



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

# LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES

Escuela Nacional de Estudios Superiores,  
Unidad Morelia

DIAGNÓSTICO HÍDRICO, COMO  
PUNTO DE PARTIDA PARA EL ABORDAJE  
INTEGRAL DE LA PROBLEMÁTICA DEL  
AGUA EN TINGAMBATO, MICHOACÁN;  
ZONA DE INFLUENCIA AGUACATERA.

# TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**LICENCIADA EN CIENCIAS AMBIENTALES**

P R E S E N T A

IDALIA BERENICE DIAZ PEÑALOZA

DIRECTORA DE TESIS: D.C. CYNTHIA ARMENDÁRIZ ARNEZ

MORELIA, MICHOACÁN

DICIEMBRE, 2021



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**  
**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES, UNIDAD MORELIA**  
**SECRETARÍA GENERAL**  
**SERVICIOS ESCOLARES**

**MTRA. IVONNE RAMÍREZ WENCE**

DIRECTORA

DIRECCIÓN GENERAL DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR

**P R E S E N T E**

Por medio de la presente me permito informar a usted que en la **sesión extraordinaria 05** del **Comité Académico** de la Licenciatura en Ciencias Ambientales de la Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES) Unidad Morelia celebrada el día **01 de diciembre del 2020**, acordó poner a su consideración el siguiente jurado para la presentación del Trabajo Profesional de la alumna **Idalia Berenice Díaz Peñaloza** de la Licenciatura en **Ciencias Ambientales**, con número de cuenta **415121190**, con el trabajo titulado: **"Diagnóstico hídrico, como punto de partida para el abordaje integral de la problemática del agua en Tingambato, Michoacán; zona de influencia aguacatera"**, bajo la dirección como **tutora** de la Dra. Cynthia Armendáriz Arnez.

El jurado queda integrado de la siguiente manera:

**Presidente:** Dra. Ana Yésica Martínez Villalba  
**Vocal:** M. en C. Rubén Hernández Morales  
**Secretario:** Dra. Cynthia Armendáriz Arnez  
**Suplente:** Dra. Marcela Morales Magaña  
**Suplente:** Dr. Alberto Gómez-Tagle Chávez

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente  
 "POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
 Morelia, Michoacán a, 18 de noviembre de 2021.

**DRA. YESENIA ARREDONDO LEÓN**  
**SECRETARIA 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 Universidad Nacional Autónoma de México por darme la oportunidad de formarme profesionalmente en esta universidad de excelencia. A la Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia y a la licenciatura en ciencias ambientales que mediante los excelentes profesores e investigadores contribuyeron a mi formación profesional y personal, y abonaron a entender y abordar las problemáticas ambientales desde su misma complejidad. Al personal de servicios escolares y el comité de ciencias ambientales por la paciencia y orientación constante a lo largo del trámite de titulación.

A la beca otorgada por el proyecto PAPIT IN223518 “Aplicación de pesticidas organofosforados en cultivo de aguacate en Tingambato Michoacán: determinantes ambientales y sociales de la salud”

A mi jurado: Dra. Ana Yésica Martínez Villalba, el M en C. Rubén Hernández Morales, la Dra. Marcela Morales Magaña, el Dr. Alberto Gómez-Tagle Chávez, y la Dra. Cynthia Armendáriz Arnez por tomarse el tiempo de leer el escrito y por sus valiosos comentarios y sugerencias.

A mi asesora, la Dra. Cynthia Armendáriz Arnez, por la orientación y la asesoría desde el inicio de la presente tesis, así como por la paciencia, la energía y apoyo brindado durante todo el proceso.

Al laboratorio “J. Javier Alvarado Díaz” de Biología Acuática de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por el espacio y la facilitación del material necesario para realizar los análisis fisicoquímicos de las muestras de agua, así como por la enseñanza y conocimiento compartido por el personal.

## **AGRADECIMIENTOS PERSONALES**

A mis compañeros de laboratorio por todo el apoyo académico, en las salidas de campo y sobre todo el apoyo emocional brindado en este largo proceso, recuerdo con cariño a cada uno de los que me apoyó en algún momento de este proceso.

A la población de Tingambato que confió y apoyó con su participación en las distintas fases del proyecto, por mostrar interés y permitirme aprender de ustedes.

A mi familia por presionarme a concluir esta etapa de la vida y soportarme trabajando en las madrugadas.

A mis amigos y todas las personas que me escucharon y me dieron ánimos hasta el final para no soltar este trabajo.

## ÍNDICE

RESUMEN .....	vii
ABSTRACT .....	x
I. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....	1
1. Introducción .....	1
2. Objetivos .....	6
2.1 Objetivo general .....	6
2.2 Objetivos particulares .....	6
II. ANTECEDENTES / CONTEXTO .....	7
3. Aspectos ambientales, económicos y sociales del cultivo de aguacate.....	7
4. Principales fuentes de contaminación hídrica. ....	11
4.1. Aguas residuales .....	11
4.2. Residuos sólidos urbanos y residuos peligrosos.....	12
4.3. Plaguicidas.....	12
5. Agua en México: marco normativo y calidad. ....	14
5.1 Calidad de agua .....	17
III. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL .....	19
6. Monitoreo comunitario participativo .....	19
7. Bases teórico-conceptuales para un abordaje integral de la problemática del agua.....	20
7.1 Ciclo integral del agua.....	21
7.2 Ciclo hidrosocial.....	22
7.3 Epistemologías del sur.....	25
8. Concepto y propuesta de un diagnóstico integral de bienes hídricos.....	27
8.1 Componentes del diagnóstico de bienes hídricos .....	28
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	36
9. Área de estudio: Tingambato .....	36
9.1 Aspectos geo-bio-físicos.....	36
9.2 Rasgos demográficos, sociales y culturales.....	38
10. Metodología .....	43
10.1 Pre diagnóstico .....	44
10.2 Diagnóstico.....	46
10.3 Instrumentos y estrategias metodológicas empleadas en pre diagnóstico y diagnóstico. .....	47
10.4 Monitoreo de parámetros físico-químicos y determinación de calidad de agua. ....	52
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	58

11. Bienes hídricos en Tingambato.....	59
11.1 Datos oficiales: Títulos, permisos y volumen de aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes de acuerdo con el REPDA.....	59
11.2 Fuentes de agua en Tingambato .....	66
11.3 Red de agua potable de Tingambato.....	67
11.4 Conflictos, problemáticas y deficiencias.....	78
12. Usos y usuarios del agua.....	80
12.1 Uso y manejo de agua intradomiciliaria.....	83
12.2 El agua en las huertas de aguacate.....	98
12.3 Discusión bienes hídricos y sus usos.....	108
13. Calidad de agua.....	112
13.1 Descripción Físicoquímica .....	112
13.2 Análisis de componentes principales.....	119
13.3 Índice de Calidad de Agua (ICA) y normatividad.....	123
13.4 Discusión calidad de agua .....	127
VI. CONCLUSIONES.....	138
14. Recomendaciones.....	144
VII. REFERENCIAS .....	146
ANEXOS .....	155
Anexo A. Producción bruta de aguacate en toneladas y en millones de dólares en los principales países productores.....	155
Anexo B. Plagas y control en cultivo de aguacate.....	156
Anexo C. Descripción de los principales plaguicidas presentes en aguas superficiales en el mundo.....	158
Anexo D. Aspectos geo-bio-físicos y socio-culturales del municipio de Tingambato.....	159
Geo-bio-físicos .....	159
Socio-Culturales .....	162
APÉNDICES.....	163
Apéndice 1. Taller “El agua en mi comunidad”.....	163
Apéndice 2. Encuesta intradomiciliarias para el diagnóstico de la situación del agua en Tingambato.....	165
Apéndice 3. Entrevista a productores de aguacate para conocer el uso del agua en las huertas.....	168
Apéndice 4. Parámetros de calidad de agua, unidades y métodos analíticos de laboratorio utilizados en los sitios de muestreo de Tingambato.....	170
Apéndice 5. ICA.....	171

Apéndice 6. Descripción de las principales fuentes de agua en Tingambato. ....	172
Apéndice 7. Pruebas estadísticas.....	174
Apéndice 7a. Resultados del Test de normalidad Shapiro-Wilk. ....	174
Apéndice 7b. Análisis general de Kruskal-Wallis.....	176
Apéndice 7c. Correlaciones de Spearman significativas entre los parámetros determinados. .....	177
Apéndice 7d. Gráfico de sedimentación del análisis de componentes principales. ....	178
Apéndice 8. Calidad de agua.....	178
Apéndice 8a. Parámetros fisicoquímicos y normatividad para agua intradomiciliaria. ....	178
Apéndice 8b. Parámetros fisicoquímicos y normatividad para agua de uso agrícola. ....	180
Apéndice 8c. Promedios, desviación estándar y LMP para las descargas de agua residual. .....	181

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Volumen de agua concesionado en México para uso consuntivo en el 2019. ....	15
<b>Figura 2.</b> Volumen anual de agua destinado a los distintos usos en Michoacán en el 2019. ....	15
<b>Figura 3.</b> Componentes para un diagnóstico integral de bienes hídricos.....	29
<b>Figura 4.</b> Ubicación de Tingambato, hidrografía y subcuencas a las que pertenece. ....	37
<b>Figura 5.</b> Calendario de fiestas y celebraciones en el municipio de Tingambato, Michoacán. ..	42
<b>Figura 6.</b> Objetivos y estrategias metodológicas empleadas. ....	44
<b>Figura 7.</b> Metodología análisis de parámetros fisicoquímicos para determinar la calidad de agua de Tingambato. ....	53
<b>Figura 8.</b> Porcentaje del volumen total concesionado otorgado en los títulos y permisos de agua en Tingambato. ....	60
<b>Figura 9.</b> Títulos de agua otorgados en Tingambato.....	65
<b>Figura 10.</b> Mapa de fuentes, depósitos, cárcamos y válvulas principales de la red de agua potable de la cabecera municipal de Tingambato.....	71
<b>Figura 11.</b> Mapa de distribución de agua potable durante el turno matutino en la cabecera municipal de Tingambato.....	73
<b>Figura 13.</b> Usos del agua a nivel comunitario e intradomiciliario, problemáticas y soluciones identificadas a partir del taller con alumnos de nivel bachillerato de Tingambato. ....	82
<b>Figura 14.</b> Porcentaje de los barrios a los que pertenece la población encuestada.....	83
<b>Figura 15.</b> Acceso al servicio de agua potable y percepción sobre la calidad de este. ....	86
<b>Figura 16.</b> Tiempo que han contado con toma domiciliaria de servicio de agua potable. ....	87
<b>Figura 17.</b> Tiempo que los usuarios reciben el servicio de agua potable. ....	88



<b>Figura 18.</b> Fuentes de agua complementarias a la red de agua potable. ....	89
<b>Figura 19.</b> Fuentes y estrategias de almacenamiento de agua para consumo humano. ....	93
<b>Figura 20.</b> Almacenamiento de agua empleada en actividades generales en el hogar. ....	94
<b>Figura 21.</b> Percepción sobre la calidad de agua en la escala domiciliar. ....	95
<b>Figura 22.</b> Características organolépticas identificadas en el agua intradomiliaria. ....	96
<b>Figura 23.</b> Gráfico de distribución de ollas según su área. ....	104
<b>Figura 24.</b> Mapa de Ollas para uso agrícola en Tingambato, Michoacán. ....	105
<b>Figura 25.</b> Promedio de parámetros fisicoquímicos de agua intradomiliaria, riego y residual. ....	115
<b>Figura 26.</b> Gráfico de Análisis de Componentes Principales para variables fisicoquímicas de agua. ....	121
<b>Figura 27.</b> Análisis clúster por muestras con base en sus características fisicoquímicas. ....	122
<b>Figura 28.</b> Análisis clúster de muestras de agua intradomiliaria de acuerdo a sus características fisicoquímicas. ....	123
<b>Figura 29.</b> Variación espacial del ICA en los sitios muestreados. <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Tipos de uso de agua en el REPDA. ....	16
<b>Tabla 2.</b> Sitios de muestreo clasificados según su uso en Tingambato, Michoacán. ....	54
<b>Tabla 3.</b> Títulos y permisos de agua concesionados en Tingambato. ....	60
<b>Tabla 4.</b> Fuentes y volúmenes de extracción de agua en Tingambato de acuerdo con el REPDA. ....	62
<b>Tabla 5.</b> Comparación de volumen concesionado para los principales usos en municipios similares a Tingambato. ....	64
<b>Tabla 6.</b> Descripción de las fuentes de agua en Tingambato. ....	66
<b>Tabla 7.</b> Descripción de depósitos y cárcamos de la red de agua potable de Tingambato. ....	70
<b>Tabla 8.</b> Principales usos del agua en Tingambato ordenados en forma descendente en función del volumen de agua destinado a cada uno. ....	85
<b>Tabla 9.</b> Actividades al interior del hogar ordenadas en sentido descendente según el volumen de agua destinado a las mismas. ....	92
<b>Tabla 10.</b> Priorización de actividades en el hogar ante escasez de agua. ....	92
<b>Tabla 11.</b> Media de las horas semanales de servicio de agua potable por barrio. ....	97
<b>Tabla 12.</b> Prueba Kruskal Wallis entre barrios sobre horas con servicio de agua potable y número de características organolépticas identificadas. ....	98
<b>Tabla 13.</b> Matriz de componentes y correlaciones ACP. ....	120
<b>Tabla 14.</b> Resultados del Índice de Calidad de Agua. ....	124

## RESUMEN

La rápida expansión del cultivo de aguacate ha permitido el desarrollo económico de la región de la franja aguacatera de Michoacán, a su vez que ha suscitado el cambio de uso de suelo, el uso desmedido de agroquímicos, modificaciones al ciclo hidrológico, así como la sobreexplotación y contaminación de recursos hídricos, y sus consecuentes repercusiones en la salud humana. Es de interés del presente estudio abordar las cuestiones hídricas en una zona de actividad aguacatera como lo es Tingambato; uno de los 50 municipios productores de aguacate en Michoacán con 4,600 ha de aguacate sembradas que no se queda exento de dichos cambios.

Hasta ahora la mayoría de los esfuerzos por abordar la problemática del agua se han enfocado en aspectos de escasez y calidad, sin embargo, es de reconocer que la actual crisis hídrica trasciende la dimensión física del recurso, involucra a una diversidad de usuarios con distintos intereses, así como poder político y económico. De modo que el agua es parte de una dinámica compleja que implica cuestiones de distribución, calidad, infraestructura que configura las condiciones espacio-temporales y de calidad en las que los distintos usuarios tienen acceso al agua. Por ello el objetivo de este trabajo fue generar un diagnóstico de bienes hídricos y la determinación de parámetros de calidad de agua en la comunidad de Tingambato, como punto de partida para el abordaje integral de la problemática del agua.

Se realizaron distintas estrategias metodológicas con actores clave en Tingambato, así como el muestreo de 13 sitios incluyendo agua de tipo intradomiciliaria, agrícola y residual para los cuales se realizó un análisis físico-químico y determinación de calidad de agua. El trabajo describe aspectos físicos, sociales y políticos que determinan el curso y disponibilidad del agua en Tingambato. Los principales usos del agua reconocidos por la población corresponden al uso intradomiciliario y las huertas de aguacate. Los habitantes asocian la disminución de la cantidad y

calidad de agua con el crecimiento de la actividad aguacatera en el municipio y sus alrededores. Los resultados muestran que el acceso y disponibilidad de agua entre los usuarios es diferenciado, esto como producto en parte de las decisiones político-institucionales y la dinámica organizacional de la comunidad. Ante la disponibilidad diferenciada las estrategias de priorización de algunas actividades sobre otras en la escala intradomiciliaria son un proceso común/constante, así como la concurrencia a fuentes alternativas de agua como las norias para complementar el volumen requerido para realizar las actividades básicas en los hogares. Respecto a la calidad de agua, sitios de las tres clasificaciones rebasan los límites máximos permisibles (LMP) de algunos parámetros establecidos en la normatividad. De modo que la expansión del cultivo de aguacate en Tingambato sin planeación ni regulación representa una amenaza sobre los bienes hídricos de la comunidad al generar una mayor demanda y presión sobre el recurso y los ecosistemas, comprometiendo la disponibilidad y calidad del agua, al mismo tiempo que acentúa y propicia el acceso diferenciado entre los usuarios de los distintos sectores poblacionales.

*Palabras clave:* comunidad, monitoreo, multidisciplina, aguacate, calidad de agua.

## ABSTRACT

The rapid expansion of avocado cultivation has allowed the economic development of the named “Franja aguacatera de Michoacán” region, at the same time that it has led to land use change, the excessive use of agrochemicals, modifications to the hydrological cycle, as well as the overexploitation and contamination of water resources, and their consequent repercussions on human health. It is of interest to address water issues in an area with avocado crops (activity) such as Tingambato; one of the 50 avocado producing municipalities in Michoacán with 4,600 ha of avocado planted that is not exempt from the changes aforementioned.

So far most of the efforts to approach water issues have focused on scarcity and quality aspects, however, it must be recognized that the current water crisis transcends the physical dimension of the resource, involves a diversity of users with different interests, as well as political and economic power. Hence, water is part of a complex dynamic that involves issues of distribution, quality, infrastructure that shape the space-time and quality conditions in which different users have access to water. Therefore, the objective of this thesis was to generate a diagnosis of water assets and the determination of water quality parameters in the community of Tingambato, as a starting point for the integral approach to water issues.

Different methodological strategies were carried out with key actors in Tingambato, as well as the sampling of 13 sites including intradomiciliary, agricultural and residual water for which a physico-chemical analysis and determination of water quality were carried out. The work describes physical, social and political aspects that determine the flow and availability of water in Tingambato. The main uses of water recognized by the population correspond to intradomiciliary use and avocado orchards.

Locals associate the decrease in the quantity and quality of water with avocado boom activity in the municipality and its surroundings. The results show that the access and availability of water among users is differentiated, this is due in part of the political-institutional decisions and the organizational dynamics of the community. Given the differentiated availability, the prioritization strategies of some activities over others on the intradomiciliary scale are common, as well as the concurrence to alternative sources of water such as water wells (norias) to complement the volume required to perform basic activities in homes. With regard to water quality, sites in the three classifications exceed the maximum permissible limits (LMP) of some parameters established in the regulations. Thus, the expansion of avocado cultivation in Tingambato without planning or regulation represents a threat to the community's water assets by generating greater demand and pressure on the resource and ecosystems, compromising the availability and quality of water, while emphasizing and promoting differentiated access among users of different population sectors.

*Key words:* community, monitoring, multidisciplinary, avocado, water quality.

## I. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

### 1. Introducción

El agua es un bien vital que funge como solvente universal y cuyas características se modifican a través del ciclo hidrológico. Su calidad se ve modificada por las cubiertas del suelo por donde circula y por los usos para los que es destinada; de este modo se ha asociado su contaminación a actividades antrópicas como la agricultura y el uso urbano.

El sector agropecuario representa una de las principales actividades económicas en México, se estima que en el país se produce el 30% del aguacate a nivel mundial, siendo así el principal productor, consumidor y exportador del mismo (SIAP, 2017). La "franja aguacatera" de Michoacán es la zona donde se cultiva alrededor del 83% de la producción nacional (SIAP, 2018). El cultivo de aguacate ha conllevado un aumento en la actividad económica en la región, desarrollo, instalación y crecimiento de empresas asociadas con este cultivo, aumentando así la fuente de empleo regionalmente (inifap, 2009). Sin embargo, aunado a la rápida expansión del cultivo de aguacate se han suscitado otros cambios que representan una amenaza potencial ambiental, social y a la salud humana, efectos que esto conlleva a partir del cambio de uso de suelo, el uso desmedido de agroquímicos, la sobreexplotación y contaminación de recursos hídricos, así como modificaciones al ciclo hidrológico y sus consecuentes repercusiones en la salud humana.

El cambio de uso del suelo es la segunda fuente más importante de generación de CO<sub>2</sub> en México, y los desmontes para uso agropecuario son la causa de deforestación que destaca con el 82% del daño total (Galicia *et al.*, 2007). La erosión es una de las consecuencias más conocidas por la deforestación, dicha erosión arrastra sólidos que contiene sustancias derivadas de agroquímicos y son depositados en partes bajas, como los lagos, ocasionando cambios en la calidad

del agua (Chacón, *et. al.*, 2010). Aunado a ello, la reducción de la superficie forestal puede afectar la captación, infiltración y circulación de agua, causando cambios en los niveles de los acuíferos y por tanto amenazando la disponibilidad de agua para toda la población, aunado a ello estas modificaciones hidrológicas pueden causar cambios en la fenología y la hidrología del cultivo del aguacate (Tapia-Vargas, 2011). En relación con esto, como consecuencia del cambio climático se ha pronosticado la disminución de la precipitación pluvial en 8 municipios productores de aguacate con una media de 1.05 milímetros por año, implicando mayor presión y estrés sobre los recursos hídricos de la región, así como en los ciclos agrícolas (Ortiz y Ortega, 2015).

Los monocultivos y uso de plaguicidas representan una amenaza potencial sobre la diversidad biológica, la proliferación de especies de funcionalidad biológica, así como la disminución de especies clave en los ecosistemas transformados a zonas de cultivo y repercutiendo/amenazando la salud humana. Los plaguicidas son sustancias cuyos efectos colaterales se deben a su alta toxicidad y generalmente baja especificidad, es decir que sus efectos biocidas trascienden a más organismos que el objetivo. A nivel mundial están registrados 6,400 ingredientes activos correspondientes a plaguicidas que al combinarse con compuestos “inertes” resultan en más de 100 mil productos comerciales (Kegley *et al.*, 2016). De acuerdo con Bejarano (2017) en México están autorizados 183 ingredientes activos (i.a.) de Plaguicidas Altamente Peligrosos (PAPs) los cuales representan el 33 % de los i.a. publicados en el Catálogo Oficial de Plaguicidas (CICOPLAFEST, 2016). Se estima que en México durante el 2007 se comercializaron 100 mil toneladas de plaguicidas, equivalente al 4% del consumo mundial (FAO, 2017).

Uno de los insumos más importantes para la producción agrícola es el agua, además de ser un recurso vital e indispensable para la producción de aguacate, es también uno de los bienes más

amenazados y comprometidos. Se estima que en Michoacán el 87% del agua es destinada a la actividad agrícola, de la cual 2/3 proviene de fuentes superficiales (CONAGUA, 2017).

Hasta ahora han recibido especial atención desde los distintos sectores de la población (ONGs, Gobierno, Academia) las problemáticas de sobreexplotación de las fuentes (escasez hídrica) y la contaminación de las mismas. Sin embargo, debemos reconocer que la actual crisis hídrica trasciende la dimensión física del recurso, involucra a una diversidad de usuarios con distintos intereses y poder político y económico. El recurso es parte de una dinámica compleja que implica cuestiones de distribución, calidad, infraestructura que configuran las condiciones espacio-temporales y de calidad en las que los distintos usuarios tienen acceso al recurso y que a su vez están determinados por los intereses antes mencionados.

A escala nacional-gubernamental los programas institucionales de monitoreo contemplan únicamente la dimensión física, recopilando datos relacionados con el volumen, nivel de acuíferos y programa de monitoreo de características físico-químicas y biológicas del agua en donde es de destacar que no se contemplan residuos/trazas de plaguicidas en agua, en un país donde la agricultura es una de las actividades económicas de mayor expansión y a la que se destina alrededor del 70% del agua nacional.

