua, la cual utilizan para sus actividades diarias y se demostró que no generan amenazas para la zona sujeta a protección, con lo que se satisficieron necesidades locales que es indispensable en una innovación social (Simon, et. al. 2014). El involucramiento en la actividad hizo que se generaran datos sistematizados de los patrones que el agua presenta, siempre mostrándose a la expectativa de encontrar alteraciones lo que podría ser una amenaza al manantial. Para la gente de la comunidad es muy importante tener datos que demuestren que la vida sustentable que llevan no es amenaza para esta zona sujeta a protección. Un escenario que la comunidad se plantea es el de dialogar con el gobierno sobre la situación de la zona, donde ellos proponen un cambio en los proyectos de desarrollo urbano municipal. De volverse realidad ese escenario, entonces se podría decir

que el monitoreo comunitario de agua llega al punto culminante de la innovación social que es la transformación social (Hernández-Ascanio et. al. 2016).

La transformación social o cambio social y empoderamiento mostrados en la figura 16, que no se vincularon a ningún aspecto detectado en la comunidad, responde a que, al ser una actividad que sigue en ejecución no se puede decir que se ha cumplido con ello. Esos dos aspectos responden a una fase del proceso de la innovación social a la cual aún no se llega, y donde la etapa sería de un cambio sistémico y la adopción de la tecnología en toda la sociedad (Murray, et al., 2010). Para que esta tecnología pueda existir en toda la sociedad es necesario destacar los procesos en cómo se realiza cierta actividad, ya que ahí radica la capacidad de replicar la innovación social (Rodríguez Herrera & Alvarado, 2008).

Por otra parte, que el proceso del monitoreo comunitario de agua como innovación social se identifique como indeterminado, puede ser una fortaleza de esta investigación. Ya que en otros proyectos de innovación social no se presta atención en el proceso que se desarrolló (Hernández-Ascanio et al. 2016), mientras que en esta tesis el proceso y el contexto social fueron fundamentales para realizar el proyecto. Finalmente, se puede pensar que la siguiente fase de esta innovación social sería la de escala y difusión, que consiste en encontrar los mecanismos para que la innovación social se dé a conocer y se replique en diferentes sectores y lugares (Murray, 2006).

## **CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES**

Identificar las amenazas que tienen los cuerpos de agua y monitorear sus parámetros fisicoquímicos, brinda herramientas para detectar alteraciones en su estado y generar información sobre el panorama del estado actual del agua.

Tal como demostraron Conrad y Hilchey (2011) y que con esta tesis se comprobó, realizar el monitoreo de agua desde un ámbito comunitario representa importantes desafíos que no demeritan el esfuerzo de trabajo, y donde los beneficios que podrían surgir son superiores. Dentro de los beneficios más sobresaliente es la conformación de redes de colaboración entre diferentes sectores de la sociedad, los cuales comúnmente no interactúan, pero una vez establecida la relación, existe un intercambio de conocimiento, habilidades y perspectivas que se complementan para abordar el problema. Se genera conocimiento científico sobre el agua y se desarrolla la participación de la población, respondiendo a sus necesidades locales.

Con el conocimiento que la CEJM ha adquirido y que sigue en desarrollo, se tendrán más herramientas para la difusión de las diversas problemáticas que giran en torno al manantial. Pero aún faltan muchos más esfuerzos para llegar al cambio sistémico, que se considera como la última fase de la innovación social.

Dar solución a las necesidades sociales desde un ámbito local es un aspecto característico de la innovación social. Este concepto polisémico brinda la oportunidad de albergar una gran variedad de actividades, productos o proyectos que, mientras se encuentren dentro de una línea con fines sociales y donde la participación ciudadana esté en su conformación, podría ser suficiente para considerarse como innovación social.

Esta tesis demostró cómo el monitoreo comunitario de agua puede considerarse una innovación social, la cual responde a la necesidad local de generar información sobre el agua. Y así se ha logrado llenar el vacío existente en la literatura sobre el monitoreo comunitario de agua con la innovación social. El siguiente reto de la investigación sería indagar más sobre la innovación social e identificar los diferentes tipos que existen

También se tendría que señalar cuáles son sus alcances y a quiénes posicionan como gestor de la innovación. De ese modo se acotaría el monitoreo comunitario de agua como cierto tipo de innovación social. Es necesario evaluar más experiencias de monitoreo comunitario de agua para identificar si cumplen con las características que aquí se presentaron. O bien, si este fue un caso aislado donde la comunidad presenta las condiciones necesarias para que al monitoreo comunitario de agua se le pueda denominar innovación social. Finalmente sería preciso dar un seguimiento valorando el desarrollo local que se pueda generar a partir de la implementación de dichas técnicas, para ello sería preciso establecer índices de desarrollo local antes y después de implementar el monitoreo comunitario de agua.



## BIBLIOGRAFÍA

- Amaya Ventura, M. d. L. (2012). Precariedad democrática de las instituciones del agua en México. *Economía Informa*, 374, 75-83.
- Arias Pérez, J. E., & Aristizábal Botero, C. A. (2011). Transferencia de conocimiento orientada a la innovación social en la relación ciencia-tecnología y sociedad. *Pensamiento & Gestión*(31), 137-166.
- Auburn University. (2016). Alabama Water Watch. Sitio <http://www.alabamawaterwatch.org/>.
- Ávila Carreón, K. (2018). *Gestión Sustentable del Territorio. El caso de la Comunidad Ecológica Jardines de la Mintzita en Morelia, Mich.* (PhD), Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán.
- Ayuntamiento de Morelia (2004). Diagnóstico. Programa de Desarrollo Urbano el Centro de Población Morelia. Recuperado 14 de agosto de 2018, a partir de <https://composicionarqdatos.files.wordpress.com/2008/09/03-diagnostico.pdf>
- Bell, S., Marzano, M., Cent, J., Kobierska, H., Podjed, D., Vandzinskaite, D., . . . Muršič, R. (2008). What counts? Volunteers and their organisations in the recording and monitoring of biodiversity. *Biodiversity and Conservation*, 17(14), 3443-3454. doi:10.1007/s10531-008-9357-9
- Bonney, R., Shirk, J. L., Phillips, T. B., Wiggins, A., Ballard, H. L., Miller-Rushing, A. J., & Parrish, J. K. (2014). Next steps for citizen science. *Science*, 343(6178), 1436-1437.
- Bucio- Mendoza, S., Solís- Navarrete, J.A. & Paneque-Gálvez, J. (2018). Innovación social y sustentabilidad: El caso de la Comunidad Ecológica Jardines de la Mintsita,