No obstante, desde la academia y algunas Organizaciones No Gubernamentales se han propuesto y promovido distintos esquemas de monitoreo comunitario participativo (MCP) de agua como una estrategia para integrar a los actores involucrados en la toma de acciones (monitoreo) sobre problemas que les afectan y conciernen. Una de las limitantes de la mayoría de los MCP de agua establecidos en México es que continúan enfocándose en la dimensión física del recurso, hasta ahora estos programas se han centrado en el monitoreo de ciertas características físico-químicas del agua con kits de campo que tienen como ventaja la posibilidad de involucrar a los



actores en el proceso de la toma de datos, pero que también son limitantes en cuanto a la cantidad y precisión de parámetros que se pueden monitorear. Aunado a ello, los plazos temporales institucionales y/o entrega de resultados limitan el alcance del proyecto, así como la trascendencia y relevancia que este pueda tener para la comunidad, privilegiando programa tras programa el trabajo por cumplimiento de objetivos y la extracción de datos.

A partir de la experiencia los MCP implementados en México nos llama la atención algunos aspectos sobre el proceso de cómo se han implementado y que en ocasiones dan la impresión de que han sido más una idea preconcebida desde el exterior de la comunidad o del sitio deliberado como un ‘sitio problema’, generando un sentido de poca pertenencia, apropiación e interés por parte de la población hacía los programas de monitoreo y limitando el alcance los mismos.

Las experiencias de monitoreo se han visto limitadas por lo general a la dimensión física del agua y los programas de implementación no han considerado aspectos sociales-políticos-culturales y económicos. Consideramos que, previo a incluso decidir la implementación de un MCP de agua es necesario realizar un diagnóstico que brinde información sobre los aspectos sociales, políticos y ambientales de la comunidad, problemáticas identificadas por los distintos actores, causas asociadas a las mismas y a partir de lo cual se genere un plan de acción en el cual se evalué la pertinencia y condiciones para el establecimiento de un MCP.

Por tanto, en el actual escrito se propone un modelo de diagnóstico hídrico, el cual surge desde un enfoque interdisciplinario donde se toman conceptos y elementos de la Ecología política a través del ciclo y metabolismo hidrosocial, las epistemologías del sur y el ciclo integral del agua. La integración de estos enfoques permite proponer un diagnóstico de bienes hídricos desde la

complejidad con que estos bienes circulan e interactúan con los distintos aspectos ‘no físicos’ (políticos, sociales, económicos) en el medio físico.

En este sentido, desde la Ecología Política se ha propuesto el concepto de ciclo hidrosocial del agua, donde se contempla la circulación de los flujos de agua como un proceso híbrido en el que factores naturales y sociales se influyen mutuamente (Arahuetes *et al.*, 2016). Este enfoque propone contemplar los procesos metabólicos dominantes, la cuantificación y dirección de los flujos hídricos, los actores implicados en la gobernanza del agua y la influencia que ejercen sobre el conjunto (Arahuetes *et al.*, 2016), buscando comprender y abordar la dinámica de este vital líquido desde la complejidad, distribución y usos del agua (Larsimont y Grosso, 2014). Con este enfoque se busca mostrar/resaltar la relevancia que tiene el componente político-económico que consideramos tiene un rol importante en la distribución, la calidad y el acceso al recurso por parte de los distintos usuarios y el cual se ha abordado limitadamente. Esto bajo la premisa de que las decisiones de distribución del recurso son decisiones políticas.

Tingambato es un municipio donde el cultivo de aguacate está creciendo a grandes tasas; la experiencia en casos anteriores donde los cultivos se expanden rápidamente y el trabajo en campo realizado previamente nos sugiere que este fenómeno está acompañado del uso de agroquímicos con un volumen considerable de agua para asegurar su producción. Esto ha provocado y promovido el acceso diferenciado a agua entre los distintos sectores poblacionales; por ello que surge el interés de realizar un diagnóstico hídrico en la comunidad donde se aborden o contemplen además de la dimensión física, aspectos sociales, políticos y ambientales que permitan contemplar y/o tener una visión integral sobre la compleja dinámica del agua en la comunidad.

## 2. Objetivos

### 2.1 *Objetivo general*

- Generar un diagnóstico de bienes hídricos y caracterizar la calidad de agua en la comunidad de Tingambato, como punto de partida para el abordaje integral de la problemática del agua.

### 2.2 *Objetivos particulares*

- Localizar y caracterizar las principales fuentes de agua en el Municipio de Tingambato.
- Estimar el volumen de agua destinado a los principales usos en el municipio.
- Identificar y describir los principales usos y usuarios del agua en Tingambato, Michoacán.
- Identificar las problemáticas y causas asociadas al uso del agua en el Municipio de Tingambato.
- Describir la red de distribución de agua potable de la cabecera municipal.
- Caracterizar el uso y manejo de agua en los diferentes tipos de huertas de aguacate.
- Caracterizar los usos y estrategias de manejo de agua a escala intradomiliaria.
- Evaluar los parámetros físico-químicos de calidad de agua utilizada en las principales actividades de Tingambato: Agricultura (riego), intradomiliaria y agua residual, con base en normatividad nacional e internacional vigente, aunado al Índice de Calidad de Agua (ICA) establecido por CONAGUA (2008).

## II. ANTECEDENTES / CONTEXTO

### 3. Aspectos ambientales, económicos y sociales del cultivo de aguacate.

El aguacate es uno de los productos más exitosos de la producción agroalimentaria mexicana, México produce el 30% del aguacate a nivel mundial, siendo así el principal productor, consumidor y exportador del mismo (SIAP, 2017).

La ‘franja aguacatera’ de Michoacán es la zona donde más aguacate se cultiva, ya que cuenta con las condiciones climáticas, geográficas y de suelo idóneas, de este modo, Michoacán representa el 83% de la producción nacional con 166,512 hectáreas y rendimiento de 10.947 ton/ha (SIAP, 2018). Hasta el 2018 la producción en Michoacán se distribuyó en 50 municipios (Molina, 2018), de los cuales 35 contaban con certificaciones para exportar el fruto al mercado estadounidense (SIAP, 2018). Al mes de septiembre 2020, de acuerdo con el titular de la Secretaría de Desarrollo Rural y Agroalimentario, Rubén Medina Niño, la producción del aguacate se distribuye en 61 municipios de la entidad, de los cuales 47 tienen el reconocimiento oficial para poder exportar en una superficie superior a las 120 mil hectáreas (ViveMaravatio, 2020). Entre estos municipios se encuentra Tingambato con 4,600 ha sembradas con un rendimiento de 9.255 ton/ha (SIAP, 2018) (Anexo A).

El cultivo de aguacate ha tenido repercusiones tanto positivas como negativas en la población mexicana. De forma positiva se percibe un aumento de actividad económica en la región, desarrollo, instalación y crecimiento de empresas asociadas con este cultivo; empresas de venta de agroquímicos, irrigación y asesoría agronómica, aumentando así la fuente de empleo regionalmente (inifap, 2009). Sin embargo, como parte de la expansión de la superficie de tierra

destinada al cultivo del aguacate se han suscitado otros cambios que representan una amenaza potencial ambiental, social y a la salud humana.

El cambio de uso de suelo como factor determinante de las consecuencias ambientales ha generado cambios en la hidrología regional, contaminación de ecosistemas terrestres y acuáticos, entre otros. Se estima que la superficie de cambio de uso del suelo con vegetación forestal por el cultivo de aguacate en el Estado de Michoacán se incrementó en un 75% entre 1980 y 2012 (Chávez-León *et al.*, 2012), en gran medida por la deforestación estimada en al menos 690 ha/año (Garibay y Bocco, 2007). Por otro lado, Toledo *et al.*, (2009) estimó el cambio de uso de suelo de bosque destinado a huertas de aguacate en el periodo de 1996-2005 en 15,442 ha, que equivale al 19.8% de la nueva superficie de aguacate. Esto ha conducido a una pérdida anual de 1,715 ha de bosque para la instalación de nuevas huertas de aguacate en dicho periodo.

De acuerdo con Sánchez-Martínez, *et al.*, (2006) y Chávez-León *et al.*, (2012) el cultivo de aguacate erosiona hasta 10 ton/ha/año de suelo, en función del grado de madurez de la huerta, dicha erosión arrastra sólidos que contiene sustancias derivadas de agroquímicos depositados en partes bajas de la cuenca, como los lagos, ocasionando cambios en la calidad del agua (Chacón, *et al.*, 2010). Aunado a ello, la reducción de la superficie forestal puede afectar la captación y circulación de agua y causar cambios en la fenología y la hidrología del cultivo del aguacate. A pesar de que la capacidad de almacenamiento de la Meseta es de más de 90% de la lluvia captada, ya que los suelos de esta región son sumamente permeables, con más de 40 mm/h de conductividad hidráulica (Tapia *et al.*, 2002), puede haber grandes escurrimientos en laderas con poca cobertura vegetal (Haverkort, 1982). Otra de las implicaciones del cultivo de aguacate está relacionado con la demanda de agua para las huertas ya sea de temporal o de riego y las alteraciones climáticas a nivel regional. Ortiz y Ortega (2015) pronostican que en 8 municipios productores de aguacate se

presentará una disminución de la precipitación pluvial media anual de 1.05 milímetros, como consecuencia del cambio climático, ejerciendo mayor presión y estrés sobre los recursos hídricos.

Adicionalmente se ha estudiado el impacto que tienen diferentes tipos de vegetación sobre el ciclo hidrológico. Entre los procesos que tienen un efecto importante en el ciclo hidrológico se encuentra la partición de la precipitación<sup>1</sup>, que cobra particular importancia cuando existen cambios de uso de suelo y cobertura (Ponnette-González *et al.*, 2015 en Gómez-Tagle *et al.*, 2019). Este proceso ocurre cuando el dosel intercepta el agua de lluvia y esta es retenida en la superficie de las hojas, ramas y tallos. Esta agua puede caer al suelo en forma de precipitación directa o concentrarse en el tallo principal como escorrentía cortical (David *et al.*, 2005). Gómez-Tagle, *et al.*, (2019) evaluaron la partición de la precipitación para huertas de aguacate y bosque de pino contemplando los siguientes componentes: Intercepción, precipitación directa y escorrentía cortical. Dichos componentes fueron similares para ambos sitios, a excepción de la escorrentía cortical, la cual es importante en el proceso de ingreso y recarga de agua al suelo y a los mantos acuíferos. La escorrentía cortical fue notablemente menor en la huerta de aguacate, esto se le atribuye a la modificación de la estructura de la copa de los árboles debido a la poda de los mismos, así como menor densidad de arbolado. La menor escorrentía cortical en las huertas de aguacate respecto a los bosques podría tener un impacto negativo al reducir la cantidad que puede ingresar al suelo por este medio y por tanto la infiltración y recarga de los mantos acuíferos. Aunado a ello, una vez que el agua llega al suelo debe fluir a través de la estructura edáfica, lo cual dependerá de

---

<sup>1</sup> Durante un evento de precipitación, una parte de la precipitación bruta puede alcanzar el suelo como precipitación directa. Cuando entra por los espacios del dosel se le denomina precipitación directa libre. Otra parte de la precipitación bruta alcanza las ramas (fracción de escorrentía cortical), satura los troncos de los árboles y fluye hasta alcanzar el suelo como escorrentía cortical. El agua restante que llega al dosel y es retenida por este hasta alcanzar la capacidad de retención o saturación del dosel puede gotear para sumarse a la precipitación directa o se evapora parcialmente durante y después del evento de precipitación denominándose entonces pérdida por interceptación.

factores como el clima, suelo (porosidad, tipo). En sitios con suelos de baja permeabilidad la profundidad de la penetración de las raíces es crítica para que ocurra una percolación hídrica significativa. En este sentido, se sabe que las raíces de los pinos favorecen el flujo de infiltración preferencial del agua en el suelo (Guan *et al.*, 2010 en Gómez-Tagle *et al.*, 2019) y por tanto la recarga de acuíferos.

La presencia de monocultivos representa un problema potencial sobre la diversidad biológica, la proliferación de especies de funcionalidad biológica, así como las estrategias de mitigación de impactos ambientales por la disminución de especies clave en los ecosistemas transformados a zonas de cultivo. En este sentido el control de plagas es una de las prácticas necesarias en el cultivo de aguacate, las cuales se han realizado principalmente a través del uso de fertilizantes químicos y plaguicidas. En el anexo B se presenta información sobre las principales plagas que afectan el cultivo de aguacate. De acuerdo con Bejarano (2017) en México están autorizados 183 ingredientes activos (i.a.) de Plaguicidas Altamente Peligrosos (PAPs) los cuales representan el 33 % de los i.a. publicados en el Catálogo Oficial de Plaguicidas (CICOPLAFEST, 2016).

Los plaguicidas no solo afectan a los organismos objetivo, estos afectan todo el medio, incluyendo la atmósfera, suelo, agua superficial y subterránea por escurrimiento, lixiviación y pulverizaciones.

En Michoacán, a pesar de que es una zona donde el cultivo del aguacate se ha extendido significativamente y con ello el uso de agroquímicos (plaguicidas y fertilizantes), no se tiene un listado/información oficial de los tipos y cantidad de plaguicidas que se utilizan, su movilidad en las huertas de aguacate y en ecosistemas acuáticos y sistemas hídricos adyacentes/circundantes, así como afectaciones a la salud humana de la población expuesta. De acuerdo con Mireles (2018),

el grupo de plaguicidas más ampliamente utilizado en Tingambato corresponde a los organofosforados (OF), a pesar de que los OF son menos persistentes en el ambiente, estos han mostrado efectos en la salud humana.

#### **4. Principales fuentes de contaminación hídrica.**

El agua además de ser de los insumos más importantes en la producción agrícola, es una matriz ambiental de gran importancia pues, además de depositarse los residuos de distintas fuentes por escurrimiento, pulverizaciones, etc. Es un medio favorable para la mezcla de los mismos, la cual puede tener mayor toxicidad que el compuesto por sí solo.

Existen distintas fuentes de contaminación hídrica, las cuales representan una mayor amenaza en función del manejo y sitio donde se localizan. Para efectos del actual trabajo desarrollado en Tingambato resulta pertinente hablar sobre las aguas residuales, los plaguicidas y los residuos sólidos urbanos.

##### ***4.1. Aguas residuales***

De acuerdo con El Anuario estadístico de Michoacán, al 2016 se encontraban 43 plantas de tratamiento de aguas residuales de tipo secundario en operación (INEGI, 2017). Se estima que alrededor de 99.231 millones de metros cúbicos de agua residual son tratados en el Estado.

De acuerdo con el coordinador general de la Comisión Estatal del Agua y Gestión de Cuencas (CEAC), Germán Tena Fernández, en la entidad se generan aproximadamente 8,300 L/s de agua residual por toda su población, de la cual se trata alrededor del 38%. Alrededor de 5,000 L/s de agua no son tratados y se van a ríos y manantiales (aguas abajo) (Ayala, 2020).



#### **4.2. Residuos sólidos urbanos y residuos peligrosos**

Otra de las fuentes de contaminación del medio y por tanto del agua son los residuos sólidos urbanos. De acuerdo con la encuesta intercensal al 2015, en Tingambato alrededor del 72.5% de la población entregan sus residuos al servicio público de recolección, 10.79% lo tiran en el basurero público o lo colocan en un contenedor o depósito de residuos, 13.54% queman, 3.11% entierran o tiran en algún otro lugar (INEGI, 2017). Es relevante mencionar que Tingambato no cuenta con relleno sanitario propio, lo cual representa una incógnita sobre el destino final de los residuos generados en el municipio.

#### **4.3. Plaguicidas**

A través del ciclo hidrológico los plaguicidas se pueden evaporar, retener/absorber en el suelo, escurrir hacia los ríos y recorrer largas distancias impactando sitios alejados del punto inicial de contaminación. El proceso de volatilización puede transportar los plaguicidas por largas distancias, principalmente los aplicados por pulverización, ya que se volatilizan, se condensan en la atmósfera, se transportan y se precipitan con la lluvia, contaminando grandes áreas (Glinski *et al.*, 2018; Rice y Chernyak, 1997). Bedos *et al.*, 2002, afirman que el 90% de la cantidad de plaguicidas aplicados se puede volatilizar. Esto implica no sólo que el uso de plaguicidas se realiza de manera ineficiente, sino que gran parte de la entrada de contaminantes como los plaguicidas al ciclo hidrológico se realizan por esta vía en la que se condensan directamente en la atmósfera y que posteriormente precipitan sobre áreas más amplias y distantes de su punto inicial de aplicación.

De souza *et al.*, (2019) realizaron una recopilación de los estudios de monitoreo de plaguicidas en agua en el mundo, publicados entre el 2012 y 2019, es de resaltar que no se menciona ningún estudio realizado en México, esto debido a la falta de datos científicos publicados

sobre el monitoreo de dichos contaminantes, lo que evidencia aún más la necesidad de generar información sobre los plaguicidas y su impacto en el medio hídrico.

De acuerdo a dicha investigación los plaguicidas más ampliamente detectados en aguas superficiales corresponden a los grupos de herbicidas, insecticidas y fungicidas. En el presente trabajo no se tiene intención de profundizar sobre el tema de plaguicidas en agua, sin embargo, dado el contexto agrícola del sitio de estudio es una potencial fuente de contaminación hídrica; en el anexo C se muestran algunas características, efectos ambientales y a la salud humana de los principales plaguicidas encontrados en agua.

De acuerdo con Abdel *et al.*, (2001) la mayoría de los plaguicidas no son fácilmente degradables por lo que la eliminación de estos en el agua requiere de tratamientos más avanzados que los que ofrecen las plantas de tratamiento de agua potable convencionales, tales como la irradiación gamma, biorremediación, filtración por membrana, procesos de oxidación avanzada, ozonización y absorción. Estos corresponden a tratamientos de tipo terciario, en Michoacán las plantas de tratamiento que operan son de tipo secundario, por tanto, ninguna cuenta con la capacidad para tratar estos contaminantes.

En Tingambato se han realizado algunos trabajos (tesis) sobre calidad de agua principalmente para fines agrícolas; Rosas Puga, (2011) determinó la calidad microbiológica de agua utilizada para uso agrícola identificando las principales fuentes de abastecimiento de agua para las huertas: norias, manantiales, pozos profundos y agua de lluvias. Sus resultados muestran que las fuentes más contaminadas son los manantiales y pozos profundos, seguidas del agua de lluvia y las norias. Aunado a ello, acondicionaron una réplica de las muestras con cloro a 3 ppm para verificar su efectividad en la eliminación de contaminantes microbiológicos, si bien lo catalogan como un método efectivo de desinfección es de resaltar que, para los coliformes totales,

de las muestras sin tratamiento el 77.5% sobrepasó el límite permisible de estos (2 UNF), mientras que al aplicar el tratamiento el 43% de las muestras continuaba rebasando dichos límites. Si bien disminuyó notoriamente la concentración de los contaminantes (Coliformes totales, coliformes fecales y *E. coli*) no cumplían con la calidad para su uso de acuerdo con la normatividad nacional.

## **5. Agua en México: marco normativo y calidad.**

En México, el servicio de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales está a cargo de los municipios, generalmente a través de organismos operadores. En la Constitución Mexicana se establece que todos tienen derecho al agua suficiente para consumo doméstico y personal. Sin embargo, dentro del marco legal federal no se especifica una cantidad mínima de agua que se debe proporcionar y estar disponible para dichos usos (Kruckova L. y Turner R., 2017), aunado a ello la Ley Nacional de Agua prioriza los usos del agua doméstico y público urbano, no obstante, en el uso público urbano no se contemplan las áreas rurales, lo cual podría excluir y/o desproteger parte de la población marginada.

A Nivel nacional de acuerdo a la Ley de Aguas Nacionales, Art. 9, Fracción III se señala que la CONAGUA tiene la atribución de integrar, formular y proponer al Titular del Poder Ejecutivo Federal el Programa Nacional Hídrico (PNH), actualizado y vigilar su cumplimiento. La CONAGUA funge como entidad que custodia el programa, sin embargo, es de responsabilidad compartida entre diversas instituciones del gobierno federal, estatales y municipales tales como INPI, BIENESTAR, SADER, SEMARNAT, SECTUR, SEP, SEDATU, SEGOB, SEDENA, SALUD, SHCP, SENER, SEMAR, FUNCIÓN PÚBLICA.

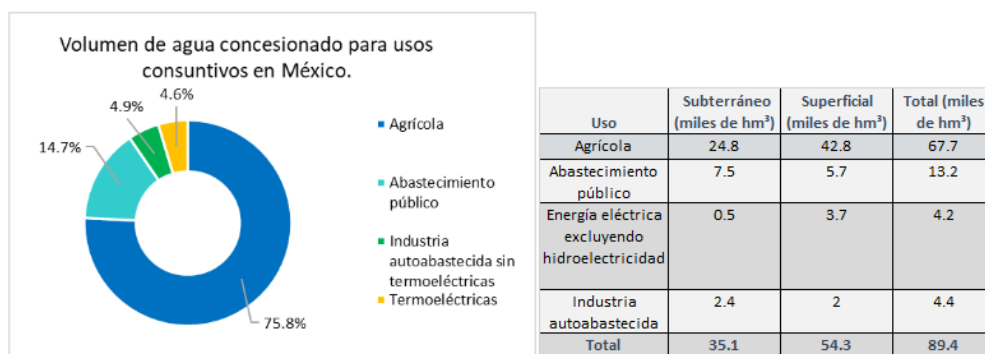
En cuestión del volumen destinado a las distintas actividades, de acuerdo con los datos del REPDA (Registro Público de Derechos de Agua), a nivel nacional el mayor volumen de agua es

destinado a la actividad agrícola (alrededor del 70%), seguido del abastecimiento público (Figura 1).

A nivel estatal, en Michoacán el 87% del agua utilizada es destinada a la actividad agrícola, 7% al abastecimiento público, 5% a la industria autoabastecida y 1% a la termoeléctrica (Figura 2) (CONAGUA, 2019).

### Figura 1

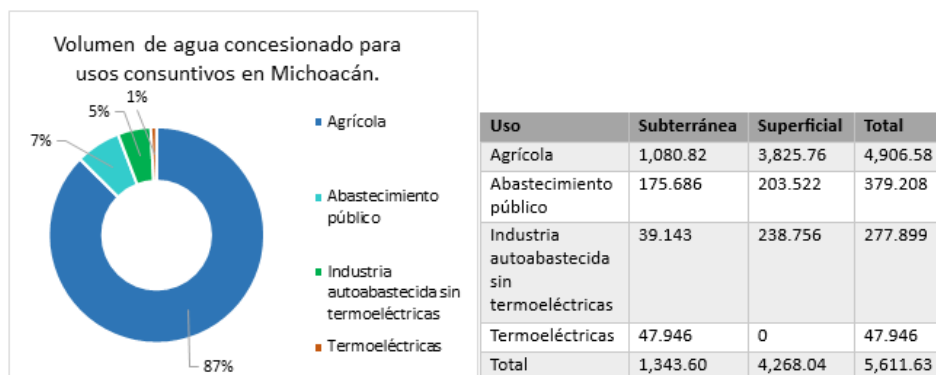
*Volumen de agua concesionado en México para uso consuntivo en el 2019.*



*Nota.* Fuente: CONAGUA, 2019. Subdirección General de Administración del Agua.

### Figura 2

*Volumen anual de agua destinado a los distintos usos en Michoacán en el 2019.*



*Nota.* Fuente: CONAGUA, 2019. Subdirección General de Administración del Agua.

En el REPDA se agrupan los distintos tipos de uso de agua para fines prácticos en usos consuntivos (agrícola, abastecimiento público, industria autoabastecida y termoeléctricas) y no consuntivos (hidroeléctricas y conservación ecológica). Se define al uso como la aplicación del agua a una actividad. Cuando existe consumo, entendido como la diferencia entre el volumen suministrado y el volumen descargado, se trata de un uso consuntivo. Se considera no consuntivo cuando no consumen agua, por ejemplo, la generación de energía eléctrica, que utiliza el volumen almacenado en presas (Tabla 1).

**Tabla 1**

*Tipos de uso de agua en el REPDA.*

<b>Tipo de uso agrupado</b>	<b>Consuntivo</b>	<b>Rubros que agrupa</b>
<b>Agropecuario</b>	Sí	Agrícola, acuicultura, pecuario, usos múltiples, otros usos
<b>Público</b>	Sí	Doméstico, público urbano
<b>Industria autoabastecida</b>	Sí	Agroindustrial, servicios, industrial, comercio
<b>Generación de energía eléctrica</b>	Sí	Generación de energía eléctrica
<b>Hidroeléctrica</b>	No	Hidroeléctricas
<b>Conservación ecológica</b>	No	Conservación ecológica

El uso agrupado abastecimiento público incluye la totalidad del agua entregada a través de redes de agua potable, tanto a usuarios domésticos como a industrias y servicios conectados a dichas redes. El uso agrupado industria autoabastecida incluye la industria que se abastece directamente de ríos, arroyos, lagos o acuíferos del país. Los principales rubros son: Industria química, azucarera, petróleo, celulosa y papel.

Generación de energía eléctrica: El agua incluida en este rubro se refiere a la utilizada en centrales de vapor duales, carboeléctricas, de ciclo combinado, de turbogas y de combustión interna.

### ***5.1 Calidad de agua***

La calidad de agua determina los potenciales usos en los que se le puede emplear, asegurando la integridad humana, esto en función de las concentraciones y/o valores de distintas sustancias y parámetros de la misma. De este modo, en el caso del agua para uso y consumo humano con deficiente saneamiento representa una amenaza y puede ser la causante de diferentes enfermedades como: cólera, diarrea, disentería, hepatitis A, fiebre tifoidea y poliomielitis; éstas exponen a la población a riesgos, que pueden ser prevenidos antes de que afecten a su salud (OMS, 2018).

El aspecto normativo en México en cuestión de agua se compone del artículo 115 constitucional; párrafo III, inciso a), donde se establece que los Municipios tendrán a su cargo las funciones y servicios públicos de Agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales. Aunado a ello, el párrafo IV señala que los municipios administrarán libremente su hacienda y que por ello podrán tener (fracción, c) ingresos derivados de la prestación de servicios a través del establecimiento de tarifas.

Un ejemplo de los esfuerzos por conocer y asegurar la calidad de los recursos hídricos nacionales es la Red nacional de monitoreo de la calidad del agua a cargo de CONAGUA, el cual tiene el objetivo de monitorear los principales cuerpos de agua del país. La red está constituida por cuerpos de agua lóticos, lénticos, costeros y subterráneos. Se incluyen parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, de acuerdo con el tipo de cuerpo de agua. En 2019 se contaba con 4,655 sitios de monitoreo de la calidad del agua operados por la CONAGUA en todo el país. Para el agua superficial, los resultados del 2019 mostraron que el 33.2% de los sitios cumplieron con los límites aceptables de calidad del agua para los 8 parámetros analizados: Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días (DBO<sub>5</sub>), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos Totales (SST),

Coliformes Fecales (CF), *Escherichia coli*, (E\_COLI), Enterococos (ENTEROC), Porcentaje de Saturación de Oxígeno (OD%) y Toxicidad (TOX); el 31.0% de los sitios presentaron incumplimiento en uno o varios de los siguientes parámetros: E\_COLI, CF, SST y OD%; el 35.8% de los sitios se catalogaron como altamente contaminados presentando incumplimiento en uno o varios de los siguientes parámetros: DBO<sub>5</sub>, DQO, TOX y ENTEROC.

Para el agua subterránea se contemplan los siguientes 14 indicadores fisicoquímicos y microbiológicos: Fluoruros, Coliformes Fecales, Nitrógeno de Nitratos, Arsénico Total, Cadmio Total, Cromo Total, Mercurio Total, Plomo Total, Alcalinidad, Conductividad eléctrica, Dureza, Sólidos Disueltos Totales, Manganeso Total y Hierro Total. El 39.0% de los sitios cumplieron con los límites aceptables de calidad del agua para los 14 parámetros analizados, el 16.3% de los sitios presentaron incumplimiento en uno o varios de los siguientes parámetros: Alcalinidad, Conductividad eléctrica, Dureza, Sólidos Disueltos Totales, Manganeso Total y Hierro Total, el 44.7% de los sitios se catalogaron con color rojo presentando incumplimiento en uno o varios de los siguientes parámetros: Fluoruros, Coliformes Fecales, Nitrógeno de Nitratos, Arsénico Total, Cadmio Total, Cromo Total, Mercurio Total y Plomo Total (CONAGUA, 2020d).

Algo de resaltar, sobre todo en un país donde la actividad agrícola tiene una extensión y presencia importante en todos los Estados y donde la mayor cantidad de agua es destinada a la misma es que, al menos en esta red de monitoreo nacional no se evalúan los residuos de plaguicidas en agua, siendo estos uno de los insumos más comunes, de mayor uso y extensión, además de tener diversos efectos sobre la salud humana.

### III. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

#### 6. Monitoreo comunitario participativo

El monitoreo comunitario participativo (MCP) se ha propuesto como una estrategia para integrar a los actores involucrados en la toma de acciones (monitoreo) sobre problemas que les afectan y conciernen. El MCP de agua en México se ha desarrollado principalmente en función de las siguientes cuatro etapas (Shirk *et al.*, 2012; Burgos *et al.*, 2013; Rincón-Ruiz *et al.*, 2014; en Perevochtchikova *et al.*, 2016):

- 1) Problema: Determinación del problema y de la estructura del monitoreo apropiado.
- 2) Monitoreo: Capacitación y realización del monitoreo comunitario participativo.
- 3) Datos: Recopilación y comunicación de datos obtenidos; formación y acceso de base de datos.
- 4) Conocimiento: Análisis de la información obtenida y desarrollo de acciones para la atención del problema (educación, gestión local, apoyo gubernamental, acciones aplicadas).

En todas estas investigaciones reconocen la importancia de involucrar a las comunidades en la generación de conocimiento sobre calidad de agua que aporten a la toma de decisiones locales. Aunado a ello, se distingue como una herramienta para la educación y sensibilización ambiental. Algunos de los desafíos que se han enfrentado en las experiencias de MCP de agua en México son: el compromiso de los participantes con el monitoreo, la fiabilidad de los datos puesto que la población no son expertos técnicos, aunado a la precisión de los métodos utilizados. Por ello la relevancia de realizar un diagnóstico hídrico previo al establecimiento de un MCP que brinde información sobre la situación actual hídrica en la dimensión física, social y política del agua en la comunidad, así como la percepción de la población local sobre las problemáticas y la construcción de propuestas que aporten a la resolución de las mismas entre las que podría ser pertinente el MCP.



## **7. Bases teórico-conceptuales para un abordaje integral de la problemática del agua.**

De acuerdo con Kloster (2016) *“lo que está en juego en la lucha por el agua tiene que ver, cada vez más, con las políticas de distribución y de uso del recurso, que amenazan con una restricción de su suministro y su viabilidad a futuro, más que con su disponibilidad natural... No es la falta de agua por sí misma lo que genera conflictos, sino la manera en que se gobierna la escasez (escasez social o construcción social de la escasez) y la indefensión en que se coloca la ciudadanía ante la falta de previsión de riesgos. Por tanto, los problemas relacionados con el agua no se corresponden con la problemática de falta de agua, sino con una política de gestión y distribución que pone en riesgo a la ciudadanía”*. En su libro *“los conflictos por el agua en México, 1990-2010”* señala respecto a las luchas sociales por el agua que no es la falta de agua en sí misma lo que genera dichas luchas, sino la amenaza de restricción (pp 80) que tiene que ver con el uso político del recurso, donde se amenaza con quitar el agua a unos para favorecer a otros; trasvases de agua de presas y agua otorgada a los distritos de riego en el campo, que amenazan el acceso al agua de los habitantes y productores que viven y producen con esos caudales. Aunado a ello, los problemas de degradación y/o contaminación del agua y en general la contaminación ambiental’.

De acuerdo con esta perspectiva planteada por Kloster (2016), dado que las problemáticas del agua se han reconocido cada vez más como algo que sucede en la dimensión socio-política, consideramos que, además de ser evidente la necesidad de incluirla en los estudios sobre agua, la identificación de las problemáticas, necesidades y estrategias de abordaje deben surgir en gran medida desde los actores locales, quienes los viven, experimentan y resisten en primera instancia. Por ello hemos tomado elementos de la Ecología política para el presente trabajo, desde el ciclo y metabolismo hidrosocial, las epistemologías del sur propuestas por De Sousa Santos, (2018), así

como el ciclo integral del agua, este último se enfoca en aspectos biofísicos del ciclo hidrológico que si bien no califica dentro del enfoque de la ecología política complementa a los anteriores y brinda la perspectiva del ciclo hidrológico integral en el medio urbano. A continuación, se describe brevemente cada uno de estos enfoques.

### ***7.1 Ciclo integral del agua***

El concepto ciclo integral del agua comprende desde la captación del agua de las diferentes fuentes de origen hasta su servicio a la población para que pueda ser usada y, posteriormente, su devolución al medio natural. A continuación, se presenta una breve descripción de las fases y procesos que contempla el ciclo integral del agua en un medio urbano (Sáez-Benito, 2011 en Arahuetes Hidalgo, 2017):

- Captación: Punto de partida del sistema de abastecimiento donde se obtiene el agua de las diferentes fuentes comentadas anteriormente.
- Potabilización: Adecuación del agua captada mediante una serie de tratamientos para el consumo humano.
- Red de abastecimiento: Red que conecta con la ciudad desde los depósitos donde se almacena el agua. El sistema de conexión puede ser por gravedad o bombeo.
- Red de distribución: Conjunto de tuberías con diferentes configuraciones y tamaños, que se encargan de distribuir el agua dentro de la ciudad.
- Red de saneamiento: Conjunto de colectores que recogen las aguas residuales generadas en las viviendas y las aguas pluviales, y las conducen desde la ciudad a la depuradora. Si la red mezcla las aguas residuales y las pluviales se hablará de una red unitaria, y si por el

contrario consta de una doble línea en la que por un lado se recogen las aguas pluviales y por otro las residuales entonces será una red separativa.

- Depuración: Planta de tratamiento de aguas residuales que se encarga de alcanzar los parámetros exigidos para la posterior reutilización o vertido al medio.
- Red de reutilización: Conjunto de colectores que distribuyen las aguas una vez depuradas para su posterior reutilización.

## ***7.2 Ciclo hidrosocial***

Los seres humanos “socializan la naturaleza”: se apropian, producen, circulan, transforman, consumen y excretan productos y materias primas, provenientes de la naturaleza a través de un proceso conocido como metabolismo urbano.

El tema del agua se ha convertido en un tema de importancia y de debate central en escalas internacionales y locales. Las investigaciones y el interés por conocer diversos aspectos de la misma han crecido en los últimos años, dando lugar a la formación de nuevos abordajes/enfoques de investigación. Se ha hecho hincapié sobre la importancia de considerar y reconocer el papel de los aspectos sociales y políticos que determinan el curso del agua. De acuerdo con Swyngedouw, (2006) (uno de los autores más citados en relación al ciclo hidrosocial del agua) se debe partir de considerar la circulación del agua como un proceso físico y social hibridado, que fusiona de manera inseparable la naturaleza y la sociedad.

Las perspectivas político-ecológicas ponen de relieve las relaciones de poder económico y político a través de las cuales se organiza el acceso, el control y la distribución del agua. Las decisiones sobre quiénes y en qué cantidad los usuarios tienen acceso al agua es un proceso político y por tanto debe ser analizado como tal.

Al respecto, diversos autores han remarcado la necesidad de la incorporación de nuevas perspectivas teóricas y metodológicas para analizar los flujos de agua urbanos. Arahuetes *et al.*, (2016) menciona que para describir apropiadamente el ciclo de una ciudad se requiere comprender los procesos metabólicos dominantes, la cuantificación y dirección de los flujos hídricos, los actores implicados en la gobernanza del agua y la influencia que ejercen sobre el conjunto. Es a partir de estas necesidades y en la búsqueda de una mejor representación y descripción del agua en el medio que nace un nuevo concepto y enfoque de estudio del agua; el ciclo hidrosocial, el cual busca la comprensión de la dinámica de este vital líquido desde la complejidad, distribución y usos del agua (Larsimont y Grosso, 2014).

Mientras que el *ciclo hidrológico* es la circulación natural del agua en el ambiente físico (atmósfera, superficie, subsuelo, biomasa) siendo un proceso que ocurre sin que el ser humano esté involucrado, en el *ciclo hidrosocial* se pasa de considerar el agua como un simple recurso natural a darle un valor como ‘naturaleza social’, al ir más allá de su dimensión biofísica y explorar las formas de apropiación, distribución y usos del agua donde se contempla una compleja red de tuberías, ley de aguas, normas de calidad, mangueras de jardín, consumidores, fugas de la llave, así como lluvia, evaporación, escurrimiento, etc.

Este enfoque parte de la premisa de que los ambientes hídricos son construcciones socio-físicas producidas activa e históricamente en función tanto del contenido social como de las cualidades físico-ambientales y donde los procesos de cambio socio-ambiental nunca son social o ecológicamente neutrales, debido a que se crean cambios que pueden resultar favorables para un grupo de personas pero que a su vez conduce a un deterioro de las condiciones sociales y físicas para otro grupo en otro lugar. De modo que este enfoque revela los conflictos inevitables que implica el cambio socio-ambiental, al examinar cómo estas transformaciones hidro-sociales están

incrustadas en, e impregnadas por, las luchas de clase, de género, étnicas y otras luchas de poder (Swyngedouw, 2006). Al respecto el mismo autor menciona que el acceso inequitativo al agua es el resultado de la interacción entre las condiciones geográficas, las decisiones técnicas y las disposiciones político-legales y por tanto debe entenderse cada vez más desde dicha complejidad (Swyngedouw, 2017).

Es a partir de la apropiación del agua que se crea un espacio hidrosocial, a partir del proceso de apropiación, usufructo y transformación del agua que lleva a cabo la sociedad en diferentes momentos históricos en los que deja su respectiva estructura espacial. Por ello es necesario el estudio del recorrido y flujos del agua entendiendo éste como un sistema hídrico donde los factores naturales y sociales se entrelazan dentro de la interacción tiempo-espacio de los mismos.

Este abordaje incorpora nuevas perspectivas que además de cuestionar ¿cuánta agua tenemos?, ¿para qué se utiliza y cuál es su calidad?, cuestiona ¿quiénes tienen acceso a este recurso?, ¿quién tiene control sobre la misma?, ¿cómo se incrusta la circulación del agua urbana en las relaciones de poder?, ¿cómo influyen los flujos de agua en los procesos de urbanización?, y ¿cómo éstos son influidos por la urbanización?

Aunado a lo anterior, mediante el concepto de ciclo hidrosocial se busca entender cómo las intervenciones sociales con sus diferentes posiciones y pesos de poder condicionan la dirección de los flujos de agua hacia ciertos grupos sociales y no a otros, cómo el agua es manipulada por los actores sociales e instituciones a través de obras hidráulicas, marcos legales, institucionales, prácticas culturales y significados simbólicos (Budds, 2012).

Por tanto, en este trabajo se busca abordar el tema desde la configuración hidrosocial del espacio, enfoque que permite identificar cómo interactúan los actores para lograr la apropiación

del agua y analizar las relaciones de poder establecidas entre los principales usuarios y los funcionarios públicos. Algunas de las preguntas que surgen y guían este enfoque son:

¿Cómo se define y quién define quién tiene derecho a qué calidad, qué tipo y qué volúmenes de agua?, ¿Quién controla, gestiona y decide la organización del ciclo hídrico en el medio rural-urbano?

A su vez, este enfoque permite documentar los procesos de desigualdad entre los actores por el acceso, usos y control de los recursos hídricos en disputa. Dar cuenta de que las relaciones entre la sociedad y los recursos hídricos son siempre influidas por relaciones de poder, no son neutrales o únicamente técnicos (Budds, 2012), partir de la perspectiva de que las problemáticas y disputas trascienden la dimensión meramente física del recurso y por ello las líneas de estudio, abordaje y acción (intervención) de las mismas deben contemplar la dimensión socio-político-cultural.

### ***7.3 Epistemologías del sur***

Las epistemologías del sur son una contrapropuesta a las epistemologías del Norte las cuales se han centrado en la validez única y privilegiada de la ciencia moderna, la ciencia basada en la observación sistemática y experimentación controlada. Es una creación específica de la modernidad céntrica occidental, dado que el rigor y potencial instrumental de la ciencia es radicalmente diferente de otros saberes (laicos, populares, prácticos, intuitivos, religiosos, etc.) y de todas aquellas ciencias que se originaron en otras regiones del mundo. Es decir que desde las epistemologías del Norte la única verdad y conocimiento válido es el dictado desde la ciencia moderna. Por su parte, en las epistemologías del sur se parte del reconocimiento de que la comprensión del mundo supera, y va más allá que la comprensión occidental del mundo; reconoce que la experiencia cognitiva del mundo es extremadamente diversa y la prioridad absoluta dada a

la ciencia moderna ha provocado un epistemicidio masivo (la destrucción de saberes rivales considerados como no científicos), que ahora exige ser reparado. Por tanto, considera que es una tarea crucial identificar y discutir la validez de los conocimientos y los saberes que no son reconocidos como tales por las epistemologías dominantes. Las principales herramientas en que se basan las Epistemologías del Sur son la ecología de saberes y la traducción intercultural, que permiten articulaciones más amplias y profundas entre las luchas que combinan las diversas dimensiones o tipos de dominación de diferentes maneras.

La ecología de saberes se opone a la lógica de la monocultura del conocimiento y del rigor científico, e identifica otros saberes y criterios de rigor y validez que operan de forma creíble en prácticas sociales que la razón metonímica declara no existentes. El objetivo de la ecología de saberes es crear un nuevo tipo de relación, una relación pragmática, entre el conocimiento científico y otros tipos de conocimiento. Consiste en asegurar la “igualdad de oportunidades” a los distintos tipos de conocimiento que intervienen en las cada vez más amplias discusiones epistemológicas, con la idea de maximizar sus respectivas aportaciones a la construcción de “otro mundo posible”.

Lo primero es el reconocimiento de la incompletitud de todos los conocimientos. Todos los conocimientos tienen límites internos y externos. Los internos se refieren a las restricciones que son consecuencia de lo que todavía no se sabe, pero al final, por un determinado tipo de conocimiento, se puede saber. Los límites externos se refieren a lo que no se sabe ni se puede saber mediante un determinado tipo de conocimiento. Desde el punto de vista de la ecología de saberes, los límites externos implican reconocer intervenciones alternativas que sólo son posibles con otros tipos de conocimiento.

La cuestión no es borrar las diferencias entre el Norte y el Sur, sino borrar las jerarquías de poder que los habitan. Las Epistemologías del Sur, por tanto, afirman y valoran las diferencias que quedan después de que las jerarquías han sido eliminadas pues no es posible promover la justicia social sin promover la justicia entre las diversas formas de conocimiento. Esto implica reconocer la co-presencia de diferentes saberes y la necesidad de estudiar las afinidades, divergencias, complementariedades y contradicciones entre ellos para maximizar la efectividad de las luchas de resistencia contra la opresión. La ecología de saberes tiene que ser complementada con la traducción intercultural e interpolítica. La traducción no como un ejercicio intelectual, sino como una herramienta que, bajo la premisa de reconocer las diferencias, se enfoca en promover el suficiente consenso básico para permitir que tanto luchas como riesgos sean compartidos. La traducción interpolítica específicamente pretende realzar la inteligibilidad recíproca sin disolver la identidad, por lo tanto, ayuda a identificar complementariedades y contradicciones, puntos en común y visiones alternativas. Es posible distinguir varias clases de traducción intercultural, tanto respecto a los procesos de traducción como a los tipos de saberes o culturas que componen los objetos de traducción. Dos tipos de traducción: Difusa y didáctica. La difusa es aquella que ocurre de una manera informal en grupos de lucha. La didáctica combina lo individual (no individualista) y lo colectivo y se da cuando se elige un individuo o líder que hace la traducción para fortalecer la lucha (De Sousa Santos, 2018).

## **8. Concepto y propuesta de un diagnóstico integral de bienes hídricos.**

Existen distintas propuestas metodológicas de abordaje del estudio y gestión del agua desde distintas disciplinas y grupos de trabajo. Lo siguiente es el esfuerzo de plasmar, integrar y aterrizar las ideas centrales antes descritas desde la perspectiva de las epistemologías del sur, el ciclo hidrosocial y el ciclo integral del agua, al estudio del agua en una comunidad o sitio determinado.



En la figura 3 se muestra la propuesta para un diagnóstico integral de recursos/bienes hídricos en una comunidad-localidad-sitio determinado. Partiendo de la parte externa del diagrama tenemos la caracterización de la comunidad, en el siguiente nivel está la dimensión hídrica, y al centro del diagrama se ubica el diagnóstico de bienes hídricos.

De modo que la dimensión hídrica y por tanto el diagnóstico de bienes hídricos se encuentra inmerso/influenciado/ligado por y con los componentes del nivel anterior (la caracterización de la comunidad). En este sentido, proponemos lo siguiente; dado que la dimensión hídrica está determinada por los aspectos sociales, Económicos, Culturales y Geo-bio-físicos de una comunidad y/o sitio, un diagnóstico debe partir desde este nivel y contemplar el contexto, en donde se conozcan los aspectos generales de la comunidad, que nos faciliten y abonen a entender mejor los componentes y relaciones en el siguiente nivel: la dimensión hídrica. Es en esta dimensión donde se enmarca el diagnóstico de bienes hídricos para el cual se proponen los siguientes componentes no como los únicos, sino como punto de partida para conocer y reconocer la situación del agua en un sitio determinado desde la complejidad que le concierne.