- Michoacán. En José Franco y Adriana R. Guerra Gómez (Eds.) *Innovación social: Desarrollo teórico y experiencias en México*. (pp. 79-92). Ciudad de México, FCCyT.
- Buckland, H., & Murillo, D. (2014). *La Innovación Social en América Latina Marco conceptual y agentes*
- Burgos, A., Páez, R., Carmona, E. & Rivas, H. (2013). A systems approach to modeling community-based environmental monitoring: a case of participatory water quality monitoring in rural Mexico. *Environmental monitoring and assessment*, 185 (12), 10297-10316
- CONAGUA. (2016). Estadísticas del Agua en México. México. Recurso en línea
- Conrad, C. C., & Hilchey, K. G. (2011). A review of citizen science and community-based environmental monitoring: issues and opportunities. *Environmental monitoring and assessment*, 176(1-4), 273-291.
- Conrad, C. C., & Hilchey, K. G. (2011). A review of citizen science and community-based environmental monitoring: issues and opportunities. *Environmental Monitoring and Assessment*, 176(1), 273-291. doi:10.1007/s10661-010-1582-5
- Danielsen, F., Burgess, N. D., & Balmford, A. (2005). Monitoring matters: examining the potential of locally-based approaches. *Biodiversity & Conservation*, 14(11), 2507-2542.
- Danielsen, F., Burgess, N. D., Balmford, A., Donald, P. F., Funder, M., Jones, J. P., . . . Brashares, J. (2008). Local participation in natural resource monitoring: a characterization of approaches. *Conservation Biology*, 23(1), 31-42.

- Danielsen, F., Burgess, N. D., Jensen, P. M., & Pirhofer-Walzl, K. (2010). Environmental monitoring: the scale and speed of implementation varies according to the degree of peoples involvement. *Journal of Applied Ecology*, 47(6), 1166-1168.
- Dosil, J. (2014). Rescatados por la tradición. La construcción del pasado en los procesos de lucha social de tres comunidades michoacanas. *En-claves del pensamiento*, 8(16), 123-142.
- Escutia-Lara, Y., Lara-Cabrera, S., & Lindig-Cisneros, R. A. (2009). Efecto del fuego y dinámica de las hidrófitas emergentes en el humedal de la Mintzita, Michoacán, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 80(3), 771-778.
- Flores-Díaz, A.C., Quevedo Chacón, A., Páez Bistrain, R., Ramírez, M., & Larrazábal, A. (2018). Community-Based Monitoring in Response to Local Concerns: Creating Usable Knowledge for Water Management in Rural Land. *Water*, 10(5), 542.
- Flores-Díaz, A. C., Ramos-Escobedo, M. G., Ruiz-Córdova, S. S., Manson, R., Aranda, E., & Deutsch, W. G. (2013). Monitoreo comunitario del agua: retos y aprendizaje desde la perspectiva de Global Water Watch-México. *México, DF: GWW*. Recuperado de <http://www.researchgate.net/publication/268803861>. [Links].
- Franco, J., & Guerra Gómez, A. R. (Eds.) (2017) *Ecosistema de Innovación Social en México*, Ciudad de México, Foro Consultivo Científico y Tecnológico.
- Franco, J., & Guerra Gómez, A.R. (Eds) (2018) *Nuevos enfoques de la innovación: Inclusión social y sostenibilidad*, Ciudad de México, Foro Consultivo Científico y Tecnológico.
- Garduño-Monroy, V., Giordano, N., Ávila-Olivera, J., Hernández-Madrigal, V., Sámano-Nateras, A., & Díaz-Salmerón, J. (2014). Estudio hidrogeológico del sistema acuífero de Morelia, Michoacán, para una correcta planificación del territorio.

- Vieyra A, A Larrazabal eds. *Urbanización, Sociedad y Ambiente. Michoacán, México. UNAM Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental*, 197-222.
- Gerometta, J., Haussermann, H., & Longo, G. (2005). Social Innovation and Civil Society in Urban Governance: Strategies for an Inclusive City. *Urban Studies*, 42(11), 2007-2021.
- Hernández-Ascanio, J., Tirado-Valencia, P., & Ariza-Montes, A. (2016). El concepto de innovación social: ámbitos, definiciones y alcances teóricos. *CIRIEC-España, Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa*(88), 164-199.
- Hobbs, S. J., & White, P. C. L. (2012). Motivations and barriers in relation to community participation in biodiversity recording. *Journal for Nature Conservation*, 20(6), 364-373. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jnc.2012.08.002>
- IMPLAN. (2018). *Caracterización de la microcuenca del río chiquito*. Morelia.
- International Labour Organization (1989). C169- Convention concerning Indigenous and Tribal Peoples in Independent Countries. Recuperado el 02/04/2019 de: [https://www.ilo.org/dyn/normlex/en/f?p=1000:12100:0::NO::P12100\\_INSTRUMENT\\_ID,P12100\\_LANG\\_CODE:312314,es:NO](https://www.ilo.org/dyn/normlex/en/f?p=1000:12100:0::NO::P12100_INSTRUMENT_ID,P12100_LANG_CODE:312314,es:NO)
- Jiménez Belalcázar, O. F. (2014). *Utilización de los macroinvertebrados bénticos en el monitoreo comunitario de la calidad del agua en la cuenca del río Cuitzmala, Jalisco*. (Maestría), Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Jiménez Cisneros, B. E. (2007). Información y calidad del agua en México. *Trayectorias*, IX(24), 45-56.
- Jollymore, A., Haines, M. J., Satterfield, T., & Johnson, M. S. (2017). Citizen science for water quality monitoring: Data implications of citizen perspectives. *Journal of Environmental Management*, 200, 456-467.