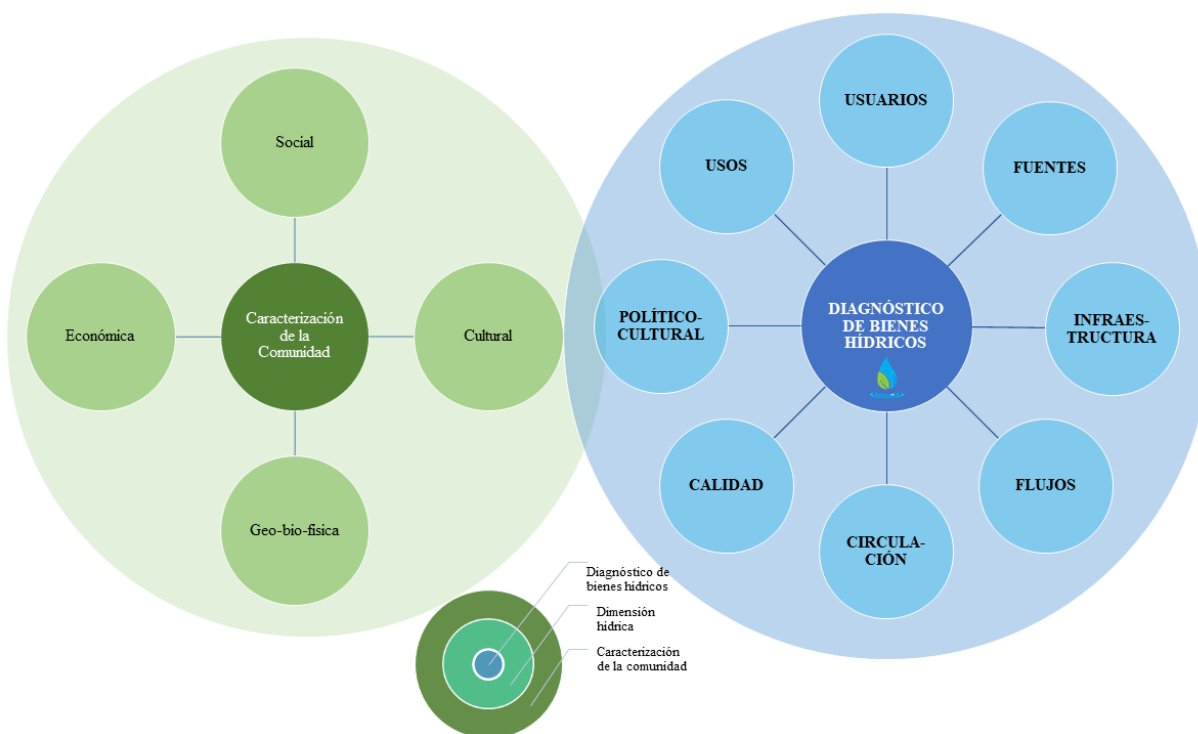
### ***8.1 Componentes del diagnóstico de bienes hídricos***

El componente ***Socio-Político-cultural*** se vuelve indispensable cuando nos preguntamos sobre las relaciones de poder que rigen/dirigen/mandan/organizan/ el uso del agua al interior de las comunidades; conocer quiénes, con base en qué información, para quién y cómo se toman las decisiones de distribución y uso del agua en un territorio determinado. Este componente puede ser un reflejo de la gestión institucional (oficial), a través de organigramas y esquemas institucionales que representan una jerarquía de poder y por tanto de toma de decisiones sobre la distribución de

los recursos hídricos. En este componente se contemplan los datos institucionales, oficiales de las distintas dependencias de gobierno tales como CONAGUA (REPDA, SINA, CONABIO).

### Figura 3.

*Componentes para un diagnóstico integral de bienes hídricos.*



Respecto a la parte cultural, hace referencia a cuestiones de religión y creencias, roles de género, usos y costumbres de la comunidad, entre otros. Los rasgos culturales de una comunidad son parte de aquellas características que definen y dan peso al sentido de identidad, son aquellas tradiciones, comidas, festividades que se han construido, cambiado y nutrido a través del tiempo. Más allá de enunciar eventos aislados, deben ser reconocidos desde el estudio de la memoria dando cuenta de las narrativas, cómo estas producen sentido a la vida de las personas y las colectividades, de modo que no tiene tanta relevancia la exactitud de los relatos de estos objetos de memoria si no el significado, relevancia y papel que poseen para los habitantes. En palabras de Tapia-Santamaría,

(1989) *“Las fiestas de los purépechas constituyen uno de los focos actuales de expresión realista y simbólica de sus condiciones sociales de vida, de los conflictos que los dividen y de la confrontación política en la que se debaten sus actores sociales”*.

Entre los rasgos culturales se encuentra la música; conocer la música de un sitio es una de las ventanas para conocer el pasado y presente de una comunidad. Si bien una tradición debe cambiar para existir, es importante reconocer los cambios musicales (estructura musical, instrumentos, formación de las bandas, etcétera) que vienen acompañados de cambios sociales en la población indígena como la discriminación generacional y el individualismo y a través de los cuales se reflejan las relaciones de poder que existen en el mundo de la música y que a su vez son reflejo de relaciones de poder de otras escalas y ámbitos (Zárate, 2014).

De modo que son las creencias, devociones, festividades y en general este lenguaje religioso que expresa los intereses de las comunidades locales y en torno a las cuales se determina y genera en gran medida la organización de los habitantes y la dinámica social de la comunidad, por ello la importancia de reconocer estos rasgos culturales y sociales.

En algunas comunidades el agua más allá de ser un recurso ‘vital’ tiene una connotación como un ente, conlleva una carga cultural, que le confiere al bien una visión en ocasiones holística sobre el mismo y cuyas tradiciones giran en torno a ello y lo cual abona a la construcción social-colectiva de una visión de los pobladores en este caso sobre el agua. Algunos elementos a tomar en cuenta en este componente son las fiestas, patronos, religión, tradiciones, ritos y mitos.

Resulta importante conocer los principales *usos y usuarios* del agua al interior de la comunidad y en comunidades circundantes más allá de los datos oficiales brindados por las instituciones de gobierno. Desde este componente se propone identificar a partir de la voz, experiencia y vivencia de los distintos actores claves de la comunidad las principales actividades

a las que se destina el agua en función tanto de volumen utilizado como de la importancia que tienen para ellos en ese contexto; A pesar de que este componente resulte obvio/evidente desde una clasificación institucional (oficial) de estos usos, resulta pertinente especialmente en un diagnóstico percatarse de los usos identificados por los actores locales, reflejados en la importancia que estos tienen en su día a día. En este componente se puede ahondar tanto como sea posible en las diferentes escalas: proponemos que al menos se debería llevar a cabo a escala comunidad, es decir, identificar los usos a nivel comunidad que van muy de la mano con los usuarios, y a escala intradomiciliaria; no obstante hablar de los usuarios a la escala intradomiciliaria suene disparatado o con poco sentido, la identificación de los actores clave que están al tanto de la situación del agua al interior del hogar nos permite ahondar sobre las actividades en las que se emplea mayor cantidad de agua, la priorización de ciertas actividades sobre otras e identificar las problemáticas en la escala inmediata de los habitantes: la casa.

Uno de los aspectos más criticados sobre la manera en que se ha estudiado el agua es la limitada visión y el enfoque primordial en el componente físico, acotado al ciclo hidrológico, si bien es evidente lo fundamental de su estudio, es importante resaltar que bajo un enfoque de socio-ecosistemas, es el ser humano el que reconfigura este orden de los recursos a partir de una serie de intereses socio-políticos y económicos, de modo que la *infraestructura* más allá de ser un medio físico a través del cual se distribuye el recurso es una expresión de la configuración socio-política en las que se expresa los intereses, prioridades, crecimiento y expansión urbana. Por ello entender esta configuración ‘física’ nos brinda información también sobre los intereses y decisiones políticas que se ejercen sobre el sitio y que comúnmente favorecen más a una parte de la población.

Se encuentra estrechamente ligado a este, los componentes flujo y circulación. La *circulación* hace referencia al movimiento del agua a través de la infraestructura presente. Esta

parte contempla tanto la infraestructura evidente: del sistema de distribución de agua potable a nivel comunitario (depósitos de almacenamiento, cárcamos, tuberías, válvulas, bombas, etc.) como aquella al interior del hogar y aquella no oficial, que ante situaciones de escasez toma una gran importancia (pipas, mangueras no oficiales, botes, tambos, etc.).

Conforme al componente *flujos* nos referimos al volumen de agua, el objetivo de este componente es obtener un estimado del volumen de agua que se extrae desde las fuentes hídricas que abastecen a determinado sitio de estudio, el volumen que se distribuye, pérdidas por fugas, etc. Conocer este volumen tiene relevancia desde el origen de la fuente (superficial/subterránea), el uso que se le da y el agua residuo o producto después de ser utilizada en el uso principal; por un lado, esto se puede conocer mediante datos oficiales que en el caso de México está a cargo de CONAGUA a través del REPDA; Sin embargo, es importante contemplar los flujos que no se ven reflejados en estos datos oficiales, pues persiste un subregistro considerable de extracción de agua en México.

El componente *fuentes* hace referencia a las fuentes de agua que abastecen al sitio de estudio; entre las formas de acceder a esta información está la de los organismos operadores de agua potable, los datos oficiales a través del REPDA que muestran los permisos de extracción otorgados, las charlas informales con los habitantes del lugar, entrevistas con los principales actores de la comunidad, etc.

Una de las fuentes de agua que normalmente no se abordan, que históricamente han representado una estrategia para el abastecimiento de agua en zonas rurales y actualmente se está popularizando y planteando como una fuente alternativa en las zonas urbanas es el agua de lluvia. Entre las tecnologías hidráulicas para la captación y almacenamiento de agua de lluvia

ampliamente utilizada se encuentran los jagüeyes u ollas de agua, cuyo mayor uso actualmente se encuentra relacionado con la agricultura.

Por último, en cuanto al componente *calidad* consideramos que los análisis a realizar deben ser contextuales a la comunidad, tomando en cuenta las principales actividades de la región, y posibles fuentes de contaminación del agua. Si bien el primer paso es partir de una caracterización fisicoquímica del agua, complementar con el estudio de otros contaminantes nos amplía el panorama sobre los riesgos que enfrenta la población y los ecosistemas. Las sustancias contaminantes prioritarias se pueden clasificar en compuestos orgánicos no polares (algunos plaguicidas, compuestos industriales como los PAHs), compuestos orgánicos polares (algunos plaguicidas y farmacéuticos) y metales pesados (Cd, Hg, Ni, Pb). La información generada a partir de estos estudios comúnmente se maneja en un lenguaje con términos científicos, poco comunes y de difícil manejo para la mayoría de la población, es de destacar que la traducción y accesibilidad de estos datos es clave, pues es donde culmina el esfuerzo de este componente y donde posiblemente se comience a mostrar interés en los problemas, amenazas y riesgos de contaminación y a partir de lo cual se generen estrategias y vías de acción. Por ello, si los datos generados se quedan únicamente como cifras o datos, la población que tendrá acceso (en términos intelectuales) se limita a una reducida parte, y si la intención es generar información que sustente y evidencie la necesidad de un cambio, lo más lógico sería poner disponible esa información para toda la población y en términos mínimos para los tomadores de decisiones (funcionarios, ejidatarios, comuneros, etc.). Este aspecto es abordado por De Sousa Santos, (2018), en su contrapropuesta de epistemologías del sur donde menciona la necesidad de una traducción intercultural e interpolítica, como herramienta que promueva el suficiente consenso para permitir que la información sea compartida y por tanto los problemas, dimensiones y luchas sean

comprendidas y puedan ser abordadas desde el mismo poder de entendimiento sobre la situación, donde las jerarquías del conocimiento no sean una limitante.

Una parte importante de este trabajo fue el esfuerzo por describir los usos del agua al interior del hogar, por lo que resulta pertinente describir lo que consideramos el agua a nivel intradomiciliaria.

### **Agua intradomiciliaria.**

La Organización Mundial de la Salud define el agua doméstica como aquella utilizada para todos los propósitos domésticos incluyendo el consumo, higiene personal y la preparación de alimentos (OMS., 2011). Subdividir los usos domésticos es de utilidad para entender la cantidad mínima requerida a nivel doméstico y por tanto para entender las opciones de manejo de la misma. White *et al.*, (1972) y Thompson *et al.*, (2001) (en WHO, 2003) sugieren la definición de 4 tipos de uso de agua en la escala doméstica: Consumo (Beber y cocinar), Higiene (personal y limpieza del hogar), *Amenity use* (lavar el carro, regar el jardín) y, por último, uso productivo, esta última propuesta por Thompson cobra especial relevancia en países en desarrollo, dado que contempla agua para el ganado, construcción y horticultura a pequeña escala. Consumo e higiene tienen consecuencias directas para la salud en relación con las necesidades fisiológicas y el control de enfermedades infecciosas y no infecciosas relacionadas con el uso del agua. Las actividades categorizadas en '*amenity*' no afectan directamente la salud. Por otro lado, el uso productivo puede ser de carácter crítico entre los hogares cuyo sustento depende de ello y por tanto tienen una influencia indirecta considerable sobre la salud humana.

Con el fin de ampliar la perspectiva sobre lo que implica disponer de agua a nivel doméstico, en este trabajo se optó por utilizar el concepto de 'agua intradomiciliaria' para hacer

referencia al agua potable empleada a escala doméstica, contemplando desde las fuentes, los depósitos, cárcamos, aljibes que hacen posible su disponibilidad a dicha escala.



## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 9. Área de estudio: Tingambato

Tingambato deriva de tinganio, que en lengua purépecha significa “lugar donde termina el fuego”; haciendo alusión a las condiciones geográficas del lugar, ya que se encuentra en la transición de los climas cálidos de la Depresión del Balsas y los templados, así como semifríos del eje Neovolcánico transversal. De modo que Tingambato significa lugar donde termina el frío e inicia el calor.

#### 9.1 Aspectos geo-bio-físicos

El municipio de Tingambato se localiza al noreste de Michoacán, entre los paralelos 19°25' y 19°36' de latitud norte y los meridianos 101°46' y 101°57' de longitud oeste en un rango altitudinal de entre 1600 y 3000 m. Limita al norte con Nahuatzen, al este con Erongarícuaro y Pátzcuaro, al sur con Santa Clara y Ziracuaretiro y al oeste con Uruapan (Figura 4). Su superficie es de 187.50 Km<sup>2</sup>, la altitud en la cabecera municipal del mismo nombre es de 1,820 msnm (INEGI, 2009).

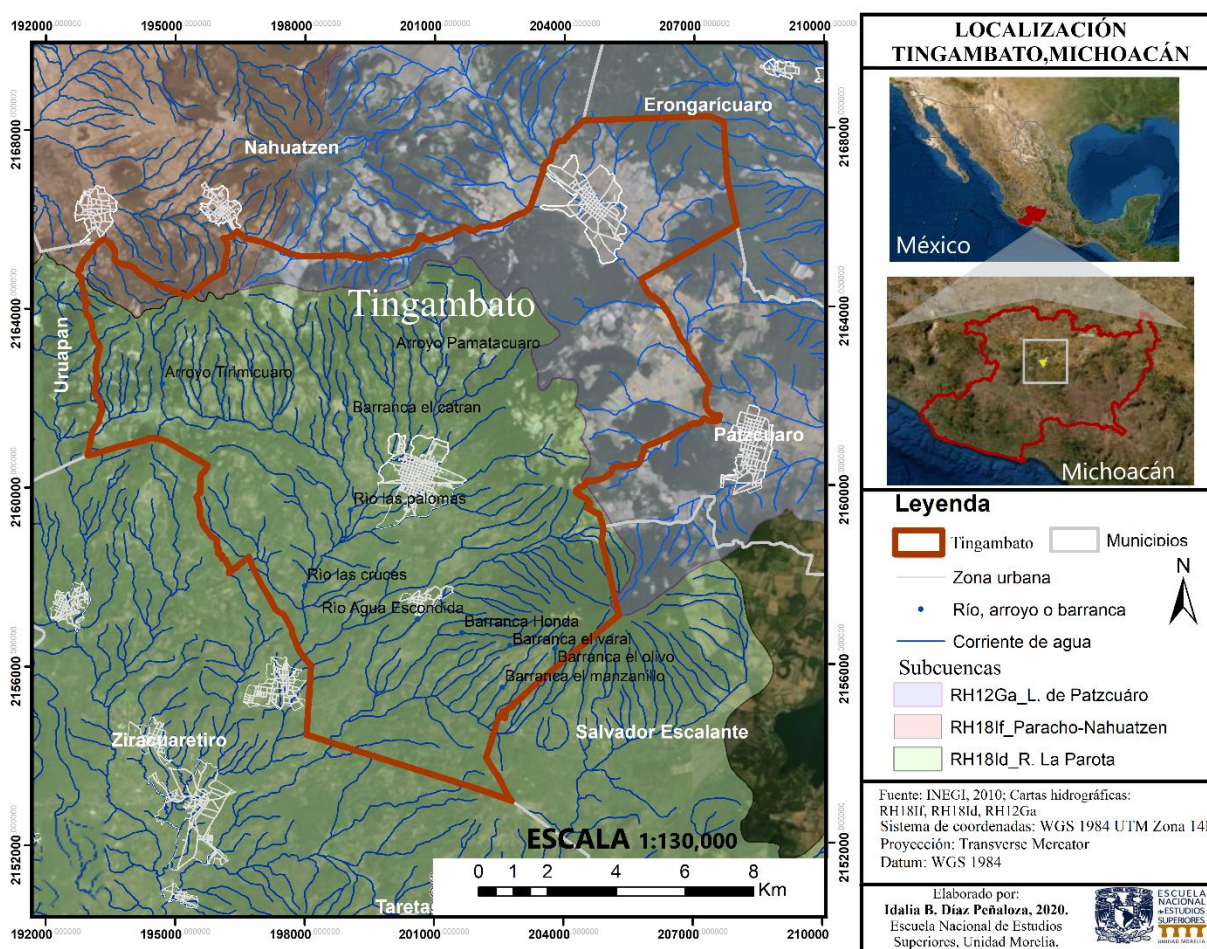
De acuerdo con Villanueva, (1993) en el municipio hay un clima Cbw (templado, subhúmedo con lluvias en verano). Tiene una precipitación pluvial anual de 1,100 milímetros y temperaturas que oscilan entre los 8 y los 37 ° centígrados.

Los principales ecosistemas están constituidos por bosque mixto de encino, pino, cedro y aile; y el bosque de coníferas con pino, oyamel y junípero. El municipio cuenta con un área natural protegida bajo la categoría área voluntaria para la conservación situada en el cerro del Comburinda, la cual tiene una superficie de 983.103 ha. Su vegetación está conformada principalmente por Bosque Mesófilo de Montaña, Bosques de Pino-Encino, cultivo de aguacate y cultivo de granos

básicos. Dentro del área se han encontrado cinco especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010: tres sujetas a protección especial: *Callitropsis lusitanica*, *Phymosia rosea*, *Monotropa hypopitys* y dos en estatus de amenazadas: *Hisbiscus spiralis* y *Rhynchostele cervantesii* (ésta última endémica) (Sales, 2017).

#### Figura 4

Ubicación de Tingambato, hidrografía y subcuencas a las que pertenece.



Respecto a la hidrografía, pertenece a la región hidrológica RH18 del Balsas (76.34%) y RH12 Lerma-Santiago (23.65%). A las cuencas R. Tepalcatepec-Infiernillo (76.34%) y L. de Patzcuaro-Cuitzeo y L. de Yuriria (23.66%). Subcuencas R. La Parota (73.32%) RH18Id, L. de Cuitzeo (23.66%) RH12Gb y Paracho-Nahuatzen RH12If (3.02%). Su hidrografía está constituida por los arroyos, Barranca del Molino, Barranca del Comay y Agua Escondida. Además, cuenta

con numerosos manantiales de agua fría. Corrientes de agua: Perennes: Caninzio Intermitentes: Agua Escondida, El Tejocote y Capixo (INEGI, 2010).

## ***9.2 Rasgos demográficos, sociales y culturales***

El municipio de Tingambato tiene una población de 16,325 habitantes (51.4% mujeres y 48.6% hombres), la mayor parte se encuentra en la cabecera municipal de Tingambato (9,456 habitantes), representando casi un 60% del total de la población total. (INEGI, 2020).

Además de la cabecera municipal, hay 2 localidades principales de las 16 que conforman al municipio de Tingambato. La primera es la comunidad indígena de San Francisco Pichátaro, con 5,696 habitantes, representando un 35% de la población del municipio, localizada a 13 km de la cabecera municipal. La segunda localidad es La Escondida con un total de 859 habitantes localizada a 3 km de la cabecera municipal (INEGI, 2020).

De acuerdo con INEGI, (2020) el 97.36% de la población tiene acceso al agua, de los cuales el 72.41% disponen de la misma dentro de la vivienda y el 27.59% fuera de la vivienda, pero dentro del terreno. La población restante (2.64 %) que no tiene acceso al agua potable ni en la vivienda ni dentro del terreno recurre a el acarreo; de los cuales el 39.3% acarrea de una pipa, 35.58% de otra vivienda, 19.53% de un pozo, 5.12% de llave comunitaria y el 0.47% de un río, lago o arroyo (INEGI, 2020).

Drenaje: Hasta el 2019 el 72.95% de los habitantes contaba con drenaje, mientras que el 26.91% no disponían de este y el 0.14 se desconocía. Del porcentaje de población que tenía acceso al drenaje, el 87.76% estaban conectados a la red pública, 11.79% contaban con fosa séptica, 0.42% reportaron alguna barranca como lugar de desalojo y 0.04% algún río o arroyo. Para el 2020 el servicio de drenaje aumentó al 86.1% de la población (INEGI, 2015; INEGI, 2020).

De acuerdo con los datos históricos del REPDA del 2011 al 2016 el total de volumen otorgado en títulos de aprovechamiento de agua aumentó de 7.6 a 10.5 miles de metros cúbicos, dicho aumento se refleja en el aumento de extracción de fuentes categorizadas como ‘pozo profundo’ (INEGI, 2015 en INEGI, 2017).

Conforme al informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social del estado de Michoacán al 2015 Tingambato tenía un grado de rezago social medio (CONEVAL, 2015). Al 2015 contaba con un 29% de rezago educativo, 24.1% carencia por acceso a servicios de salud, 13% carencia por material de pisos en la vivienda, 25% carencia por material de techo en la vivienda, 5.7% carencia por acceso al agua entubada en la vivienda, 27% carencia por servicio de drenaje en la vivienda (INEGI, 2015).

En el municipio se cuenta con distintos programas sociales y ambientales. En enero del 2020 se entregaron apoyos del Fondo Ambiental para la Protección y Conservación del manantial Ojo de Agua, por un monto de 150 mil pesos para cercar y plantar árboles nativos, con el objetivo de garantizar la protección del manto acuífero, y en beneficio de más de 4 mil habitantes (Empacadora Comburinda, ejemplo de proyecto social: Silvano Aureoles, 2020).

Respecto a los aspectos culturales, Tingambato fue fundado como pueblo indígena por los españoles a fines del siglo XVI, cuya evangelización estuvo a cargo de los agustinos. El municipio se caracteriza por ser un pueblo con una devoción religiosa basta con diversas festividades y rituales religiosos en todo el año, en torno a los cuáles se desarrolla gran parte de la dinámica social-organizacional de los habitantes.

La cabecera municipal está dividida en cuatro barrios, cada uno con su templo y cuyo nombre hace alusión a un santo: Barrio 1° San Antonio; Barrio 2° San Isidro; Barrio 3° San José; Barrio 4° Virgen de Guadalupe. Aunado a ello, una de las figuras religiosas más populares y con

mayor devoción en el pueblo es el niño Dios; es una figura de tal relevancia que se considera un honor y bendición tenerlo al cuidado. En la comunidad se ha elaborado un listado de las personas interesadas en ser los cargueros del niño Dios, cada año el niño Dios es recibido y adoptado en una casa distinta donde se hacen adaptaciones para que la población pueda visitarlo a lo largo del año. La casa anfitriona se encuentra abierta al público en general para recibir a los visitantes del niño Dios. Los cargueros tienen la responsabilidad de vestir al niño según la ocasión, llevarlo a las festividades y a la parroquia todos los domingos. El origen de este culto fue en 1910, sin embargo, fue en la década de 1920 a 1930 que se consolidó esta tradición en Tingambato.

Otro de los rasgos culturales que caracterizan a la comunidad y que también está relacionado con la religión y la memoria de una comunidad es la música. Una importante parte de la población se dedica a la música o sabe tocar algún instrumento, Tingambato ha sido reconocido por sus bandas de viento que a lo largo del tiempo han ido modificando, adaptando y cambiando su repertorio y estilo musical con una tendencia hacia los grupos comerciales (Flores Mercado, 2009). Es tal la importancia que cuenta con un Centro de Capacitación Musical "Eliseo Cortés" (CECAM) fundado por los propios músicos del lugar.

‘Las bandas de viento tradicionales son espacios donde se recrea la memoria musical en la interacción cotidiana cuando los músicos más viejos cuentan historias y anécdotas de las *bandas de antes*’ (Zárate, 2014).