- Kloster, K.B. (2017). Gobierno y lucha por el territorio político del agua en México In M. L. Torregrosa (Ed.), *El conflicto del agua Política, gestión, resistencia y demanda social* (pp. 61-82). Ciudad de México: FLACSO.
- Lawrence, A. (2006). 'No Personal Motive?' Volunteers, Biodiversity, and the False Dichotomies of Participation. *Ethics, Place & Environment*, 9(3), 279-298. doi:10.1080/13668790600893319
- López Morales, C. A. (2017). El estado del agua en México: retos, oportunidades y perspectivas. En F. Taboada, Denzin, C. & Pacheco-Vega, R. (Ed.), *El agua en México Actores, sectores y paradigmas para una transformación social-ecológica* (pp. 13-42). Ciudad de México Fundación Friedrich Ebert
- McCall, M.K. (2011) Mapeando el territorio:paisaje local, conocimiento local, poder local. En: *Geografía y ambiente en América Latina* (pp.221-246).
- Moore, M.-L., & Westley, F. (2011). Surmountable chasms: networks and social innovation for resilient systems. *Ecology and society*, 16(1).
- Morales Magaña, M. (2015). *Flujos de agua y poder. La gestión del agua urbanizada en la ciudad de Morelia, Michoacán*. (PhD), El Colegio de Michoacán, A.C., Zamora, Michoacán.
- Mouleart, F., Martinelli, F., Swyngedouw, E. & González, S. (2005). Towards Alternative Model(s) of Local Innovation. *Urban Studies*, 42 (11), 1969-1990.
- Mulgan, G. (2006). The process of social innovation. *Innovations: technology, governance, globalization*, 1(2), 145-162.
- Mulgan, G., Tucker, S., Ali, R., & Sanders, B. (2007). Social innovation: what it is, why it matters and how it can be accelerated.

- Municipio de Morelia. (2010). *Programa de Manejo de la Zona Sujeta a Preservación Ecológica "Manantial La Mintzita" y su Zona de Amortiguamiento, del Municipio de Morelia, Michoacán*. Morelia
- Murillo, M. d. R. O., Villanueva, R. A., Sánchez, I. M., Ojeda, M. A., & Heredia, J. D. S. (2013). Estado trófico de la presa la Mintzita, Morelia, Michoacán, con base en la abundancia y distribución del fitoplancton. *Biológicas Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*, 9(1), 105-114.
- Murray, R., Caulier-Grice, J., & Mulgan, G. (2010). *The open book of social innovation: National endowment for science, technology and the art* London.
- Ojeda Torres, F., Bravo Nieto, C.E. & López Castro, F.J. (2012) Estudio histórico-técnico sobre las inundaciones y el saneamiento del Valle de Morelia, 1868-1935. En: M. Bravo, G. Barrera, M.E. Mendoza, J.T. Sáenz, F. Bahena & R. Sánchez, (Eds.) *Contribuciones para el desarrollo sostenible de la cuenca del lago de Cuitzeo, Michoacán* (pp. 33-47) México.
- Paneque-Gálvez, J., Vargas-Ramírez, N., & Morales-Magaña, M. (2016). Uso comunitario de pequeños vehículos aéreos no tripulados (drones) en conflictos ambientales: ¿un factor innovador desequilibrante? *Revista Teknokultura*, 13(2), 655-679.
- Perevochtchikova, M., Aponte Hernández, N., Zamudio-Santos, V., & Sandoval-Romero, G. E. (2016). Monitoreo comunitario participativo de la calidad del agua: caso Ajusco, México. *Tecnología y ciencias del agua*, 7(6), 5-23.
- Rodríguez Castro, J.A., García Acevedo, R. & Ruiz Chávez, R. (2012) Simulación del impacto de las descargas de agua residual en el río Grade de Morelia. En: M. Bravo, G. Barrera, M.E. Mendoza, J.T. Sáenz, F. Bahena & R. Sánchez, (Eds.)

- Contribuciones para el desarrollo sostenible de la cuenca del lago de Cuitzeo, Michoacán* (pp. 117-185), México,
- Rodríguez Herrera, A., & Alvarado, H. (2008). *Claves de la innovación social en América Latina y el Caribe*: Cepal.
- Ruiz-Córdova, S. S., Duncan, B. L., Deutsch, W., & Gómez, N. (2006). 16 Community-based Water Monitoring in Cotacachi. *Development with identity: Community, culture and sustainability in the Andes*, 236.
- Ruíz Ortega, R. (2017). Conflictos socioambientales en torno al agua en México. In F. Taboada, Denzin, C. & Pacheco-Vega, R. (Ed.), *El agua en México Actores, sectores y paradigmas para una transformación social-ecológica* (pp. 57-78). Ciudad de México: Fundación Friedrich Ebert.
- Salazar Solis, V. (2017). *El proceso de consolidación de los asentamientos irregulares en el periurbano de Morelia y su problemática urbano-ambiental: el caso de la Colonia Comunidad Ecológica Jardines de la Mintzita*. (Licenciatura), Universidad Nacional Autónoma de México, Morelia.
- Salgado López, J. A. (2017). Mecanismos de participación en torno al acceso al agua y construcción de ciudadanía en Tlalpan. In M. L. Torregrosa (Ed.), *El conflicto del agua Política, gestión, resistencia y demanda social* (pp. 159-188). Ciudad de México: FLACSO.
- Sandoval Moreno, A., & Günther, M. G. (2015). Organización social y autogestión del agua: Comunidades de la Ciénega de Chapala, Michoacán. *Política y cultura*, 107-135.

- Savan, B., Morgan, A. J., & Gore, C. (2003). Volunteer environmental monitoring and the role of the universities: the case of Citizens' Environment Watch. *Environmental management*, 31(5), 0561-0568.
- Seyfang, G., & Smith, A. (2007). Grassroots innovations for sustainable development: Towards a new research and policy agenda. *Environmental politics*, 16(4), 584-603.
- Sharpe, A., & Conrad, C. (2006). Community based ecological monitoring in Nova Scotia: challenges and opportunities. *Environmental monitoring and assessment*, 113(1-3), 395-409.
- Simon, J., Millard, J., Keller L., John R., Carpenter, G., Schimpf, G., & Leszek, P. (2014). Doing Social Innovation: a guide for practitioners. Primer reporte para el proyecto TEPSIE.
- Sletto, B. I., Bryan, J., Torrado, M., Hale, C., & Barry, D. (2013). Territorialidad, mapeo participativo y política sobre los recursos naturales: la experiencia de América Latina. *Cuadernos de Geografía*, 22(2), 193-310.
- Taboada, F., & Denzin, C. (2017). Introducción. In F. Taboada, Denzin, C. & Pacheco-Vega, R. (Ed.), *El agua en México Actores, sectores y paradigmas para una transformación social-ecológica*. Ciudad de México: Fundación Friedrich Ebert.
- Tennakoon, S., & Cawley, R. (2005). *Decision Support System for Developing Community-Driven Water Quality Monitoring Plans*. Paper presented at the MODSIM05 conference, Melbourne University, Melbourne, Australia.
- The University of Rhode Island. (2018). URI Watershed Watch. Sitio <https://web.uri.edu/watershedwatch/>.
- Torregrosa y Armentia, M. L. (2017). Introducción. In M. L. Torregrosa (Ed.), *El conflicto del agua Política, gestión, resistencia y demanda social*. México: FLACSO.



- Torres, I., & Arizaga, S. (2014). Nota sobre nuevas localidades de poblaciones silvestres del zapote prieta (*Diospyros xolocotzii*, ebenaceae), especie amenazada del occidente de México. *Acta Botánica Mexicana*, 107, 19-26
- Vargas Ramírez, N. (2017). *Evaluación del potencial de uso de pequeños vehículos aéreos no tripulados para el monitoreo ambiental y la defensa territorial indígena en México*. (Maestría), Universidad Nacional Autónoma de México, Morelia, Michoacán.
- Weston, S., & Conrad, C. (2015). Community-based water monitoring in Nova Scotia: solutions for sustainable watershed management. *Environment and Natural Resources Research*, 5(2), 1.
- Whitelaw, G., Vaughan, H., Craig, B., & Atkinson, D. (2003). Establishing the Canadian community monitoring network. *Environmental monitoring and assessment*, 88(1-3), 409-418.
- Torres, I., & Arizaga, S. (2014). Nota sobre nuevas localidades de poblaciones silvestres del zapote prieta (*Diospyros xolocotzii*, ebenaceae), especie amenazada del occidente de México. *Acta Botánica Mexicana*, 107, 19-26.
- Wiseman, N. D., & Bardsley, D. K. (2016). Monitoring to learn, learning to monitor: A critical analysis of opportunities for indigenous community-based monitoring of environmental change in Australian rangelands. *Geographical Research*, 54 (1), 52-71.
- Zurbruggen, C. (2014). *Políticas latinoamericanas en la gestión del agua: De la gobernanza neoliberal a una gobernanza pública*.
- "Acuerdo por el que se da a conocer el estudio técnico de los recursos hídricos del área geográfica Lerma-Chapala". Diario Oficial de la Federación, 24 de julio de 2006.

“Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales”. Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996. Diario Oficial de la Federación, 6 de enero de 1997.

“Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo”. Norma Oficial Mexicana NOM-059-Ecol-2001. Diario Oficial de la Federación, 6 de marzo de 2002.

## **Apéndice A. Guion de grupo focal**

Preguntas:

### **❖ Acceso**

- 1) ¿De dónde obtienen el agua, tanto para consumo cómo para otras cosas?
- 2) ¿Es difícil obtener agua?
- 3) A parte de ustedes ¿alguien más utiliza el agua del mismo lugar?
- 4) ¿Cuánta agua pueden tener?
- 5) ¿Alguien regula cuánta agua puedes tener?

### **❖ Distribución dentro y fuera de la comunidad (flujo, infraestructura, relaciones)**

- 1) ¿Cómo les llega el agua a sus casas?
- 2) ¿Tienen alguna forma de almacenar agua?
- 3) Estos almacenes de agua ¿son suficientes?
- 4) ¿El agua de aquí se va a otro lugar?
- 5) ¿Hay escasez de agua? ¿Por qué?

### **❖ Problemas (conflicto y control)**

- 1) ¿Cuál es el principal problema que identifican en relación con el agua?
- 2) ¿Desde cuándo ha estado presente?
- 3) ¿Ha cambiado en algo?
- 4) ¿Qué han hecho para intentar solucionarlo?
- 5) ¿Cuál es la mayor dificultad para solucionarlo?

### **❖ Calidad de agua**

- 1) ¿Cómo es el agua que utilizan?
- 2) ¿Alguien se encarga de cuidar el agua? ¿Qué hace?

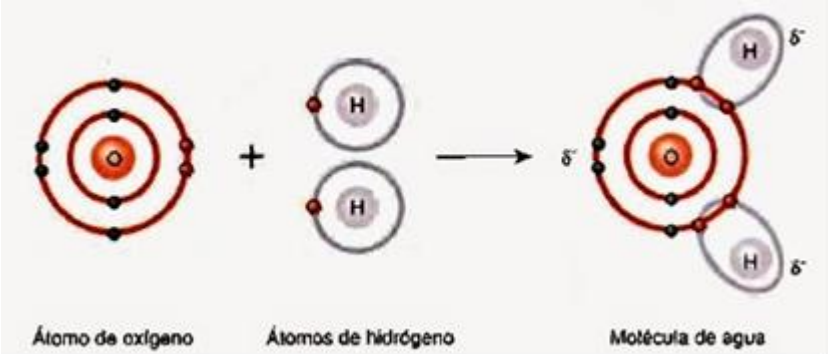
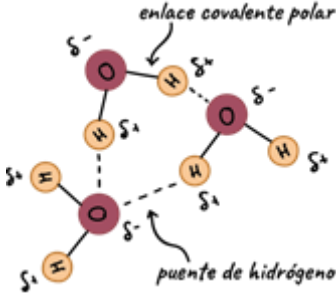
- 3) ¿Qué beneficios de obtienen de cuidar el agua?
- 4) ¿Han notado cambios en el agua, ya sea por temporadas o a lo largo del tiempo?
- 5) ¿Cómo se sabe que el agua está contaminada?