En la periferia de la cabecera municipal se encuentra la zona Arqueológica conocida como Tinganio, la cual se conforma por un centro ceremonial (constituido por varias estructuras) y un área habitacional. Existe una controversia acerca de la datación y temporalidades de este asentamiento; En el sitio se han identificado tres temporalidades relativas, obtenidas mediante

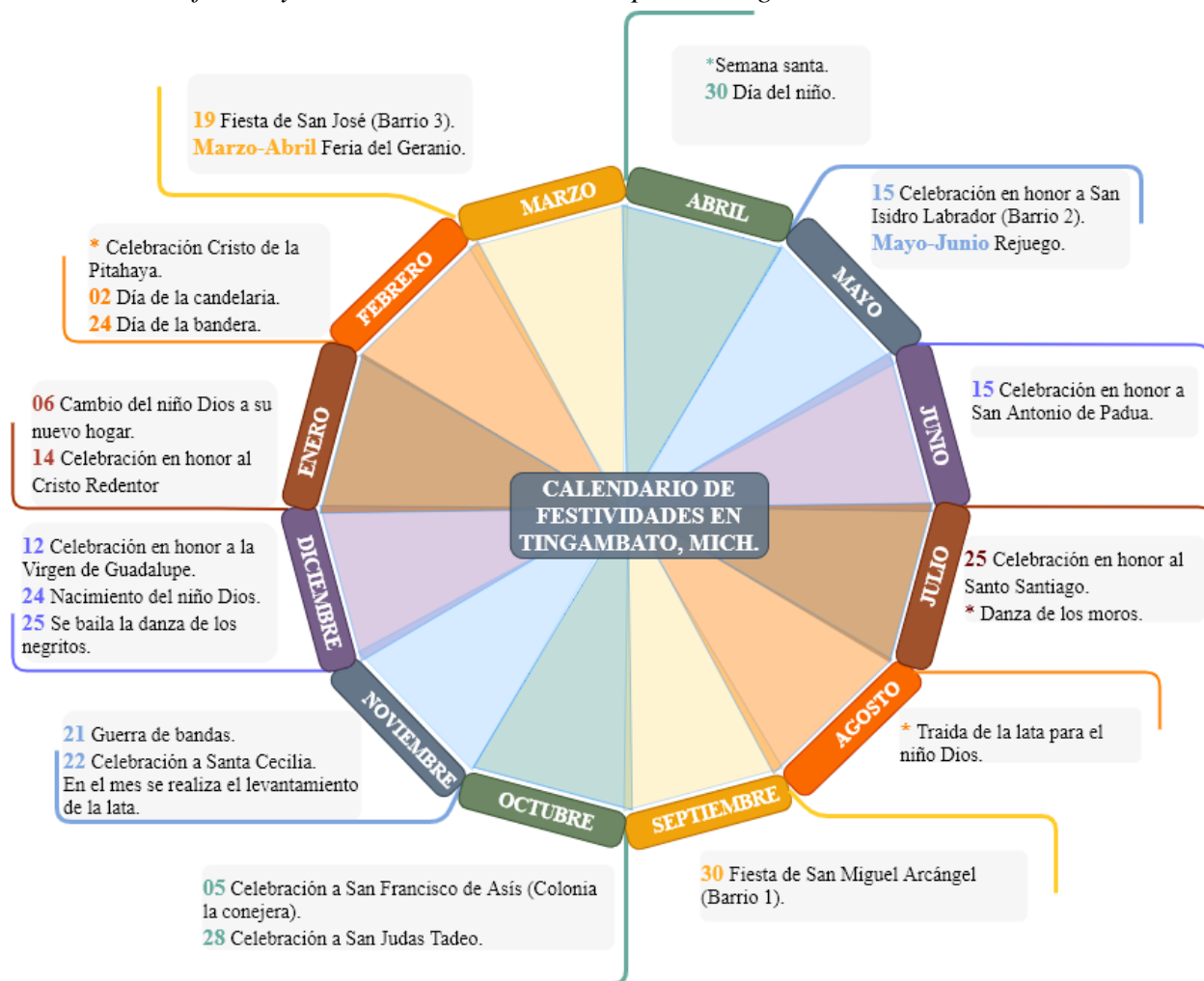
secuencia estratigráfica, arquitectónica y cerámica. Sin embargo, recientemente se lograron realizar los primeros fechamientos absolutos por Carbono-14. Aunque las tres propuestas de fechamiento difieren entre sí, existe un lapso en el que coinciden, que está entre el 500 d.C. y 700 d.C (Rangel Campos, *et al.*, 2016).

Tingambato es un pueblo con rasgos culturales particulares, tradiciones que han permeado a lo largo de los años hasta la actualidad, muestra de ello son las festividades presentes durante todos los meses del año (Figura 5).

Una descripción más detallada sobre aspectos bio-físicos y socio culturales del municipio se presentan en el **anexo D**.

**Figura 5.**

*Calendario de fiestas y celebraciones en el municipio de Tingambato, Michoacán.*



*Nota.* Información recopilada por alumnos del Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental de la UNAM, Campus Morelia, a partir de un taller realizado con alumnos de bachillerato de Tingambato y conversaciones informales con habitantes de Tingambato. Elaboración propia.

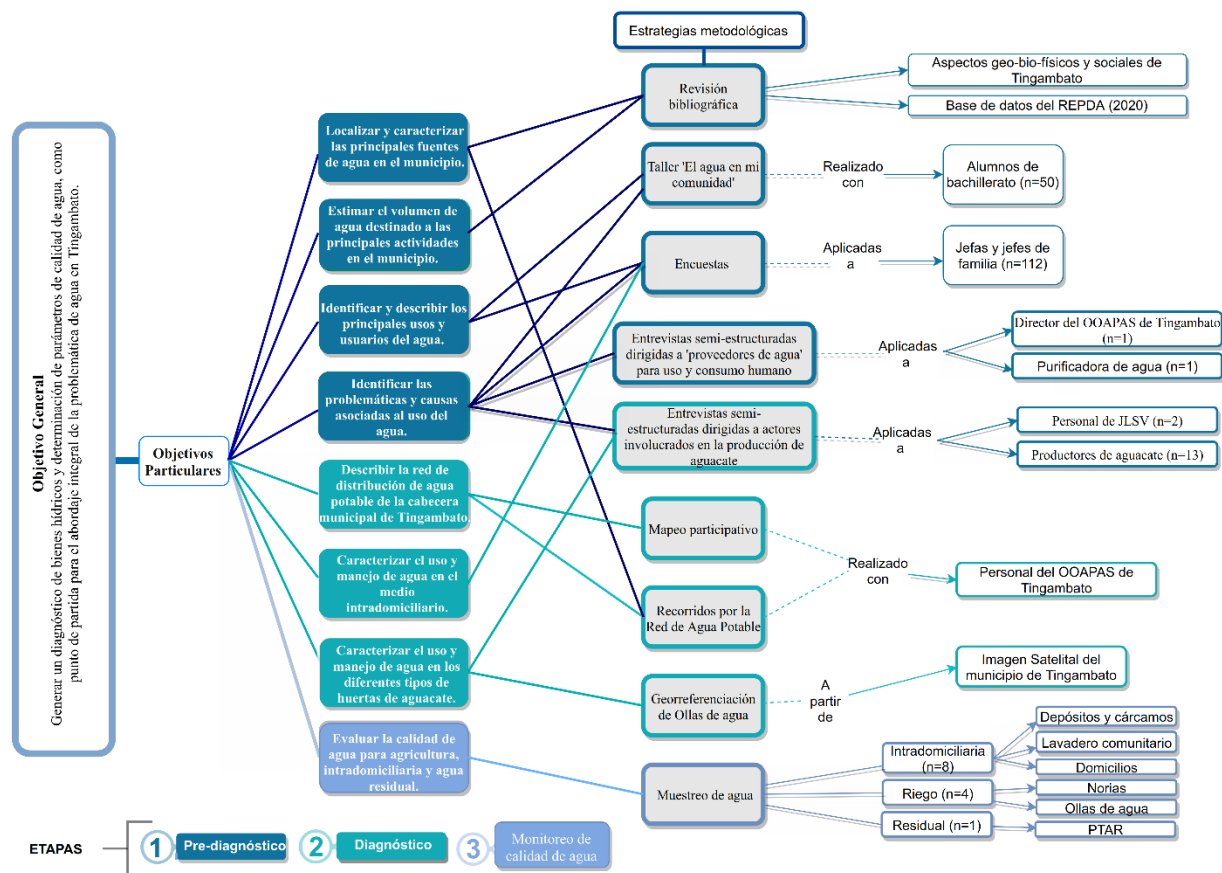
## **10. Metodología**

En este apartado se presentan los métodos y materiales empleados en la presente investigación, divididos en tres etapas: Prediagnóstico, diagnóstico y monitoreo de calidad de agua. Primero se presenta una descripción general de cada etapa, los objetivos y estrategias que abonaron a estas y posteriormente en el apartado 10.3 se realiza una descripción detallada de la aplicación de cada instrumento y/o estrategia metodológica empleada. En la figura 6 se observan las tres etapas de la metodología (Prediagnóstico, Diagnóstico y monitoreo) las cuales se llevaron a cabo en dicho orden. Para cada etapa se plantearon objetivos particulares, mismos que se muestran de un color diferente en función de la etapa a la que corresponden, seguido de ello con línea continua se observan las estrategias metodológicas aplicadas que abonan a cada uno de estos objetivos.



Figura 6

*Objetivos y estrategias metodológicas empleadas.*



*Nota.* Se muestran los objetivos particulares y las estrategias metodológicas que abonaron a estos, en cada una de las etapas desarrolladas en el presente trabajo.

### 10.1 Pre diagnóstico

La primera etapa fue el acercamiento hacia cuestiones hídricas de la comunidad, en esta etapa se buscó tener un panorama general del agua en Tingambato, donde las preguntas guía fueron ¿Cuáles son las principales fuentes de agua de la comunidad?, ¿Quiénes son los principales usuarios del agua? Y con ello ¿Cuáles son los principales usos del agua, en términos de volumen

e importancia social?, ¿Quiénes gestionan el uso de agua en el municipio?, ¿Qué problemáticas identifican los distintos usuarios del agua?

La etapa del Pre diagnóstico consistió en una revisión bibliográfica sobre algunos aspectos económicos, sociales y geo-bio-físicos de la comunidad (estado de la cuestión de la comunidad). El 22 de febrero del 2019 se realizó la presentación del equipo de trabajo, así como de los objetivos preliminares del proyecto con las autoridades locales del OOAPAS, posteriormente el 23 de febrero del 2019 se llevó a cabo un recorrido de reconocimiento geo-espacial de las principales fuentes hídricas que abastecen a la comunidad, de igual modo con personal del OOAPAS de Tingambato. Aunado a ello, se recopiló información de la base de datos del REPDA vigente hasta enero del 2020, con el fin de estimar el volumen y distribución del agua concesionada a los distintos usos en el municipio de Tingambato.

Puesto que uno de los objetivos durante esta etapa fue identificar los principales usos y usuarios del agua, así como las problemáticas y causas asociadas a la misma desde la perspectiva de distintos grupos de la población, se llevaron a cabo las siguientes actividades con jóvenes, jefes y jefas de familia, el grupo que hemos denominado “proveedores de agua para uso y consumo” en el cual se incluyen autoridades del OOAPAS y la purificadora de agua comunal, así como el grupo de “actores involucrados en la producción de aguacate”, el cual contempla a personal de la Junta Local de Sanidad Vegetal de Tingambato<sup>2</sup> y productores de aguacate.

Se eligieron distintos instrumentos metodológicos acorde al grupo poblacional al que fue dirigido, contemplando los recursos humanos, económicos y temporales disponibles tanto de los

---

<sup>2</sup> Organismo auxiliar de Sanidad Vegetal. Vigila el cumplimiento de las medidas fitosanitarias de Inocuidad en el proceso de cosecha, emite la BICO (Bitácora de cosecha), recolecta la fruta para prueba de materia seca, verifica que el huerto cumpla con el programa de Buenas Prácticas Agrícolas para darle de alta en el SICOA (Sistema Integral de Cosecha de Aguacate).

actores como del equipo de trabajo. De este modo, se realizó el taller “el agua en mi comunidad” con 50 alumnos de nivel bachillerato, mismos que apoyaron en la aplicación de 112 encuestas a jefas y jefes de familia. Dicho taller tuvo una duración de 3 sesiones ejecutadas el 10 y 19 de septiembre y 10 de octubre del 2019.

Fue de interés de este trabajo conocer la percepción sobre las problemáticas del agua identificadas por los principales actores implicados en el uso y gestión del agua en Tingambato, por lo que además del taller con la población joven, se realizaron las ya mencionadas encuestas a jefes y jefas de familia, entrevistas semiestructuradas dirigidas a proveedores de agua para uso y consumo humano las cuales se aplicaron al Director del OOAPAS de la cabecera municipal (n=1) de Tingambato y a la purificadora de agua comunal (n=1), así como entrevistas semiestructuradas dirigidas a actores involucrados en la producción de aguacate, de las cuales se aplicaron 2 al personal de la Junta Local Sanidad Vegetal (JLSV) (n=2) y 13 entrevistas semiestructuradas a productores de aguacate.

## ***10.2 Diagnóstico***

A partir del reconocimiento durante la primera etapa de las principales fuentes de agua, los principales usos y usuarios, el volumen oficial concesionado a cada uno de estos, así como las problemáticas asociadas al uso de agua en Tingambato se reconoció por parte de la población y los datos oficiales del REPDA que los principales usos corresponden al uso público urbano y uso agrícola. Por tanto, con el fin de obtener mayor información sobre la distribución de agua en la cabecera municipal de Tingambato el 26-27 de junio del 2019 se realizó un mapeo participativo y el 11 de octubre del 2019 un recorrido por la red de agua potable con personal del OOAPAS en el

cual se ubicó la infraestructura hídrica asociada con las fuentes, depósitos, cárcamos, tuberías y válvulas de agua.

La caracterización del uso y manejo de agua en las huertas de aguacate se realizó a partir de entrevistas semiestructuradas dirigidas a actores involucrados en la producción de aguacate, incluyendo el personal de la JLSV y productores de aguacate, las cuales se aplicaron durante marzo del 2019. A partir de las entrevistas, el taller con jóvenes y observación en campo se evidenció que entre las estrategias de almacenamiento de agua más populares en las huertas se encuentran las ollas o jagüeyes, por lo tanto, se llevó a cabo la georreferenciación de ollas de agua a partir de una imagen satelital del municipio de Tingambato que permitiera en primera instancia tener un inventario de las ollas de agua en el municipio como punto de partida para dimensionar la presencia y extensión de estas, asociadas con el cultivo de aguacate.

### ***10.3 Instrumentos y estrategias metodológicas empleadas en pre diagnóstico y diagnóstico.***

En este apartado se describen las estrategias metodológicas y/o instrumentos empleados en las etapas de Pre diagnóstico y diagnóstico.

#### **10.3.1 Revisión bibliográfica.**

La revisión bibliográfica consistió por un lado en la revisión de estudios de caso de monitoreo comunitario de agua, conceptos y enfoques como el ciclo hidrosocial y epistemologías del sur que brindaron las pautas para diseñar la propuesta del diagnóstico de bienes hídricos antes presentado. Por otro lado, se realizó una revisión del estado de la cuestión del municipio de Tingambato con énfasis en aspectos sociales y geo-bio-físicos de la comunidad, así como la consulta de la base de datos proporcionados por el REPDA sobre el número de títulos y volumen otorgados en el municipio de Tingambato vigentes hasta enero del 2020.

### **10.3.2 Taller “El agua en mi comunidad”.**

El proceso diagnóstico con los alumnos consistió en tres actividades: 1- Dinámica diagnóstica y de introducción con el grupo para reconocer desde su perspectiva las problemáticas asociadas al agua en Tingambato (10 septiembre 2019). 2. Capacitación para aplicación de encuesta a familiares y conocidos adultos (jefes y jefas de familia) de su barrio y realización de mapa sobre infraestructura hídrica en sus hogares (19 septiembre 2019). 3- Retroalimentación de los resultados obtenidos en la encuesta intradomiciliaria a jefes y jefas de familia (10 octubre 2019).

Actividad 1. Se llevó a cabo un taller diagnóstico con 50 alumnos del último año del colegio de bachilleres de Tingambato en el que se abordaron los siguientes temas: usuarios de la comunidad, usos y actividades en las que se emplea el agua a nivel comunitario e intradomiciliario (en el hogar), problemáticas y conflictos, y propuestas y/o soluciones a las problemáticas identificadas. La sesión consistió en la presentación del grupo de trabajo, una introducción sobre generalidades del agua, objetivos del proyecto y la posibilidad de involucrar a los alumnos en el mismo. Puesto que uno de los objetivos fue conocer la percepción de los jóvenes de nivel bachillerato sobre las problemáticas del agua en la comunidad se dividió el grupo de los interesados en 4 grupos focales de acuerdo al barrio al que pertenecían. Al interior de los grupos focales se inició con una dinámica rompe hielo de presentación de los participantes, se prosiguió con una lluvia de ideas a partir de preguntas generadoras (apéndice 1) las cuales se escribieron en tarjetas de distintos colores según la escala comunidad e intradomiciliaria. A partir de las ideas generadas los alumnos realizaron un cartel y compartieron en plenaria los resultados obtenidos y/o generados al interior de los grupos focales. A partir de la información construida en este ejercicio se elaboró un diagrama en el que se muestran los principales usuarios de la comunidad identificados, los usos

y actividades identificados en los que se emplea el agua, así como las problemáticas y las posibles soluciones.

Actividad 2. A partir de la sesión de diagnóstico nos dimos cuenta de que uno de los usos más indispensables y sobre el que había controversia en cuanto a la percepción que tenían los jóvenes sobre el acceso y disponibilidad del agua era el uso intradomiciliario, por ello se consideró pertinente generar una encuesta para ahondar sobre los usos del agua a escala intradomiciliaria, misma que se describe a continuación y que se muestra en el apéndice 2.

### **10.3.3 Encuestas a jefes y jefas de familia.**

A partir de la primera sesión del taller con alumnos de bachillerato se generó una encuesta (apéndice 2) cuyo objetivo fue identificar las principales actividades en las que se emplea el agua a nivel domiciliar, percepción sobre la calidad del agua, percepción sobre la escasez, estrategias de adaptación ante la escasez y las estrategias de mejora de la calidad de agua empleadas a nivel intradomiciliario.

Dicha encuesta estaba dirigida a adultos de la comunidad (población en general) y fueron aplicadas por los alumnos del colegio de bachillerato. Las indicaciones fueron que cada alumno aplicara 3 encuestas: mujer de su hogar, hombre de su hogar y un adulto de elección libre. Se aplicaron 112 encuestas, cuyas respuestas se subieron a la encuesta online generada en la plataforma de cuestionarios de Google Drive. Con el fin de conocer la distribución de las respuestas se realizaron gráficas de frecuencias y distribución y su análisis por barrios. Aunado a ello se realizaron pruebas estadísticas con algunos datos, principalmente para observar las distribuciones a partir de prueba de normalidad Shapiro-Wilk y para la diferenciación entre los barrios a partir de la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis.

#### **10.3.4 Entrevistas semiestructuradas dirigidas a “proveedores de agua” para uso y consumo humano.**

El 22 de febrero del 2019 se realizó una entrevista semiestructurada al director del OOAPAS José Luis Hernández Arriaga de la cabecera municipal, cuyo objetivo fue conocer la administración actual, el personal que conforma el OOAPAS en la cabecera municipal, historia institucional, así como algunos aspectos sobre la gestión de los recursos hídricos en el municipio, sus principales fuentes de agua, tratamiento, manejo y distribución. Dicha entrevista se complementó con una visita guiada a las fuentes primarias de agua que abastecen de agua potable a la cabecera municipal (23 de febrero 2019). Durante la visita se preguntó acerca de la historia del sitio, además se tomaron las coordenadas de los puntos, así como algunos parámetros de calidad de agua con el multiparamétrico Hannah HI-98195.

Se identificaron 2 purificadoras de agua en la cabecera municipal. El 4 de abril de 2019 se aplicó una entrevista semiestructurada a los trabajadores de las purificadoras de agua de la comunidad, en la cual se indagó acerca del volumen que tratan y distribuyen, así como la fuente de agua que utilizan, el tratamiento, usuarios a los que distribuyen y su percepción sobre la calidad de agua de la misma.

#### **10.3.5 Entrevistas semiestructuradas dirigidas a actores involucrados en la producción de aguacate.**

Durante marzo del 2019 se aplicaron entrevistas a 2 trabajadores clave de la JLSV, los cuales son los responsables de dos de las cuatro rutas en las que se dividen para la evaluación y monitoreo de aspectos fitosanitarios y/o de inocuidad de las huertas en el municipio. En dicha entrevista se preguntó acerca de la organización institucional de la Junta, su papel en la gestión del agua en las huertas, así como los usos, distribuciones y regulaciones del agua en las huertas de

aguacate. Aunado a ello, se ubicaron las ollas a partir de una imagen satelital y se obtuvo un mapa con polígonos.

De igual modo, en este grupo se contempló a los productores de aguacate, por lo que se aplicaron 13 entrevistas semiestructuradas a productores de aguacate (apéndice 3) en donde se consultó acerca de las principales fuentes de agua en las huertas, las actividades en las que se maneja y trata el agua en las huertas, en esta entrevista se aprovechó para indagar acerca de los plaguicidas y fertilizantes utilizados en la huerta, así como su frecuencia de aplicación, esto debido a que el uso de agua se encuentra estrechamente ligado a la aplicación de los mismos y porque pareció pertinente tener una caracterización de los distintos tipos de huerta y posibles fuentes de contaminación para posteriormente seleccionar los puntos de muestreo cruciales. Se realizó la georreferenciación de las ollas y se crearon polígonos de las ollas de agua o jagüeyes para así estimar el área del territorio destinado a estas.

#### **10.3.6 Recorrido por la Red de Agua Potable y mapeo participativo.**

El 26 y 27 de junio del 2019 se realizó un recorrido con el personal encargado de la apertura y cierre de las llaves de la red de distribución de agua potable en el que se recopiló información acerca del material, las válvulas y tuberías principales, así como la logística y horarios de distribución.

Aunado a ello, el 11 de octubre del 2019 se llevó a cabo un ejercicio de mapeo participativo con el personal del OOAPAS de la comunidad, encargado de la apertura y cierre de válvulas que hacen posible la distribución de agua mediante la red de agua potable, esto con el fin de complementar y corroborar la información recabada durante el recorrido. A partir de la información recabada se generaron los siguientes mapas: 1) Mapa de ubicación de las fuentes



principales de abastecimiento y los depósitos de almacenamiento y distribución, así como de las principales tuberías, válvulas, sus grosores y tamaños. 2) Mapa de distribución de agua potable a través de la red de agua potable durante el turno matutino. 3) Mapa donde se muestra la división de la cabecera municipal por barrios, así como la localización de los lavaderos comunitarios y la procedencia del agua con la que se abastecen.

#### ***10.4 Monitoreo de parámetros físico-químicos y determinación de calidad de agua.***

##### **10.4.1 Selección de los sitios de muestreo.**

Se seleccionaron 13 sitios de muestreo clave de acuerdo a los resultados de las entrevistas realizadas a los distintos sectores de la población, en función de los usos de suelo y las principales actividades para las que es destinada el agua en Tingambato, esto con el fin de obtener un diagnóstico preliminar sobre la calidad de agua utilizada en las principales actividades de la comunidad; abarcando agua intradomiciliaria para uso humano, agua para riego o uso agrícola y agua residual (figura 7 y tabla 2).