**Cierre de actividad y espacio para opiniones**

Fecha 31/08/2017	
<b>Sesión 1. Sesión exploratoria</b>	
<b>Objetivo:</b>	Presentar el proyecto de monitoreo de agua frente a las personas convocadas para realizar el programa de monitoreo de calidad de agua. Del mismo también se realizará un diagnóstico de la comunidad para identificar y conocer las relaciones que giran en torno al metabolismo social del agua
<b>Duración:</b>	1-1:30 hrs.
<b>Presentación del proyecto:</b>	15 minutos
<b>Preguntas al grupo:</b>	20-30 minutos
<b>Expectativas del proyecto:</b>	10 minutos
<b>Cierre:</b>	5 minutos
<b>Materiales:</b>	Grabadora y guía de preguntas
<b>Descripción:</b>	<p>Se harán una serie de preguntas dirigidas a establecer un diálogo entre la facilitadora y los asistentes. La conversación se dirigirá hacia aspectos que son importantes para contextualizar la situación de la comunidad respecto al agua.</p> <p>Los temas que se van a abordar son acceso, distribución (dentro y fuera de la comunidad) problemas y calidad. Se motivará a para que los asistentes puedan exponer las inquietudes que tienen acerca del tema.</p>

## Apéndice B. Fichas sobre calidad y parámetros fisicoquímicos del agua

### Generalidades del agua

<p>¿Qué es el agua?</p>	<p>El agua es un compuesto químico asombroso que proporciona todas las formas de vida en la Tierra. La vida en sí misma se originó en el agua y después de la evolución fuera de ella, pero nunca lejos.</p>
<p>¿Cómo está compuesta?</p>	<p>Se encuentra compuesta de dos átomos de hidrógeno (H+) y uno de oxígeno (O-). Este oxígeno cuenta con 8 electrones agrupados de 2 en dos, dos de ellos comparten electrones con el H por lo tanto quedan libres 2 pares.</p>  <p>Las pares que se quedan solos tienen una carga negativa, que hace que gire la molécula y busque unirse a otra molécula de H, para formar lo que se llama puente de hidrógeno.</p> 
	<p>El cuerpo humano se encuentra constituido principalmente de</p>

<b>El agua en el cuerpo humano</b>	agua, la sangre es una disolución acuosa de cloruro de sodio y otras sales que se encuentran en los glóbulos rojos que llevan el oxígeno a los pulmones. Sin agua de calidad morimos.
<b>Otras características</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua disolvente: Debido a que otras sustancias como sales, ácidos y bases tienen átomos de H, se pueden formar los puentes de hidrógeno.</li> <li>• Forma una tensión superficial muy alta.</li> <li>• Para elevar su temperatura necesita de 1°C por gramo de agua, por lo tanto, se necesita mucha energía para romper los puentes.</li> </ul>

### Calidad del agua y contaminación

<b>¿Qué es la calidad del agua?</b>	<p>Es un factor que nos muestra parámetros del estado en que se encuentra el agua, para un uso en concreto, ya que no se piden los mismos niveles de calidad para los diferentes usos. La calidad del agua se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con estándares ya establecidos.</p> <p>La calidad del agua depende de los factores humanos y naturales, sin acción humana la calidad del agua responde al suelo, el ciclo hidrológico, sales, lixiviación natural. Pero el actual deterioro de la calidad de agua es causado por acciones antropogénicas.</p>
	La contaminación se genera por las demandas de la población por un estándar de vida generalizado, ya que es el ciclo final

<p><b>¿Qué es la contaminación?</b></p>	<p>de la demanda de recursos. En muchos casos la contaminación ya se tiene bien definida, en otros es a simple ojo de espectador. Son el tiempo y el lugar lo que determinan el contaminante.</p> <p>Un contaminante es una sustancia presente en una concentración mayor que la natural como resultado de la actividad humana, que tiene un efecto perjudicial en la salud del ecosistema. La contaminación se origina en una fuente, donde es ahí que se puede eliminar la contaminación. Después de que el contaminante es liberado en la fuente, éste se va al receptor, que resulta afectado.</p>
<p><b>¿Qué es la contaminación del agua?</b></p>	<p>Actualmente la mayor amenaza en contra del agua proviene de los contaminantes químicos, que pueden incluir productos químicos orgánicos, inorgánicos y metales pesados, procedentes de fuentes industriales, agrícolas y domésticas.</p> <p>Los contaminantes que afectan a la calidad del agua son: sustancias altas en acides, alcalinidad y salinidad (en exceso), medicamentos, residuos humanos y de animales, materia orgánica, sedimentos, sustancias que dan olor, color, sabor.</p> <p>Los contaminantes que afectan a la vida acuática son: elementos traza, metales pesados, contaminantes inorgánicos, sustancias altas en acides, alcalinidad y salinidad (en exceso), medicamentos, plaguicidas, residuos de petróleo, detergentes, sedimentos.</p>



**Parámetros fisicoquímicos del agua medidos con el Kit LaMotte y el Sensor PASCO®**

Parámetro	pH (potencial de hidrógeno)	
Límites máximos	NOM-127-SSA1-1994 Salud ambiental y consumo humano	6.5-8.5
	NOM-001-SEMARNAT-1996 Descarga de aguas residuales	5-10
¿Qué es?	El pH es una escala que se utiliza para saber qué tan ácida o básica es la sustancia. Nos dice, cuántos iones de H (hidrógeno) hay en el agua.	
¿Cómo se mide?	Existe una escala internacional limitada de 0 a 14; donde 0 a 7 es lo más ácido y de 7 a 14 es lo más básico, entonces 7 sería neutral.	
¿Qué es un ácido y una base?	→Ácido: Una sustancia que sede un H <sup>+</sup> a otra que lo recibe →Base: sustancia capaz de recibir el H <sup>+</sup> que otra sustancia le envía El agua es <u>Anfótera</u> , significa que puede dar y recibir H <sup>+</sup>	
¿Cómo afecta?	Respecto a la salud de los consumidores no tiene un	

	<p>gran impacto. Sin embargo, si el agua se presenta con niveles fuera del rango (ácido) entonces sí habría problema ya que nuestro jugo gástrico que es ácido no tendría H<sup>+</sup> que dar y sería un “choque” de ácidos que provocan problemas gastrointestinales.</p> <p>En los cuerpos de agua es ideal que se encuentre en lo más cercano a 7 ya que en estos valores es donde las especies acuáticas se desarrollan. Si el agua es muy ácida, se dan las condiciones de que se generen bacterias.</p>
--	---