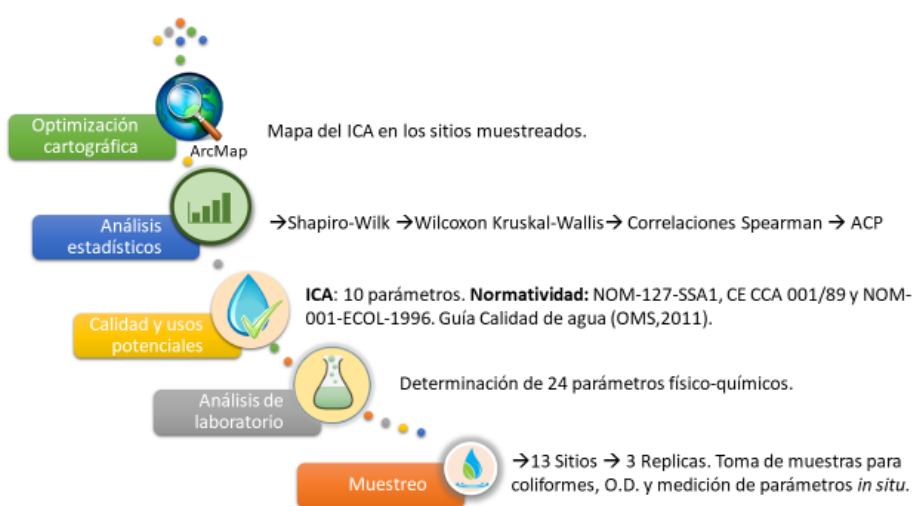
De esta forma se realizó un muestreo en junio de 2019 en donde se determinaron 12 parámetros in situ, con base en la normatividad vigente en México; PROY-NMX-AA-121/1-SCFI-2008 entre los cuales destacan: Temperatura del aire (°C), Temperatura del agua (°C), Color aparente, Olor y Condición atmosférica. Especificando el origen de la muestra según su fuente de origen (subterránea o superficial), la cercanía de la plantación de aguacate, o bien el uso del agua.

En cada uno de los sitios se tomaron muestras superficiales, las cuales fueron depositadas en garrafas de plástico de 3 L de capacidad, por triplicado; de forma paralela se tomó una submuestra de 300 ml la cual fue fijada bajo el método de Winkler con la modificación a la azida

de sodio y valoradas con tiosulfato sódico para cuantificar la concentración de oxígeno en campo, así como muestras por triplicado de 100 ml en bolsas estériles para su posterior análisis microbiológico. Dichas muestras fueron transportadas en oscuridad a 4 °C al Laboratorio “J. Javier Alvarado Díaz” de Biología Acuática de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y preservadas en refrigeración para su respectivo análisis. La toma y preservación de muestras se llevó a cabo respetando los lineamientos de la Norma Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002. Las muestras para análisis microbiológicos fueron inoculadas el mismo día de muestreo con la dosis pre-pesada de AquaChrom e incubadas a temperatura ambiente entre 18 y 24 horas, acorde a las instrucciones para dichas pruebas. Posteriormente en el laboratorio se analizaron 24 parámetros fisicoquímicos y microbiológicos cuyos métodos se encuentran descritos en el apéndice 4.

### Figura 7.

*Metodología análisis de parámetros fisicoquímicos para determinar la calidad de agua de Tingambato.*



*Nota.* Se muestra un resumen del procedimiento empleado para la determinación de parámetros fisicoquímicos de calidad de agua de los sitios muestreados en Tingambato y análisis de datos.

**Tabla 2.**

*Sitios de muestreo clasificados según su uso en Tingambato, Michoacán.*

Uso	ID	Tipo	Nombre	Fuente	X UTM	Y UTM	Altitud
<b>INTRADOMICILIARI A</b>	D-AS	Depósito	El aserradero	Pozo artesiano*.	20175 9	215815 3	2034
	D-CR	Depósito	Las cruces	Manantial las cruces	19963 1	215849 5	1914
	D-MO	Depósito	El molinito	Manantial Ojo de agua grande y Churimicuar	20078 5	215993 4	2060
	D-NH	Depósito	Niños héroes	Manantial las cruces Y pozo profundo	20076 0	215875 7	1975
	D-FR	Depósito	El fresno	Depósito el molinito	20074 8	215946 9	2014
	DOM-2	Domiciliar	Barrio 2	-	20063 3	215941 1	2006
	DOM-3	Domiciliar	Barrio 3	-	20015 1	215864 5	1977
	L-3	Lavadero comunitario	Lavadero barrio 3	Depósito Niños héroes	20008 8	215876 8	2028
<b>RIEGO/AGRÍCOLA</b>	NO**	Noria para venta.		Subterránea	20087 3	215806 6	1977
	OLL-EC	Olla	Exportación-convencional	Pluvial	19913 1	215467 4	1816
	OLL-EO	Olla	Exportación-Orgánica	Pluvial	20132 0	215368 2	1959
	PP-NC	Pozo Privado	Nacional-Convencional	Subterránea	20099 7	215946 0	1966
<b>RESIDUAL</b>	PTAR	Aguas residuales	Planta de tratamiento de Aguas Residuales.	Residual	19975 4	215739 7	1886

Notas: \*Profundidad: 180 m. \*\* profundidad: 14 m

#### 10.4.2 Análisis estadísticos

El análisis estadístico se realizó con el software JMP, utilizando un valor alfa  $\alpha$  de 0.05. Con el fin de evaluar la normalidad del conjunto de datos se realizó la prueba de Shapiro-Wilk la cual considera un estadígrafo robusto (Arcones y Wang, 2006). De igual modo se aplicó la prueba

estadística no paramétrica de kruskal-wallis con el fin de evidenciar la variabilidad espacial de los sitios. Posteriormente se evaluaron las correlaciones entre parámetros a través de la correlación de Spearman ( $p < 0.05$ ), de acuerdo a la clasificación de Hernández Sampieri y Fernández Collado, (1998). Se llevó a cabo un Análisis de Componentes Principales (ACP). Este tipo de análisis ha sido aplicado en varios estudios relacionados con calidad de agua ya que es de gran utilidad para identificar las interrelaciones entre las variables fisicoquímicas que determinan la alteración del agua en el área de estudio (Ávila, 2015; Oualid, *et al.*, 2018).

Para realizar el ACP se excluyeron todos los parámetros cuyo valor no variaba entre sitios, o cuya variabilidad era mínima; entre éstos se encontraba la alcalinidad parcial, Redox, Altitud, Distancia a huertas y Temperatura del aire; esto debido a que serían incapaces de explicar la variabilidad de los resultados obtenidos (López Rodríguez, 2014) y con la finalidad de tener una representatividad mayor y obtener al menos el 80% de los datos en el tercer componente del ACP. De este modo se realizó el ACP con 22 parámetros, obteniendo así en el primer componente el 52.6%, segundo componente 23.58% y el tercer componente 6.8%, acumulando el 82.98% en el tercer componente, lo cual significa que los tres componentes principales utilizados explicaron el 82.98% de la varianza, siendo este un nivel aceptable de información (encima del 80%). Se llevaron a cabo 3 análisis clúster con el objetivo de mostrar las agrupaciones de las muestras con base en su similitud fisicoquímica: un análisis clúster general con el total de muestras, un análisis clúster con las muestras del tipo de agua intradomiciliaria y un clúster con las muestras de agua para riego y residual.

#### **10.4.3 Evaluación de calidad de agua**

Para integrar la información sobre la calidad del agua de los puntos de muestreo, se implementó el índice de calidad del agua (ICA), propuesto por SEMARNAT (2007), el cual evalúa

el grado de contaminación que existe en el agua a la fecha de muestreo, y se expresa como un porcentaje de agua pura. Un porcentaje para el ICA cercano o igual a 0% se considera como un agua altamente contaminada, mientras que un porcentaje cercano o igual a 100% indica un agua de excelente calidad, por lo tanto, para la determinación e interpretación de la calidad del agua se utilizó la escala de clasificación propuesta por SEMARNAT (2007). Este índice considera 18 parámetros para su cálculo con distintos pesos relativos ( $W_i$ ), según la importancia que se le conceda a cada uno de ellos en la evaluación total; en este estudio se consideraron únicamente 10 parámetros para su cálculo: pH, SDT, CE, OD, Dureza Total, Cl-, Alcalinidad, Nitratos, Fosfatos, Turbidez, pues fueron los que se determinaron.

El primer paso para calcular el ICA es la normalización de los parámetros en los que son transformados en una escala de 0 a 100. El siguiente paso fue introducir pesos o valores de ponderación de acuerdo con la importancia del parámetro como indicador de la calidad del agua. Dichos pesos están establecidos por el ICA (SEMARNAT, 2007). Finalmente se multiplicaron los subíndices elevados al peso de ponderación de cada uno, resultando un número entre 0 y 100 a partir del cual se determinó el grado de contaminación del agua. Los pesos utilizados se muestran en el apéndice 5.

Existen distintas propuestas de clasificación en cuanto al grado de contaminación y los usos potenciales del agua a partir del ICA; SEMARNAT, (2002) propone la siguiente clasificación: 0-29 %, Altamente contaminado; 30%-49%, Contaminado; 50%-69%, Poco contaminado; 70%-84%, Aceptable; 85%-100%, No contaminado. De igual modo se empleó la escala de clasificación de la calidad del agua para usos específicos, según su valor obtenido en el ICA propuesta por SEMARNAT, (2002) (apéndice 5).

Asimismo, se determinó la calidad y usos potenciales de acuerdo a la Normatividad vigente, entre la que destaca la Modificación a la NOM-127-SSA1-1994 que establece los límites máximos permisibles del agua para uso y consumo humano, la NOM-001-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, guía para calidad de agua potable de la OMS (2011) y el CE CCA 001/89 que establece los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua.

Finalmente se optimizó la presentación con cartografía a escala 1:50,000 utilizando las cartas topográficas e14a21-cherán y e14a31-taretan obtenidas del INEGI mediante el Sistema de Información Geográfica (SIG) Arcgis versión 10.5, donde se introdujo la información del ICA como archivo de intercambio.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección se presentan los resultados generados a partir de los instrumentos aplicados para generar el diagnóstico de bienes hídricos de Tingambato que corresponde al objetivo general de la presente tesis y que servirá como punto de partida para evaluar la viabilidad de establecer un monitoreo comunitario participativo de agua en el municipio. Si bien la metodología se planteó en tres etapas, es de reconocer que las estrategias metodológicas empleadas y por tanto los resultados no son excluyentes (ni particulares a cada etapa), al contrario, se entrelazan y complementan y todas contribuyen a generar un diagnóstico integral de bienes hídricos.

Para una mejor visualización los resultados se presentan en tres apartados, dentro de los cuales se abordan los objetivos específicos, que a su vez hacen alusión a los componentes del diagnóstico de bienes hídricos planteados en el apartado 8.

1. Bienes hídricos en Tingambato (escala comunitaria).
2. Caracterización de los principales usos del agua en Tingambato.
  - a. Agua para uso intradomiciliario.
  - b. Agua en las huertas.
3. Calidad de agua.

En el primer apartado 11 se presentan resultados sobre aspectos hídricos de la comunidad; datos oficiales sobre las fuentes de agua y volúmenes reportados por el REPDA, se describe la Red de Agua Potable (RAP) de la cabecera municipal y se presentan las problemáticas relacionadas con el agua identificadas por la población local.

En la segunda parte (apartado 12) se realiza una descripción de los principales usos y usuarios del agua, se caracteriza el uso del agua a escala intradomiciliaria y con ello se presentan los

resultados de las encuestas aplicadas en escala intradomiciliaria a jefas y jefes de familia. Puesto que uno de los principales usos en el municipio es el uso agrícola para las huertas de aguacate, se presenta un apartado con una caracterización sobre el uso del agua al interior estas, donde se abordan aspectos de regulación del uso del agua agrícola, las ollas para riego y las implicaciones ambientales.

Finalmente, en la tercera parte (apartado 13) se presentan los resultados del monitoreo fisicoquímico y de calidad del agua. En esta sección se realiza una descripción fisicoquímica según el tipo de agua (intradomiciliaria, para uso agrícola o riego y residual), un análisis de componentes principales, el Índice de Calidad de Agua (ICA) y la evaluación de los parámetros respecto a la normatividad vigente.

## **11. Bienes hídricos en Tingambato.**

### ***11.1 Datos oficiales: Títulos, permisos y volumen de aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes de acuerdo con el REPDA***

El REPDA tiene como objetivo administrar y controlar los usos de las aguas nacionales. Es una base de datos que abarca la totalidad de los títulos de concesión, asignación y permisos de descarga de aguas residuales del país, así como las concesiones de zonas federales y permisos de extracción de materiales del lecho de los ríos.

De acuerdo con los datos del REPDA registrados hasta enero del 2020; en Tingambato se han otorgado 49 títulos y permisos de aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes, los cuales contemplan un aprovechamiento anual de **2,937,133.93** m<sup>3</sup>. El 47.12% proviene de fuentes superficiales (manantiales, arroyos, ríos), mientras que el 52.88% restante corresponde a fuentes subterráneas (acuíferos).



Dichos títulos contemplan el uso agrícola y uso público urbano. El 60.43% del volumen de agua concesionado es destinado al uso público urbano, mientras que el 39.57% al uso agrícola. Para el uso agrícola, el 20.24% del volumen corresponde a permisos para extracción de agua de origen subterráneo, y el 19.33% superficial. En cuanto al uso público urbano, las extracciones provienen principalmente de fuentes subterráneas (32.63%) y en menor proporción de fuentes de origen superficial (27.78%) (Tabla 3 y figura 8).

**Tabla 3**

*Títulos y permisos de agua concesionados en Tingambato.*

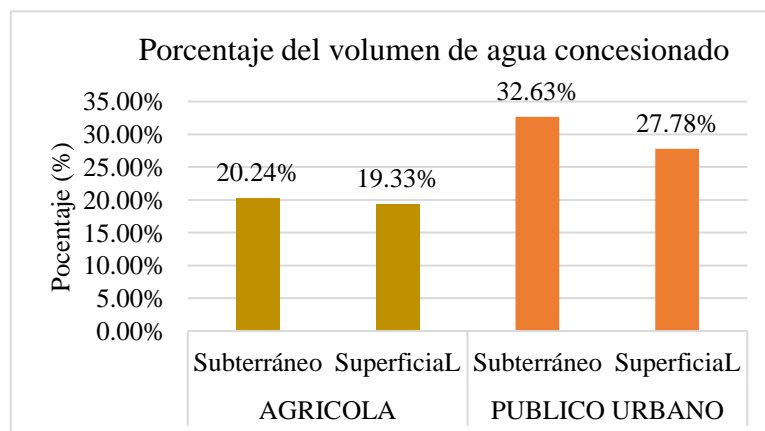
Uso	N° aprovechamientos	Origen		Volumen total (m <sup>3</sup> /año)	Porcentaje de extracción
		Superficial (m <sup>3</sup> /año)	Subterráneo (m <sup>3</sup> /año)		
Agrícola	42	567,760.99	594,596.39	1,162,357.38	39.57%
Público urbano	7	816,104.05	958,672.5	1,774,776.55	60.43%
<b>Total</b>	49	<b>1,383,865.04</b>	<b>1,553,268.89</b>	<b>2,937,133.93</b>	100%

*Nota.* Datos obtenidos de REPDA en enero del 2020.

**Figura 8**

*Porcentaje del volumen total concesionado otorgado en los títulos y permisos de agua en*

*Tingambato.*



### **11.1.1 Fuentes de agua de acuerdo con REPDA.**

Las fuentes o puntos de extracción pertenecen a la región hidrológica del Balsas y Lerma-Santiago. Las principales fuentes de origen subterráneo sobre las cuales están adscritos los títulos de agua otorgados en el municipio de Tingambato son el acuífero 1616-Nueva Italia (del cual 75% es para aprovechamiento agrícola, 25% público urbano). Seguido de 1604- Lagunillas Pátzcuaro o Lago de Pátzcuaro (95% público urbano, 5% agrícola), 1614- Uruapan (100% agrícola). Mientras que entre las fuentes de origen superficial destaca con mayor volumen concesionado el río las cruces (público urbano), seguido del manantial ojo de agua grande (público urbano), manantial las cruces (59% aprovechamiento agrícola y 41% público urbano) y manantial Churimicuaro (Tabla 4). La distribución espacial de estos títulos otorgados se muestra en la Figura 9; un mapa de puntos con los 49 títulos de agua otorgados en Tingambato según el tipo de aprovechamiento: subterráneo o superficial, de igual modo se muestran las fuentes principales en cuanto a volumen de agua otorgado y entre paréntesis el número de títulos otorgados en cada una de estas fuentes. Aunado a ello en este mapa se puede observar que el mayor número de títulos se encuentran en el acuífero 1616-Nueva Italia que de igual modo es el que abarca mayor parte del territorio del municipio de Tingambato, seguido del acuífero 1604 sombreado en color amarillo, el cual con solo dos concesiones otorgadas abarca el 19% del volumen total concesionado en Tingambato (Tabla 4), esto evidencia la amplia variedad que existe en el volumen de agua otorgado entre las concesiones y entre los usuarios.

En este caso, es de resaltar que para el uso público urbano el 100% de los títulos corresponden al Comité operador del agua potable, alcantarillado y saneamiento de Tingambato, Municipio de Tingambato y comunidad de Paranguitiro, esto implica que oficialmente el agua entregada tanto a usuarios domésticos como a industrias y servicios conectados a las redes de agua

potable se encuentra a cargo del ahora Organismo Operador de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento de Tingambato (OOAPAS) a través de dichas redes. Respecto al uso agrícola, a excepción de un título otorgado al ejido de Tingambato por 62,208 m<sup>3</sup>/año, el resto está otorgado a particulares.

**Tabla 4.**

*Fuentes y volúmenes de extracción de agua en Tingambato de acuerdo con el REPDA.*

<b>Origen</b>	<b>Fuentes</b>	<b>N° aprovechamientos/ títulos</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Porcentaje del total (%)</b>
<b>Subterráneo</b>	1616 - Nueva Italia	17	832,302.89	28.34
	1604 - Lago de Pátzcuaro	2	578,604	19.70
	1614 - Uruapan	4	142,362	4.85
<b>Superficial</b>	Río Las Cruces	1	560,110.55	19.07
	Manantial Ojo de Agua Grande	1	176,601.6	6.01
	Manantial Las Cruces	4	168,517.4	5.74
	Manantial Churimicuaró	2	124,416	4.24
	Manantial sin nombre	1	60,081.84	2.05
	Manantial La Escondida	2	55,296	1.88
	Manantial Cuto	1	47,692	1.62
	Manantial el Ojo de Agua 1, 3 Y 4	1	41,472	1.41
	Manantial La Fabrica	1	40,588.8	1.38
	Barranca El Salmeron	1	20,736	0.71
	Arroyo Agua Escondida	1	19,699.2	0.67
	Manantial El Llano de la Virgen	1	16,588	0.56
	Manantial Escurrimiento de Las Cruces	2	13,607	0.46
	Manantial La escondida N°2	1	10,406.9	0.35
	Barranca La Escondida	1	8,776	0.30
	Manantial Chuchucatiro N° 2	1	8,748.2	0.30
	Aguas Pluviales/Arroyo Caninzio	1	6,739.2	0.23
Manantial Chuchucatiro	1	3,499.2	0.12	
Escurrimiento Las Canoas	1	145.15	0.00	

*Continuación de Tabla 4.*

Agua Pluvial/Arroyo Las Palomas	1	144	0.00
<b>Total general</b>	<b>49</b>	2,937,133.9 3	100 %

*Nota.* Fuente: REPDA, enero de 2020.

Como se mencionó anteriormente, en Tingambato el 52.88% del agua concesionada recae sobre 3 acuíferos que de acuerdo con la actualización de la disponibilidad media anual de agua publicada por CONAGUA con datos correspondientes al REPDA 2015, para todos los acuíferos del municipio se presenta una disponibilidad media anual de agua de subsuelo<sup>3</sup> positiva: acuífero 1614-Uruapan (38.640624 millones de metros cúbicos) (CONAGUAa, 2018), 1616-Nueva Italia (78.282347 millones de metros cúbicos) (CONAGUAb, 2018), 1604-Lagunillas Pátzcuaro (0.054214 millones de metros cúbicos) (CONAGUAc, 2018).

No obstante la principal actividad económica de Tingambato es la actividad agrícola, teniendo como principal cultivo el aguacate esto no se refleja en su totalidad en el porcentaje de agua otorgado según los datos del REPDA para el uso agrícola, donde se reporta alrededor del 40% de agua concesionado para dicho uso, esto difiere de datos comparados con otros municipios con características similares en cuanto a cantidad de hectáreas sembradas y número de habitantes, donde el volumen otorgado es de 3 a 16 veces mayor a la cantidad registrada en Tingambato. Por ejemplo, el municipio de Ziracuaretiro con una población similar a la de Tingambato y extensión de hectáreas sembradas similares tiene alrededor de 16 veces más volumen concesionado (Tabla

---

<sup>3</sup> La disponibilidad media anual de agua de subsuelo es el volumen medio anual de agua subterránea que, cuando es positivo, puede ser extraído de un acuífero para diversos usos, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro el equilibrio de los ecosistemas. Cuando este valor es negativo indica un déficit.

5) respecto a Tingambato, esto aunado al trabajo de campo, entrevistas con autoridades y población en general de Tingambato, así como las deficiencias en el sistema de gestión del agua a nivel nacional (subestimación de volumen de extracción, fugas, tomas ilegales, etc.), nos sugiere la existencia de un subregistro importante de volumen y otros puntos de extracción de agua en Tingambato que no se reflejan en estos datos oficiales.