<b>Parámetro</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	
<b>Límites máximos</b>	NOM-127-SSA1-1994 Salud ambiental y consumo humano.	Sin datos
	Organización Mundial de la Salud	25-50°
	NOM-001-SEMARNAT-1996 Descarga de aguas residuales	40°
<b>¿Qué es?</b>	<p>Es la medida del calor de un cuerpo, no la cantidad de calor que tiene (no es energía). El calor es el responsable de tener cierta temperatura y esto se debe a la rapidez con la que las moléculas se mueven.</p>	

<b>¿Cómo se mide?</b>	En México se utiliza la escala de Celsius (°C), donde el 0°C es el punto de congelación (fusión) del agua y el 100°C es el punto de hervor (ebullición).
<b>¿Cómo afecta?</b>	<p>Tiene una gran relación en la reproducción de bacterias y organismos patógenos, que en colaboración de un exceso de nutrientes acelera todo ese proceso reproductivo.</p> <p>En cuanto a la vida acuática, la gran mayoría de animales se mantienen en un rango de temperatura definido y los peces al ser de sangre fría, tienen dificultades para regularse con el ambiente. Por lo tanto, son animales muy sensibles sobre todo si el cambio se da a altas temperaturas.</p>

<b>Parámetro</b>	<b>Turbidez (NTU inglés, UTN español)</b>	
<b>Límites máximos</b>	NOM-127-SSA1-1994 Salud ambiental y consumo humano	5 UTN
	NOM-001-SEMARNAT-1996 Descarga de aguas residuales	Sin datos
	Son las partículas que se encuentran suspendidas	

<p><b>¿Qué es?</b></p>	<p>“flotando” y que provocan poca transmisión de la luz, así que mientras el agua se mueva a gran velocidad la turbidez será mayor y en aguas tranquilas será menor ya que las partículas se encuentran en reposo.</p> <p>La turbidez del agua se debe a la presencia de materia inorgánica como los minerales que se pueden encontrar en el suelo de manera natural y también de procedencia antropogénica con el uso de fertilizantes sintéticos o en descargas residuales.</p> <p>La materia orgánica también contribuye a la turbidez y se encuentra en forma de bacterias, algas y hongos, así como fertilizantes orgánicos y desechos humanos y animales.</p>
<p><b>¿Cómo se mide?</b></p>	<p>El estándar para medir son las Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU, en inglés) sin embargo existen métodos más simples que consisten en pruebas visuales como las Unidades de Turbidez Jackson (JTU, en inglés). Ambas mediciones muestran resultados equivalentes.</p>
<p><b>¿Cómo afecta?</b></p>	<p>Si los humanos beben agua que sea turbia es común que existan afectaciones gastrointestinales, aunque si es turbia por naturaleza no debe representar mayor problema.</p> <p>Por el lado de los sistemas ecológicos, el agua turbia dificulta la vida de los seres vivos como animales y plantas dificultando procesos como la fotosíntesis, que disminuye el oxígeno disponible en el agua. También favorece la vida de otros organismos como bacterias y</p>

	microorganismos, ya que si la materia que está en suspensión es el alimento de estos seres entonces favorece su reproducción.
--	---

Parámetro	Alcalinidad (mg CaCO <sub>3</sub> /l)	
<b>Límites máximos</b>	NOM-127-SSA1-1994 Salud ambiental y consumo humano	Sin datos
	Organización Mundial de la Salud	40 mg/l
	NOM-001-SEMARNAT-1996 Descarga de aguas residuales	Sin datos
	Internacionalmente es aceptada una alcalinidad mínima de 20 mg de CaCO <sub>3</sub> /L para mantener la vida acuática	
<b>¿Qué es?</b>	Es la capacidad que tiene el agua de recibir iones de H <sup>+</sup> , es decir, “ayuda” a disminuir el pH y estabilizar el ambiente acuático. Esto ocurre por medio de la disponibilidad de sales como carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos y que se encuentran de manera natural en el agua. En los suelos donde la roca es caliza	

	<p>(abundante en sal) generalmente hay alta alcalinidad, mientras que en suelos volcánicos la alcalinidad disminuye*.</p> <p>En general, la alcalinidad no se introduce al agua desde fuentes antropogénicas, pero éstas sí pueden agravar la situación.</p>
<b>¿Cómo se mide?</b>	<p>La alcalinidad se determina por la titulación donde se agrega ácido para que se disminuya el pH, y las sales que se encuentran en el agua (bicarbonato y carbonato) cambian de color y liberan CO<sub>2</sub></p>
<b>¿Cómo afecta?</b>	<p>Una deficiencia de alcalinidad provocará que el agua pierda la capacidad de resistir a las fuentes de contaminación con sustancias ácidas. Si el agua está muy alcalina, sobre todo por presencia de compuestos alcalinos como jabones y detergentes, es perjudicial para la salud humana, pues genera piedras en los riñones.</p>

\*En la zona suroeste de Morelia el suelo es arcilloso, lo que significa que puede retener al agua y cuanta con sales disponibles.

<b>Parámetro</b>	<b>Dureza (mg/l)</b>	
<b>Límites máximos</b>	NOM-127-SSA1-1994 Salud ambiental y consumo humano	500

	NOM-001-SEMARNAT-1996 Descarga de aguas residuales	Sin datos
<b>¿Qué es?</b>	<p>Es la concentración de compuestos minerales que hay en el agua, especialmente el magnesio y el calcio que provienen de rocas y entre más alto sea, mayor será la acidez del agua. Un agua dura es un agua muy alcalina también.</p> <p>El agua blanda o suave, es menor de 50mg/l</p>	
<b>¿Cómo se mide?</b>	<p>A pesar de que el calcio da esta propiedad, lo que se mide es el carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>) al igual que la alcalinidad. Solamente que con diferentes reactivos</p>	
<b>¿Cómo afecta?</b>	<p>La presencia de minerales en el agua hace que, cuando se calienta el agua dura, se formen precipitados de carbonato cálcico (cal) que generan un mal sabor en el agua. En cuanto a las tuberías o lugares donde se tenga depositada el agua, pueden corroerse. Y si el agua es muy dura, será difícil que se puedan utilizar jabones ya que no se formará espuma.</p>	