**Tabla 5.**

*Comparación de volumen concesionado para los principales usos en municipios similares a Tingambato.*

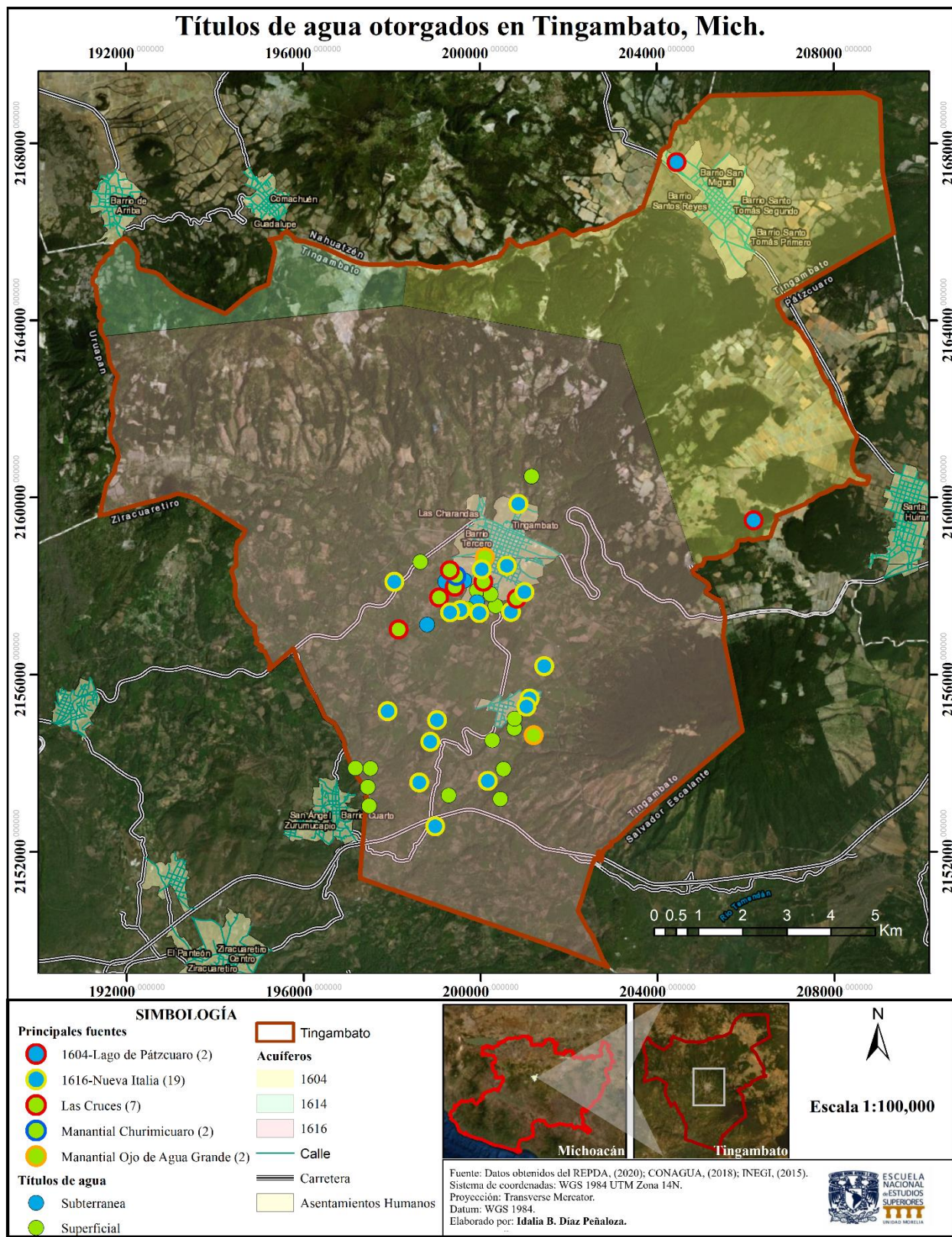
Municipio	Población	Ha-1 sembradas de aguacate	Ha <sup>-1</sup> sembradas totales	Volumen (m <sup>3</sup> /año) uso agrícola	Volumen (m <sup>3</sup> /año) uso público urbano	Volumen (m <sup>3</sup> /año) uso doméstico	Volumen Total (m <sup>3</sup> /año)	Nº veces cantidad volumen concesionado*
<b>Tingambato</b>	12,630	4,600	4,630	1,162,357.38	1,774,776.55	NE	<b>2,937,133.93</b>	-
Turicato	31,877	6,332	6,644	6,533,313	2,104,634.54	56,011	9,155,829.43	<b>3,12</b>
Zacapu	10,636	3,850	3,860	1,817,862	6,133,156.40	2,628	13,191,251.12	<b>4,49</b>
Tingüindín	12,414	5,605	5,727	10,546,624.64	2,104,598.65	876,821.5	14,025,489.12	<b>4,78</b>
Ziracuaretiro	13,792	4,950	6,240	43,379,227.02	686,365.40	3285	48,985,012.51	<b>16,68</b>

*Nota.* \*Cantidad de veces que duplica el volumen de agua total concesionado para Tingambato.

Fuente: REPDA, (2020); SIAP (2019). NE=No especificado.

En el caso de Ziracuaretiro, se han otorgado concesiones a otros municipios circundantes, como lo es el municipio de Taretan, este es un fenómeno de exportación de los recursos hídricos que pasa a menudo, donde el uso del recurso trasciende los límites políticos establecidos, y el punto de extracción (aprovechamiento) no necesariamente corresponde al punto o área delimitada políticamente donde se emplea.

Figura 9. Mapa de Títulos de agua otorgados en Tingambato. Datos obtenidos de REPDA (2020).



## 11.2 Fuentes de agua en Tingambato

Las principales fuentes de abastecimiento de agua reconocidas por autoridades y población en general de la cabecera municipal son 4: Manantial las cruces, Manantial Churimicuaro, Manantial Ojo de agua grande y el Pozo artesiano (Tabla 6). El listado del REPDA muestra además concesiones en otras fuentes (ríos y arroyos) para todo el municipio, esta discrepancia entre la variedad de fuentes de agua reconocidas por la población y reportadas por el REPDA puede deberse en principio a que desde la población se reconocieron las principales fuentes para la cabecera municipal, mientras que los datos oficiales se reportan para todo el municipio incluyendo otras localidades/comunidades como lo es la escondida, el mesón, etc, los cuales tienen su propia gestión del agua, distinta a la cabecera municipal de Tingambato. En el apéndice 6 se presenta una breve descripción de las principales fuentes hídricas de la cabecera municipal, la cual se obtuvo a partir de las entrevistas y recorridos con autoridades del OOAPAS de Tingambato.

**Tabla 6**

*Descripción de las fuentes de agua en Tingambato.*

ID	Fuente (Tipo)	Nombre	Coordenadas		Caudal/Cantidad extraída	Bombero	Tiempo de aprovechamiento (Hrs)	Distribución (ID)
			X	Y				
M-OAG	Manantial	Ojo de agua grande	201106	2161090	2 L/s	NA	ND	D-MO
M-CR	Manantial	Las cruces	199642	2158528	3 L/s	ND	12	C-CR
M-CH	Manantial	Churimicuaro	199485	2158848	4 L/s	25 HP	ND	C-CH D-MO
P-A	Pozo/Subterránea	Pozo artesiano /Pozo profundo	201445	2158100	4L/s	50 HP	12	D-As

*Nota.* La columna ‘Distribución’ hace referencia al sitio a donde se dirige y almacena el agua de cada fuente. ID: Identificación del sitio; ND: No determinado; NA: No aplica. C-CR: Cárcamo

Las Cruces; D-MO: Depósito El Molinito; C-CH: Cárcamo Churimicuaro; D-As: Depósito Aserradero.

### ***11.3 Red de agua potable de Tingambato***

En este apartado se presentan aspectos sobre la gestión, infraestructura, flujos y circulación de la red de agua potable de la cabecera municipal de Tingambato.

El OOAPAS define la red de distribución de agua como el conjunto de tubos, accesorios y estructuras que conducen el agua desde tanques de servicio o de distribución hasta la toma domiciliaria o hidrantes públicos. En este documento se utiliza el concepto de red de abastecimiento para hacer referencia a la red que conecta desde las fuentes de abastecimiento a los depósitos de almacenamiento de agua. Mientras que el concepto de red de distribución se utilizará para hacer referencia a las tuberías e infraestructura necesaria para distribuir el agua dentro de la zona urbana hasta las tomas domiciliarias.

De acuerdo con el personal del OOAPAS de Tingambato, la red de distribución de agua potable de la cabecera Municipal se abastece a partir de 4 fuentes; Manantial las cruces, Manantial Churimicuaro, Manantial Ojo de agua grande y el Pozo artesiano. Estas son almacenadas y distribuidas en distintos depósitos y cárcamos: las cruces, el aserradero, el molinito, niños héroes, el fresno, las charandas, Churimicuaro (Tabla 6). El OOAPAS se encarga de proveer el servicio de agua potable, así como de drenaje, el cual culmina en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), dicha planta se encuentra fuera de funcionamiento. En 2009 se inició la construcción de la PTAR con un proyecto Estatal de inversión tripartitaria (Federal, Estatal y Municipal), dicha obra no se ha concluido, por lo que hasta el momento se ha encontrado fuera de funcionamiento.



El OOAPAS brinda el servicio a alrededor de 4,102 usuarios (2019), de los cuales el 80% cuentan con servicio de drenaje, el resto de la población no cuenta con el servicio debido a la lejanía, la falta de infraestructura y capacidad del organismo para brindar el servicio; estos hogares tienen comúnmente fosas sépticas o letrinas. El sistema de drenaje en el municipio es de tipo unitario, es decir que se conjuntan aguas residuales y pluviales.

### **11.3.1 Estructura institucional.**

El OOAPAS, como organismo encargado de la distribución de agua en la cabecera municipal del municipio de Tingambato tiene la función de potabilizar y distribuir el agua hasta la toma domiciliaria. El personal del OOAPAS en el municipio está conformado por 8 trabajadores: el director del OOAPAS de Tingambato, dos distribuidores, dos fontaneros, dos veladores o bomberos de los equipos y personal de oficina. Aunado a ello, estudiantes realizando prácticas y apoyando en la gestión del organismo.

En los últimos años se han presentado algunos cambios sobre la gestión en el OOAPAS. Hasta la administración anterior (2015-2018) la distribución y manejo de los recursos hídricos estaba a cargo del comité de agua de Tingambato, pero debido a un gran número de disputas se optó por cambiar el comité a escala municipal. De este modo, a partir de la administración que entró en vigor en el 2018 (2018-2021) se cambió a organismo operador, lo cual por un lado implica que los pagos se hacen en tesorería y todos los recursos son manejados por el Ayuntamiento.

Una de las implicaciones del cambio de administración a escala municipal es que el municipio debe generar recursos para su propia gestión; por ejemplo, costear el mantenimiento y reparaciones requerido para el sistema hidráulico. Hasta la administración pasada aún contaban con recursos y apoyo directamente a los organismos operadores para la realización de obras; sin

embargo, a partir de esta administración el recurso se obtiene de las cuotas pagadas por los usuarios, aunado a ello, se hacen proyectos en conjunto con los ingenieros de obra pública para la reparación y remodelación de calles, tuberías, etc. Y se gestiona el recurso en el Municipio.

El OOAPAS paga trimestralmente a CONAGUA por el aprovechamiento de agua (manantiales) entre 12,000 y 15,000 pesos MXN, mismos que deben ser generados a partir de las cuotas pagadas por los usuarios.

### **11.3.2 Red de abastecimiento: Fuentes y depósitos de agua.**

La identificación y localización de las fuentes de agua de la cabecera municipal fue uno de los objetivos de este trabajo. La información de este apartado se obtuvo a partir de los recorridos y entrevistas con los trabajadores del OOAPAS de Tingambato.

En la tabla 7 se muestran los depósitos, su capacidad de almacenamiento, las fuentes de donde proviene el agua que ahí se almacena, y el grosor de la tubería.

En la figura 10 se muestra un mapa de las fuentes, depósitos y válvulas principales de la red de abastecimiento de agua potable de la cabecera municipal de Tingambato. En color azul se muestran las fuentes de agua, en verde los depósitos y cárcamos y las tuberías representadas en líneas de color azul con flechas que indican el sentido del flujo, aunado a ello, se muestran la conexión a las válvulas principales (punto naranja) que son el punto de entrada a la red de distribución de agua a las tomas domiciliarias.

En la zona norte, la zona con mayor altitud se observa que del manantial Ojo de agua grande se dirige al depósito El Molinito y al depósito 1 de las charandas. Del depósito el molinito se dirige al depósito El Fresno. A partir del depósito las charandas 1 se dirige a el depósito Las Charandas 2, esta distribución se realiza por gravedad. Al suroeste el agua del manantial las cruces

se almacena en el cárcamo las cruces, del cual se redirige al depósito Niños Héroe mediante bombeo. Al Norte del M-CR se encuentra el manantial Churimicuaro, cuya agua se almacena en el cárcamo Churimicuaro ubicado unos metros al sur de este. Al sureste se encuentra el pozo artesiano, el agua de origen subterráneo se dirige al depósito el Aserradero mediante bombeo. Los depósitos con mayor capacidad de almacenamiento son el Molinito y el Aserradero, es de mencionar que en el caso del molinito es un sistema de 3 depósitos interconectados; en la tabla 7 se muestran algunos atributos de los depósitos y cárcamos. Se lleva a cabo un tratamiento de desinfección con cloro en los depósitos y cárcamos, previo a la distribución a las tomas domiciliarias.

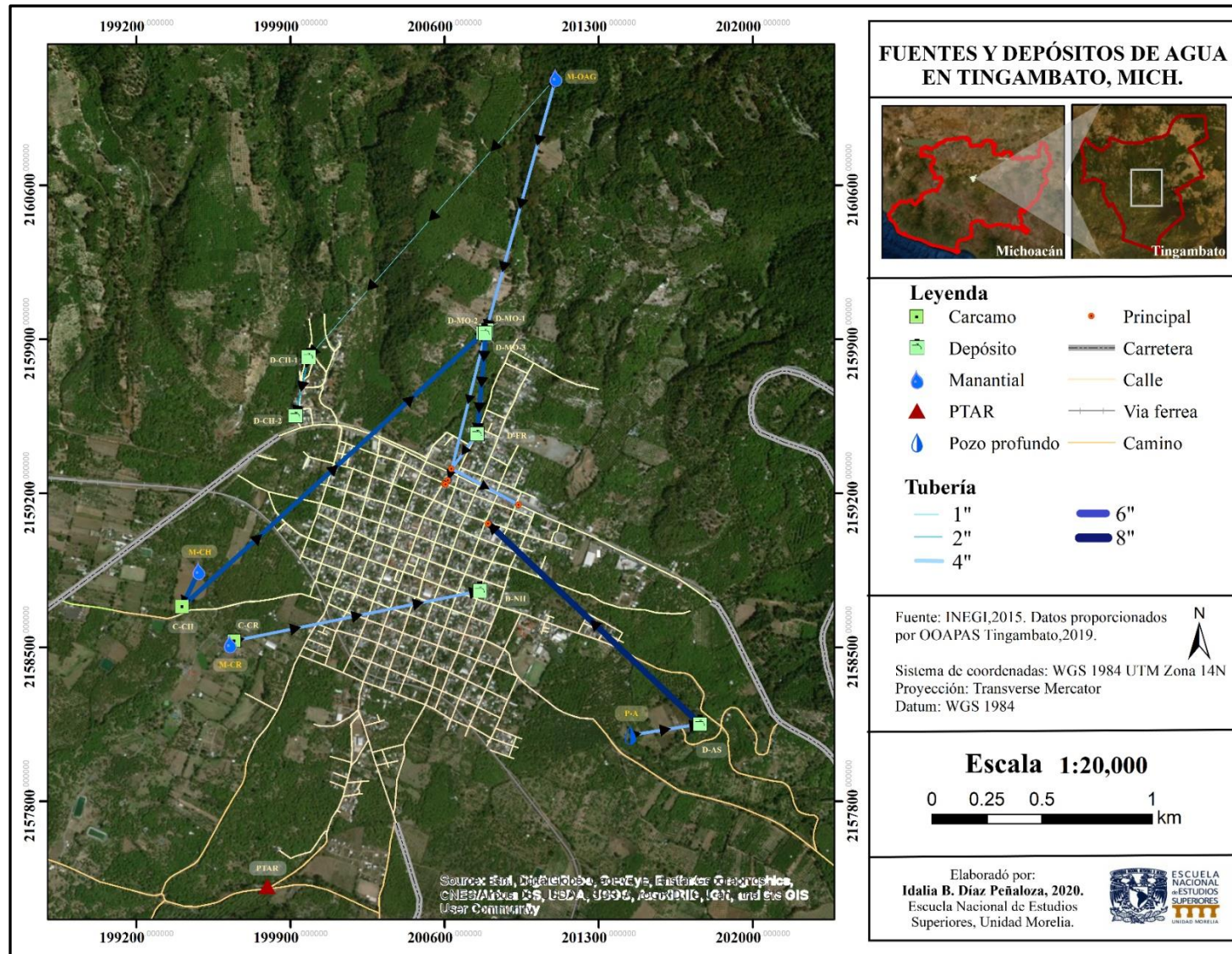
**Tabla 7**

*Descripción de depósitos y cárcamos de la red de agua potable de Tingambato.*

ID	Tipo	Nombre	Coordenadas		Altitud (msnm)	Capacidad almacenamiento (L)	Fuente	Tubería (Fuente a depósito)
			X	Y				
<b>D-MO</b>	Depósito	El molinito	200789	2159939	2069	350,000*	M-OAG	4"
<b>D-FR</b>	Depósito	El fresno	200748	2159469	2014	180,000	D-MO(depósito grande)	6"
<b>C-CR</b>	Cárcamo	Las cruces	199644	2158529	1946	18,000	M-CR	6"
<b>C-CH</b>	Cárcamo	Churimicuaro	199407	2158684	1924	192,000	M-CH	6"
<b>D-NH</b>	Depósito	Niños Héroe	0200761	2158757	1983	230,000	C-CR	4"
<b>D-AS</b>	Depósito	El Aserradero	0201761	2158151	2010	350,000	P-A	2"
<b>D-CH-1</b>	Depósito	Las Charandas 1	199982	2159819	2012	50,000	M- OAG	1"
<b>D-CH-2</b>	Depósito	Las Charandas 2	199922	2159551	1970	30,000	M-OAG	2"
<b>PTA R</b>	Agua Residual	Planta de tratamiento de Aguas Residuales	201763	2158151	1874	NA	Red de drenaje del municipio de Tingambato	

*Nota.* \*Volumen total de los tres depósitos.

**Figura 10.** Mapa de fuentes, depósitos, cárcamos y válvulas principales de la red de agua potable de la cabecera municipal de Tingambato.



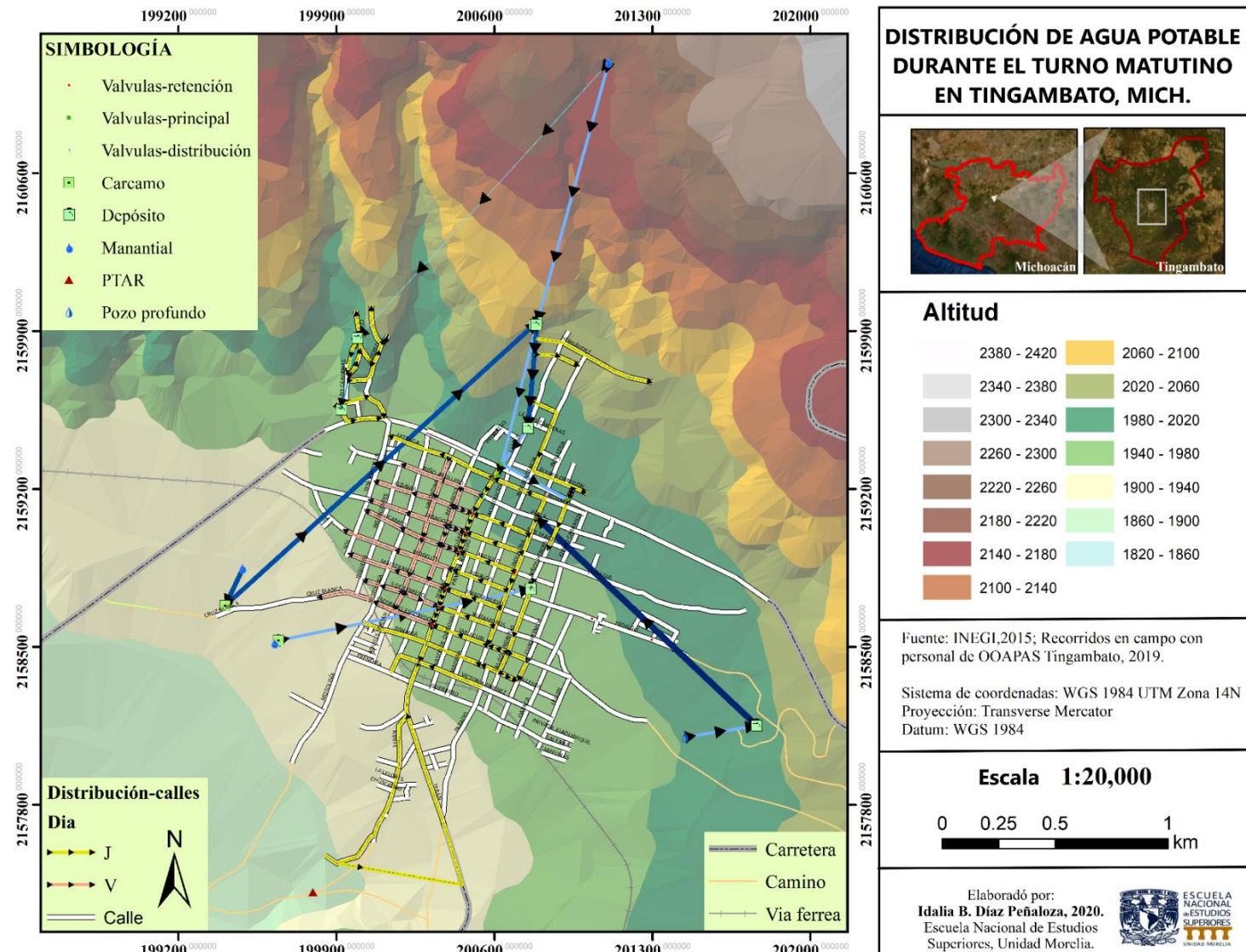
### **11.3.3 Infraestructura y red de distribución: flujos y circulación.**

El 50% de las tuberías de la RAP son de concreto, el resto son de material PVC, el cambio de concreto a PVC se ha hecho paulatinamente sobre todo aprovechando cuando se pavimentan nuevas calles.

La red de distribución de agua potable sigue el trazo de las calles de la cabecera municipal a través de tuberías principales, secundarias y conexiones domiciliarias. La distribución de agua potable en Tingambato se realiza por tandeos (secciones); un día se distribuye a dos barrios: 1 y 4, los cuales se muestran en el mapa de la figura 11 con color amarillo (J), mientras que al siguiente día se distribuye a los barrios 2 y 3 en color naranja (V); es decir que se brinda el servicio de agua potable cada tercer día. De igual modo, la distribución se divide en dos horarios: por la mañana y por la tarde. Por cuestiones de tiempo, dificultades técnicas y porque el objetivo central no era sino mostrar la complejidad de la red, en la figura 11 se muestra únicamente la distribución del horario matutino, sin embargo, para futuros trabajos sería importante contemplar la distribución en el horario vespertino.

La distribución se realiza por gravedad de norte a sur, de la parte más alta, cercana a la carretera nacional, a la parte baja. La red consiste en distintas válvulas que para el presente trabajo se han clasificado en retención, distribución y principales, las cuales se abren y se cierran en función de la calle que se distribuye. Válvulas principales son aquellas que reciben el agua directa de los depósitos y por tanto es donde comienza la distribución de agua en la zona urbana de la cabecera municipal. Las válvulas de retención son aquellas que sirven para retener y acumular el agua por cierto tiempo, estas en conjunto con las de distribución se utilizan para llevar a cabo la distribución del agua de las calles principales al resto de los usuarios.

Figura 11. Mapa de distribución de agua potable durante el turno matutino en la cabecera municipal de Tingambato.



La dinámica de distribución es compleja; el servicio de agua potable está a cargo de dos trabajadores del OOAPAS (bomberos o fontaneros), quienes se encargan del encendido y apagado de bombas eléctricas, regulación de las válvulas para la distribución del agua por secciones, y el mantenimiento general de la infraestructura y maquinaria. Es de destacar que los bomberos son los que mejor conocen la complejidad del sistema y su funcionamiento para la distribución de agua potable en la comunidad. Esta situación en donde el conocimiento y responsabilidad de estas complejas redes se ha realizado de manera empírica y cuya dinámica recae sobre un limitado número de personal es común en comunidades con comités o juntas de agua, en particular coincide con lo reportado por Cervantes *et al.*, (2017) en comunidades rurales de la Ciénega de Chapala, Michoacán.

El tiempo que los hogares de las calles de Tingambato reciben el servicio parece no ser equitativo; esto debido a la configuración de la red; la ubicación de las válvulas principales (en verde) favorece a ciertas calles, las cuales reciben más horas al día el servicio en su casa o más días que el resto de las calles. Las válvulas principales ubicadas en la calle Juárez y Niños Héroe permiten que dichas calles reciban el servicio diario y por una cantidad mayor de horas.