<b>Parámetro</b>	<b>Conductividad (µS/cm)</b>	
<b>Límites máximos</b>	NOM-127-SSA1-1994 Salud ambiental y consumo	Sin datos

	humano	
	NOM-001-SEMARNAT-1996 Descarga	Sin datos
	Otra fuente referente a agua potable (Agrosistemas, España).	500 a 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$
<b>¿Qué es?</b>	<p>Esta variable depende de la cantidad de sales (catión + anión= iones) disueltas en el agua que en estado sólido no conducen electricidad. Por lo tanto, la conductividad se define como la capacidad de conducir corriente eléctrica.</p> <p>En el agua viajan los iones que entre más haya, mayor será la conductividad. El agua destilada no conduce electricidad dado que no contiene iones</p>	
<b>¿Cómo se mide?</b>	<p>La medida es de Siemens/cm con una magnitud de 10 que entonces se llama microSiemens/cm (<math>\mu\text{S}/\text{cm}</math>)</p>	
<b>¿Cómo afecta?</b>	<p>No presenta ninguna amenaza a los seres vivos de los ecosistemas ni a los humanos. Es otro parámetro para determina la cantidad de sales que hay en el cuerpo de agua, que el exceso de sales son las que sí tienen efectos negativos en los campos de cultivo y en la salud de las personas.</p>	



<b>Parámetro</b>	<b>Oxígeno disuelto (mg/l)</b>	
<b>Límites máximos</b>	NOM-127-SSA1-1994 Salud ambiental y consumo humano	Sin datos
	NOM-001-SEMARNAT-1996 Descarga de aguas residuales	Sin datos
	Otra fuente referente a Índice de calidad de agua (México)	5-7
<b>¿Qué es?</b>	El oxígeno disuelto, es el oxígeno que se encuentra en el agua, y que proviene de la actividad de las plantas, gracias a la fotosíntesis, igualmente depende de la temperatura del agua, entre más fría esté más oxígeno habrá disponible. También de todas las actividades que se realizan en la zona, sobre todo en las partes altas de la cuenca, así como la salinidad y la materia orgánica, incluso el mismo movimiento del agua aporta oxígeno.	
<b>¿Cómo se mide?</b>	Existen varios métodos, pero en el caso del Kit LaMotte, nos presenta los resultados en ppm, que es equivalente a mg/l	

**¿Cómo afecta?**

Según estudios, se necesita un promedio de 7 mg/l para que los cuerpos de agua puedan resistir la vida de organismos vivos. Si se encuentra menor, la vida es casi imposible, solamente se podrían adaptar algunas bacterias.

Si se llegan a presentar niveles muy altos de oxígeno, puede ser peligroso para algunos animales acuáticos ya que sufren una enfermedad llamada “burbuja de gas” donde se bloquean los vasos sanguíneos.

**Apéndice C. Resultados del monitoreo comunitario de agua**

<b>Fecha de muestreo: 23 de abril de 2018</b>									
<b>ZONA DE MANANTIAL</b>									
	Kit La Motte						Sensor PASCO®		
<b>Sitio de muestreo</b>	<b>pH</b>	<b>T</b> (°C)	<b>Turbidez</b> (JTU)	<b>Dureza</b> (mg/l)	<b>Alcalinidad</b> (mg/l)	<b>Oxígeno</b> <b>Disuelto</b> (ppm)	<b>pH</b>	<b>T</b> (°C)	<b>Conductividad</b> (µ/Scm)
<b>Manantial</b>	7	19.5	5	50	60	10	7.2	19.3	100
Hora: 9:30									
<b>El pescadito</b>	7	19	10	150	100	6.2	7.2	19.9	97
Hora: 10:53									
<b>La potabilizadora</b>	8	21	5	60	90	10	7.85	21.02	175
Hora: 12:07									
<b>La papelera</b>	6	34	150	X	X	X	7.75	32.88	1000

Hora: 13:18									
-------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

<b>Fecha de muestreo:</b> 7 de mayo 2018									
<b>ZONA DE FRACCIONAMIENTO</b>									
	Kit LaMotte						Sensor PASCO®		
<b>Sitio de muestreo</b>	<b>pH</b>	<b>T (°C)</b>	<b>Turbidez (JTU)</b>	<b>Dureza (mg/l)</b>	<b>Alcalinidad (mg/l)</b>	<b>Oxígeno Disuelto (ppm)</b>	<b>pH</b>	<b>T (°C)</b>	<b>Conductividad (µ/Scm)</b>
<b>Arko San Pedro</b>									
Hora: 9:55	7	24	25	150	130	8	7.47	21.97	787
<b>Ojo de agua</b>									
11:00	8	21.5	60	120	260	6	7.82	22.3	713

<b>Puentecito</b>									
Hora: 11:53	8	23.5	100	120	34	5	7.76	22.6	697
<b>Balneario</b>									
Hora: 12:43	7	25	5	110	240	4	6.79	24.46	384

<b>Fecha de muestreo:</b> 21 de mayo de 2018										
<b>ZONA DE MANANTIAL</b>										
	Kit La Motte						Sensor PASCO®			
<b>Sitio de muestreo</b>	<b>pH</b>	<b>T (°C)</b>	<b>Turbidez (JTU)</b>	<b>Dureza (mg/l)</b>	<b>Alcalinidad (mg/l)</b>	<b>Oxígeno Disuelto (ppm)</b>	<b>pH</b>	<b>T (°C)</b>	<b>Conductividad (µ/Scm)</b>	
<b>Manantial</b>										
Hora: 9:43	8	20	5	70	85	6.2	7.4	20.16.	173	
<b>El pescadito</b>	7	20	5	60	80	8.1	6.88	19.96	152	

Hora: 10:50									
<b>La potabilizadora</b>									
Hora: 11:41	7	20	5	60	75	5.4	6.84	19.84	168
<b>La papelera</b>									
Hora: 12:52	6	25	100	280	200	0.1	7.77	25.52	1000

<b>Fecha de muestreo:</b> 4 de junio de 2018										
<b>ZONA DE FRACCIONAMIENTO</b>										
	Kit LaMotte					Sensor PASCO®				
<b>Sitio de muestreo</b>	<b>pH</b>	<b>T (°C)</b>	<b>Turbidez (JTU)</b>	<b>Dureza (mg/l)</b>	<b>Alcalinidad (mg/l)</b>	<b>Oxígeno Disuelto (ppm)</b>	<b>pH</b>	<b>T (°C)</b>	<b>Conductividad (µ/Scm)</b>	

<b>Arko San Pedro</b>										
Hora: 10:50	8.5	23	30	170	175	6	8.005	22.73	588	
<b>Ojo de agua</b>										
Hora: 11:35	8.5	25	15	90	140	4.4	7.97	25.13	675	
<b>Puentecito</b>										
Hora: 12:10	8	23	10	80	130	11	7.7	22.5	500	
<b>Balneario</b>										
Hora: 13:00	7	26	5	90	160	3.8	6.7	25.5	374	

<b>Fecha de muestreo:</b> 25 de junio de 2018										
<b>ZONA DE MANANTIAL</b>										
Kit La Motte							Sensor PASCO®			
<b>Sitio de</b>	<b>pH</b>	<b>T</b>	<b>Turbidez</b>	<b>Dureza</b>		<b>Oxígeno</b>	<b>pH</b>	<b>T (°C)</b>	<b>Conductividad</b>	

<b>muestreo</b>		(°C)	(JTU)	(mg/l)	<b>Alcalinidad</b> (mg/l)	<b>Disuelto</b> (ppm)			(μ/Scm)
<b>Manantial</b>									
Hora: 9:21	7	19	5	50	70	6			
<b>El pescadito</b>									
Hora: 10:50	7	18	5	50	75	6			
<b>La potabilizadora</b>									
Hora: 11:41	7	19	5	60	80	5			
<b>La papelera</b>									
Hora: 12:52	5.5	31		350+	125+	10+			



Fecha de muestreo: 23 de julio 2018									
ZONA DE FRACCIONAMIENTO									
	Kit LaMotte						Sensor PASCO®		
Sitio de muestreo	pH	T (°C)	Turbidez (JTU)	Dureza (mg/l)	Alcalinidad (mg/l)	Oxígeno Disuelto (ppm)	pH	T (°C)	Conductividad (µ/Scm)
<b>Arko San Pedro</b>									
Hora: 9:59	8	22.5	80	120	135	7	7.85	22	620
<b>Ojo de agua</b>									
Hora: 11:11	8	21	5	30	120	9	7.29	20.97	214
<b>Puentecito</b>									
Hora: 11:44	8	22	10	100	155	7	7.9	21.3	534
<b>Balneario</b>									
Hora: 12:29	8.5	24	10	70	155	10	8.7	23.98	311

**Fecha de muestreo:** 23 de agosto de 2018

**ZONA DE MANANTIAL**

	Kit La Motte						Sensor PASCO®		
<b>Sitio de muestreo</b>	<b>pH</b>	<b>T (°C)</b>	<b>Turbidez (JTU)</b>	<b>Dureza (mg/l)</b>	<b>Alcalinidad (mg/l)</b>	<b>Oxígeno Disuelto (ppm)</b>	<b>pH</b>	<b>T (°C)</b>	<b>Conductividad (µ/Scm)</b>
<b>Manantial</b>									
Hora: 9:58	7.5	19	5	80	70	6.3	7.03	18.64	192
<b>El pescadito</b>									
Hora: 10:58	7	19	5	80	80	3.5	7.09	19.78	179
<b>La potabilizadora</b>									
Hora: 11:23	7	19	5	80	80	3.1	7.02	20.01	186
<b>La papelera</b>	5.5	23	150	290	150+	20+	7.77	25.52	1000

Hora: 12:30									
-------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

<b>Fecha de muestreo:</b> 27 de agosto de 2018									
<b>ZONA DE FRACCIONAMIENTO</b>									
	Kit LaMotte						Sensor PASCO®		
<b>Sitio de muestreo</b>	<b>pH</b>	<b>T (°C)</b>	<b>Turbidez (JTU)</b>	<b>Dureza (mg/l)</b>	<b>Alcalinidad (mg/l)</b>	<b>Oxígeno Disuelto (ppm)</b>	<b>pH</b>	<b>T (°C)</b>	<b>Conductividad (µ/Scm)</b>
<b>Arko San Pedro</b>									
Hora: 10:32	8	20	25	160	175	4.2	7.83	20.66	634
<b>Ojo de agua</b>									
Hora: 11:20	8	20	15	130	115	4	7.99	20.49	519
<b>Puentecito</b>									
Hora: 12:03	8	20	20	80	160	3	7.5	19.78	458

<b>Balneario</b>									
Hora: 12:43	7	24	10	130	180	4	6.99	24.27	420

<b>Fecha de muestreo:</b> 3 de septiembre de 2018										
<b>ZONA DE MANANTIAL</b>										
	Kit La Motte						Sensor PASCO®			
<b>Sitio de muestreo</b>	<b>pH</b>	<b>T (°C)</b>	<b>Turbidez (JTU)</b>	<b>Dureza (mg/l)</b>	<b>Alcalinidad (mg/l)</b>	<b>Oxígeno Disuelto (ppm)</b>	<b>pH</b>	<b>T (°C)</b>	<b>Conductividad (µ/Scm)</b>	
<b>Manantial</b>										
Hora: 9:35	7	20	5	50	65	5.6	7.31	19.43	761	
<b>El pescadito</b>										
Hora: 10:22	7	19.5	10	50	65	4	7.11	19.74	761	
<b>La potabilizadora</b>	7	20	5	60	75	8	6.84	19.84	168	

Hora: 10:58									
<b>La papeleria</b>									
Hora: 11:50	6	29	120	320	115+	10+	7.71	28	1000

**Fecha de muestreo:** 9 de octubre de 2018

**ZONA DE FRACCIONAMIENTO**

	Kit LaMotte						Sensor PASCO®		
<b>Sitio de muestreo</b>	<b>pH</b>	<b>T (°C)</b>	<b>Turbidez (JTU)</b>	<b>Dureza (mg/l)</b>	<b>Alcalinidad (mg/l)</b>	<b>Oxígeno Disuelto (ppm)</b>	<b>pH</b>	<b>T (°C)</b>	<b>Conductividad (µ/Scm)</b>
<b>Arko San Pedro</b>	8	21	5	90	135	5.6	7.85	21	707
Hora: 10:29									
<b>Ojo de agua</b>	8	22	10	90	120	7	7.97	21.82	562
Hora: 11:05									
<b>Puentecito</b>	8	21	10	120	25	5.8	7.71	19.99	575
Hora: 11:37									
<b>Balneario</b>	7	25	5	100	150	3	6.92	24.4	401
Hora: 12:15									