En relación con eso, de acuerdo con la población entrevistada y los recorridos con los distribuidores de agua (bomberos) los usuarios de la RAP reciben agua entre 2 y 3 horas cada tercer día, esto hace necesaria/obligatoria la implementación de alguna estrategia de almacenamiento de agua para satisfacer las actividades del hogar durante este lapso en que no se recibe el servicio, sobre este tema se ahondará en el apartado 12.1 del uso y manejo de agua intradomiciliaria.

#### **11.3.4 Lavaderos comunitarios.**

Tingambato se divide en cuatro barrios, cada uno cuenta con un lavadero comunitario, cuyos usuarios principales son los habitantes del barrio correspondiente. Los lavaderos cuentan con una tubería directa desde los depósitos de agua, manteniendo una disponibilidad permanente del recurso en los mismos. En la figura 12 se observa la tubería directa representada con líneas naranjas, desde los depósitos a los lavaderos las cuales tienen un diámetro de 1". Al norte se encuentran los lavaderos del barrio 1 (en café) y 2 (en azul) los cuales se abastecen del depósito el molinito (D-MO). Dicho depósito almacena agua del manantial ojo de agua grande (M-OAG) y manantial Churimicuaro (M-CH), de modo que dichos manantiales son las fuentes de agua del lavadero 1 y 2. Al sur se localizan los lavaderos 3 y 4 cuya fuente principal es el cárcamo las cruces (C-CR), por tanto, el agua de estos lavaderos proviene del manantial las cruces (M-CR).

Los lavaderos comunitarios, además de ser un lugar importante en muchos hogares para llevar a cabo y completar las distintas actividades de limpieza en el hogar, es un punto de encuentro al que asisten mayoritariamente mujeres, quienes en su mayoría son las encargadas de llevar a cabo las tareas del hogar. Los lavaderos son utilizados principalmente para lavar ropa, es una actividad que, aunque es necesaria no se coloca en los primeros lugares de prioridad en los hogares como sería disponer de agua para lavar los trastes, el uso del sanitario, etc. Esto, aunque parezca evidente se encuentra relacionado con la dinámica de las actividades y priorización estratégica del uso del agua al interior del hogar; es más importante utilizar la poca agua de la que disponen en los hogares en actividades diarias como lo es el baño, lavar los trastes, higiene personal, cocinar, etc, o bien actividades que requieren de la disponibilidad del agua en el sitio, por ejemplo: regar las plantas, lavar el patio, etc, que actividades de limpieza más versátiles como el lavar la ropa,

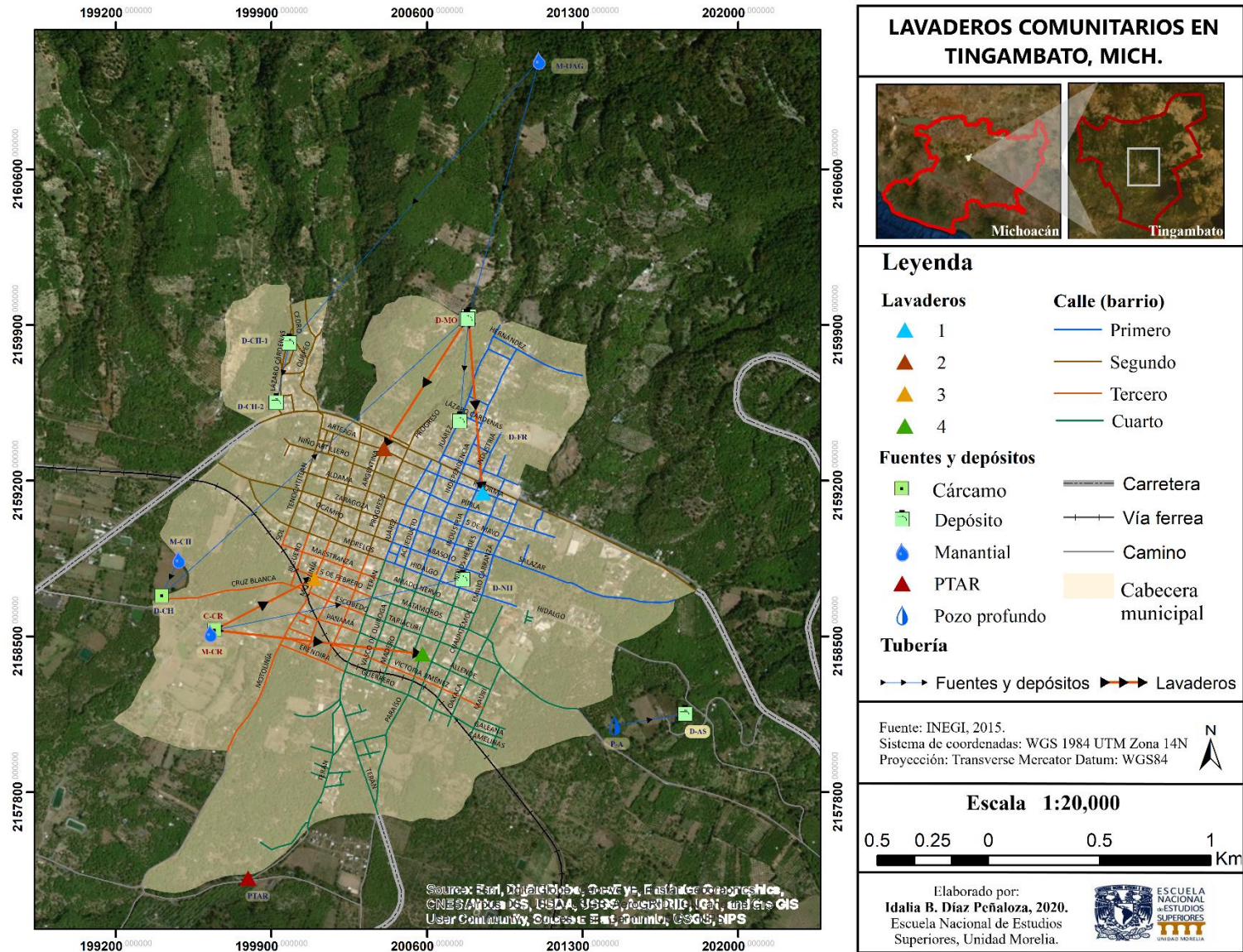


actividad que se puede realizar quizás una vez por semana y que no requiere estrictamente realizarse en el hogar, sino que se puede realizar en otro sitio como los lavaderos comunitarios.

Los lavaderos son lugares poco iluminados, que en su mayoría se encuentran en obra negra, sin instalación de luz, con poca seguridad. Dos de los lavaderos están cercados y tienen puerta lo que nos hace pensar que se han tenido experiencias de inseguridad en estos sitios. Al respecto, durante los talleres realizados con alumnos del bachillerato los lavaderos fueron reconocidos como sitios donde se sentían inseguros. Por otro lado, durante los recorridos de campo se observaron botes de plástico de productos de limpieza, al interior de las piletas se encontraron algunos recipientes de los mismos y basura.

En cuanto a los usuarios de los lavaderos se identificaron como principales usuarios a las mujeres, quienes comúnmente son las encargadas de las tareas del hogar. Sin embargo, la población también identifica a algunos productores de aguacate como usuarios de los mismos, los cuales según narran los habitantes en ocasiones llenan sus pipas directo del lavadero. El resto de la población se perciben como usuarios esporádicos.

Figura 12. Mapa de barrios y lavaderos comunitarios en la cabecera municipal de Tingambato.



#### *11.4 Conflictos, problemáticas y deficiencias*

Entre las problemáticas identificadas desde el OOAPAS se encuentra la reducción del caudal de las fuentes de agua del municipio, tanto temporal/estacional (secas-lluvias) como históricamente; este fenómeno lo asocian con la tala y reducción de la superficie forestal, un ejemplo que se encuentra presente en la población es la drástica reducción del caudal del manantial Ojo de Agua Grande, cuyo caudal hace aproximadamente 25 años era de 20 L/s, mientras que en la actualidad es de 2 L/s.

Existen disputas sobre algunas fuentes de agua; algunas se encuentran en propiedad privada, lo que complica el acceso, vigilancia, gestión y control sobre el aprovechamiento del mismo, así como desacuerdos sobre quién tiene derecho al aprovechamiento de la misma. El pozo artesiano, así como el manantial las cruces se encuentran en propiedad privada, el modo en que se ha resuelto hasta el momento es brindándoles una toma directa de aprovechamiento a los propietarios del terreno aparte del volumen concesionado al OOAPAS del Municipio.

Otro de los puntos de conflicto identificados es la colonia de las charandas; en donde se encuentran dos depósitos de distribución en propiedad privada, el personal de la RAP ha tenido problemas en cuanto al acceso al área y por tanto para la administración y vigilancia del servicio de agua potable en esta zona. Se han identificado tomas ilegales y la falta de pago por parte de los usuarios; ante la falta de pago debido al tipo de la RAP no se puede cortar el servicio de agua, pues la suspensión del servicio implicaría la suspensión para todos los usuarios de la cabecera municipal.

De igual modo, uno de los problemas identificados desde el personal de OOAPAS es la falta de difusión e importancia que se le da a las obras hidráulicas, los directivos del OOAPAS

comentaron que “Como generalmente son obras que no se ven a simple vista, muchas veces se prefiere no invertir en ellas”.

A partir de algunas pláticas informales (de reconocimiento) con población en general (amas de casa, comerciantes o que no son directamente aguacateros) surgió lo siguiente:

Cuando se les preguntaba directamente si identificaban algún conflicto o problema en cuanto al agua a escala comunidad (¿Hay problemas de agua aquí?) la gran mayoría respondía que no, que el agua en el pueblo en realidad no hace falta; Sin embargo, al indagar más sobre todas las fuentes y puntos de extracción de agua en la comunidad se evidenciaron algunos conflictos a una escala menor que la comunidad, razón por la cual no son percibidos inmediatamente como conflictos generales. Algunos de los problemas que señalaban fueron el gran número de norias y ollas que hay en el pueblo, así como la gran cantidad de agua que se utiliza para las huertas, las irregularidades en cuanto a permisos, señalando que *“Aunque las leyes dicen que, si el vecino tiene un pozo, tú no puedes tener uno, a cierta cantidad de metros, la gente lo hace y pues no hay ni quien le diga nada”*, si bien no se reconoce que actualmente haya problemáticas de agua en la comunidad si se perciben algunas amenazas, esto evidencia que existe falta de información y/o una percepción limitada de la situación real presente sobre el uso, la distribución y el acceso agua a los distintos usos que representa una amenaza para la disponibilidad y calidad hídrica del municipio y la región.

La población (aguacateros, estudiantes de bachillerato, amas de casa) no percibe en primer momento una problemática general del agua en la comunidad (ya sea de escasez o contaminación), sin embargo, tienen presentes algunos conflictos e irregularidades en cuanto a la gestión del recurso en la comunidad, cuesta visualizar los posibles problemas que podrían surgir a futuro si se continúa explotando los recursos hídricos como se ha hecho hasta ahora. La mayoría piensa que

en Tingambato hay mucha agua, y en realidad problemas de escasez no habrá. Esto representa por un lado la información a la que tiene acceso la población, el modo en que se ha distribuido el volumen de agua a los distintos usuarios y la continua apertura de nuevos puntos de extracción, principalmente norias que hasta el momento de algún modo han permitido que permanezca esa visión sobre la disponibilidad infinita del recurso.

## **12. Usos y usuarios del agua.**

Entre los componentes del diagnóstico de bienes hídricos se encuentran los usos y usuarios del agua, los cuales se identificaron a partir del taller con el bachillerato de Tingambato, encuestas intradomiciliarias a jefes y jefas de familia, pláticas informales con la población general, entrevistas y recorridos con autoridades del OOAPAS y productores de aguacates. Se optó por enfocarse en estos actores pues se consideró que cumplen un rol clave en cuestiones de usos del agua en la comunidad.

Una de las premisas del interés de trabajar con jóvenes de nivel bachillerato fue conocer la percepción que tiene esta parte de la población sobre la situación actual del agua en Tingambato considerando que se encuentran muy próximos a su inserción a la vida adulta-laboral, que tienen y tendrán un rol importante en la comunidad como futuros tomadores de decisiones en cuestión de acceso, uso y demanda de agua en la comunidad. Por otro lado, conocer la percepción de las jefas y jefes de familia nos permite tener una visión desde la escala domiciliaria, desde dónde se vive el día a día de la población y donde pueden percibirse de manera más directa/inmediata los problemas de escasez, contaminación y conflictos sobre el acceso, disponibilidad de agua y aptitud (en cuestiones de calidad) para su uso. La entrevista con las autoridades aporta desde visión estructural sobre el sistema y el funcionamiento de distribución, desde la percepción de la institución

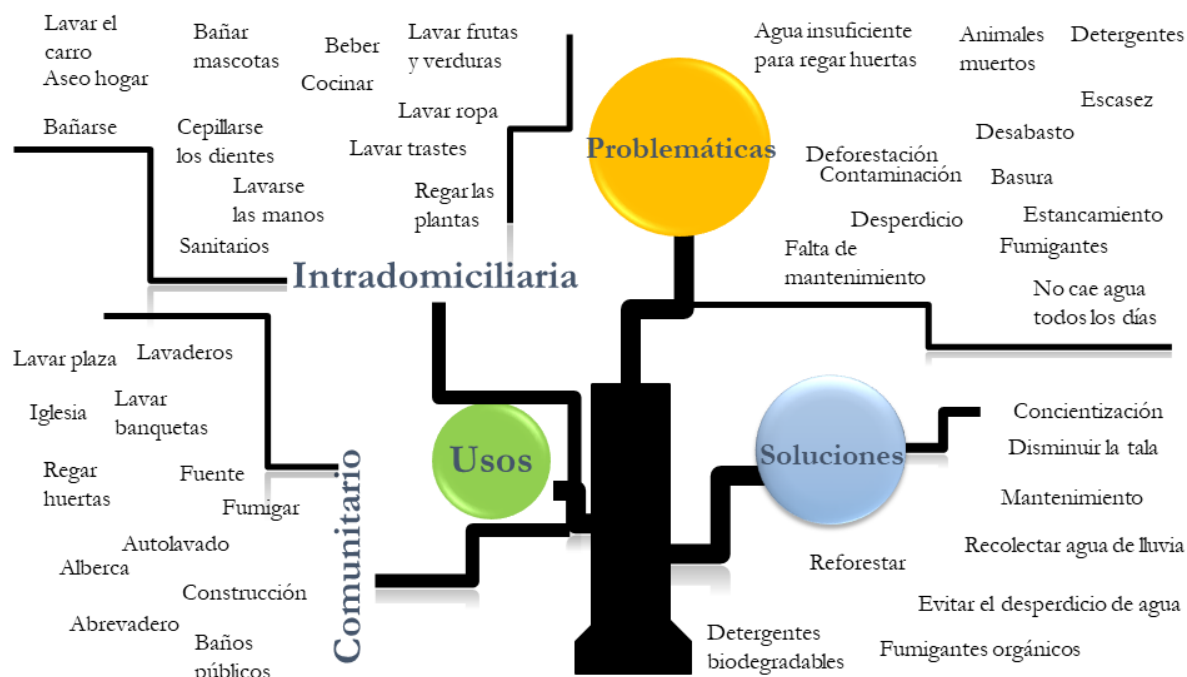
encargada de hacer llegar el agua a los hogares, que conoce las principales fuentes de agua, su nivel estacional, los tiempos y dinámicas de distribución, costos y de lo cual depende en una parte importante el acceso y disponibilidad de agua del municipio. Finalmente, consideramos que los productores de aguacate son actores clave que representan el sector productivo agrícola de la comunidad, puesto que fungen como el sostén económico de la mayoría de la población de manera directa o indirectamente, además de ser de las actividades que demanda una gran cantidad de agua en la región.

A partir del taller con los alumnos de nivel bachillerato de la comunidad se identificaron dos usos principales en las que se emplea el agua: Agrícola y doméstico. De éstos, se posiciona al uso doméstico en primer lugar en cuanto a cantidad de agua empleada; esto bajo el argumento de que las huertas de aguacate en su mayoría son de temporal y no se riegan todo el año. Durante el taller se organizó a los alumnos en grupos focales, donde se comentaron los principales usos del agua, problemáticas y posibles soluciones. A partir de los grupos focales se generó un listado general que se observa en la figura 13. Los problemas identificados se relacionan principalmente con aspectos físicos del recurso (escasez, agentes y acciones contaminantes). Por su parte las posibles soluciones y reflexiones generadas en el taller van en torno a acciones de difusión, concientización sobre los usos actuales del agua y reducir el volumen utilizado en las actividades, es de destacar que estas acciones se las planteaban a nivel intradomiciliario con acciones como reutilizar el agua en las distintas actividades del hogar, cerrarle a la llave, etc. Mientras que a nivel comunidad resaltó el tema de recolectar agua de lluvia a través de las ollas como una solución a las problemáticas del agua, sin embargo, consideramos que esta puede ser una solución parcial presente en la comunidad, pero que también representa una amenaza a largo plazo que compromete

el recurso hídrico y por tanto su disponibilidad para la población; este tema se aborda en la sección 12.2.4.

### Figura 13

*Usos del agua a nivel comunitario e intradomiciliario, problemáticas y soluciones identificadas a partir del taller con alumnos de nivel bachillerato de Tingambato.*



*Nota.* Se muestran de manera resumida los usos identificados a escala comunitaria e intradomiciliaria, así como las problemáticas y posibles soluciones en torno al agua.

Finalmente, a través de los comentarios, experiencias y problemáticas vividas y compartidas en el taller se logró la siguiente reflexión con los alumnos: Las problemáticas del agua no son únicamente problemas de escasez (física) y/o contaminación, tienen una connotación social y política que define quién tiene acceso, en qué medida (frecuencia) y con qué calidad.

## 12.1 Uso y manejo de agua intradomiciliaria

### 12.1.1 Encuestas a jefes y jefas de familia para conocer la situación del agua en Tingambato (Apéndice 2).

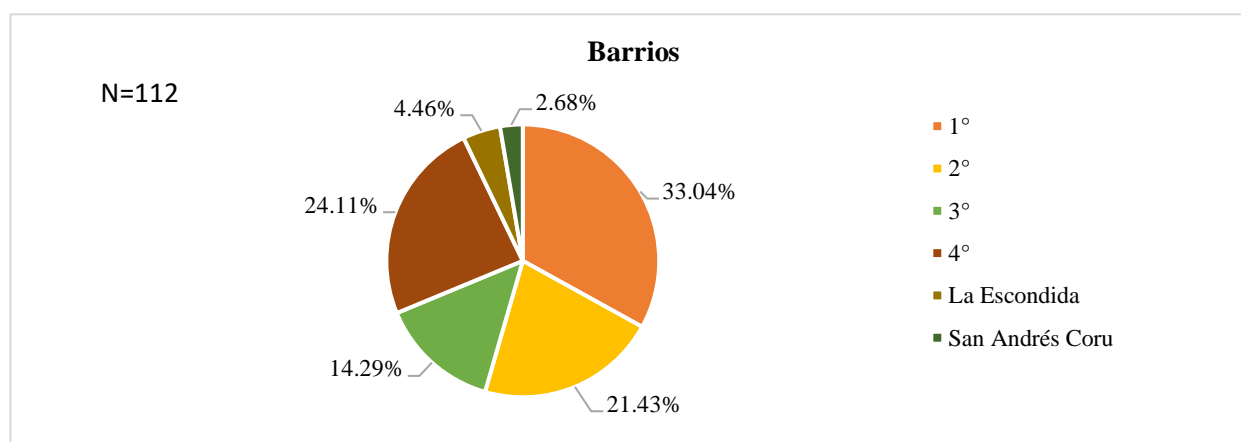
En total se realizaron 112 encuestas. 37 en el barrio 1°, 24 en el barrio 2°, 16 en el barrio 3°, 27 en el barrio 4°, 5 en la Escondida y 3 en San Andrés Corú (Figura 14). El análisis de las encuestas se llevó a cabo a escala comunitaria, contemplando información general sobre el agua en Tingambato y escala intradomiciliaria, abarcando información sobre el uso y manejo del agua al interior de los hogares.

#### *Escala comunitaria*

*Información sobre la situación del agua en la comunidad.*

**Figura 14**

*Porcentaje de los barrios a los que pertenece la población encuestada.*



*Nota.* Muestra la distribución de la población encuestada según el barrio donde viven.

La población identifica manantiales, pozos y norias como fuentes principales que abastecen de agua a Tingambato; entre los cuales mencionaron el manantial Ojo de agua grande y pozo profundo.



Respecto a los principales usos del agua a escala comunitaria se identificaron los siguientes: Agricultura (huertas de aguacate), Doméstico y Comercios. En cuanto al volumen de agua utilizado en cada uno de estos, la mayoría de los encuestados coinciden que la actividad en la que se utiliza más agua es en las huertas de aguacate, seguido del uso doméstico, en tercer lugar, el agua destinada en los comercios y en cuarto lugar otros usos, donde destacan el agua utilizada en auto-lavados (Tabla 8).

El uso de agua en las huertas lo asocian principalmente al riego, pues es en esta actividad donde se emplea una gran cantidad de agua. Sin embargo, es interesante que no se tome en cuenta aquellas huertas de temporal donde, aunque no se rieguen se utiliza una cantidad importante de agua únicamente para las fumigaciones. Por otro lado, uno de los actores que no fue mencionado y que consideramos son claves en el uso del agua son las potabilizadoras de agua. En la cabecera municipal hay dos potabilizadoras, una comunal y otra particular. La purificadora comunal ‘comburinda’ surgió en agosto del 2018. El proyecto se gestionó con la casa comunal, en busca del beneficio de la comunidad, con el fin de abaratar el agua para consumo humano. La purificadora utiliza 5,000 litros de agua provenientes del pozo artesiano y envasan entre 100 y 130 garrafones diariamente. El tratamiento de purificación consiste en una cloración en el tinaco, pasa por tanques de arena, carbón activado, después un filtro, luz ultravioleta y se almacena en unos tinacos donde se le vierten iones de plata y finalmente el filtro pulidor. Cada 6 meses una empresa privada evalúa el correcto funcionamiento de la purificadora, así como la calidad del agua considerando la ausencia de heces fecales y cloro residual.

**Tabla 8**

*Principales usos del agua en Tingambato ordenados en forma descendente en función del volumen de agua destinado a cada uno.*

Posición	Agricultura (%)	Doméstico (%)	Comercio (%)	Otros (%)
<b>1°</b>	<b>53.70</b>	23.15	16.67	6.48
<b>2°</b>	24.51	<b>48.04</b>	24.51	2.94
<b>3°</b>	8.08	27.27	<b>55.56</b>	9.09
<b>4°</b>	24.19	3.23	6.45	<b>66.13</b>

*Nota.* n=108. Porcentaje de encuestados que coinciden a qué actividades se emplea más el agua en la comunidad. La columna posición indica cómo acomodaron las actividades los encuestados según la cantidad de agua que se destina a los distintos usos, siendo el 1° la actividad a la que más agua se destina y 4° en la que se emplea menos agua. Ejemplo: El 53.7% de los encuestados coinciden en que la actividad en la que se emplea más agua (1°) es la agricultura.

Uno de los problemas identificados por el grupo de bachillerato de Tingambato fueron las fugas y el desperdicio de agua en la comunidad, por lo que se añadió una pregunta al respecto en la encuesta; 60.87% de los encuestados afirmaron haber observado alguna fuga en las calles de Tingambato, mientras que el 39.13% mencionó no haber observado ninguna. Los lugares donde se han observado fugas corresponden al Ojo de agua grande, El molinito, lavaderos comunitarios, en las calles: Pípila (Barrio 1), Benito Juárez (principal) y Acueducto.

#### ***Servicio de agua potable de Tingambato.***

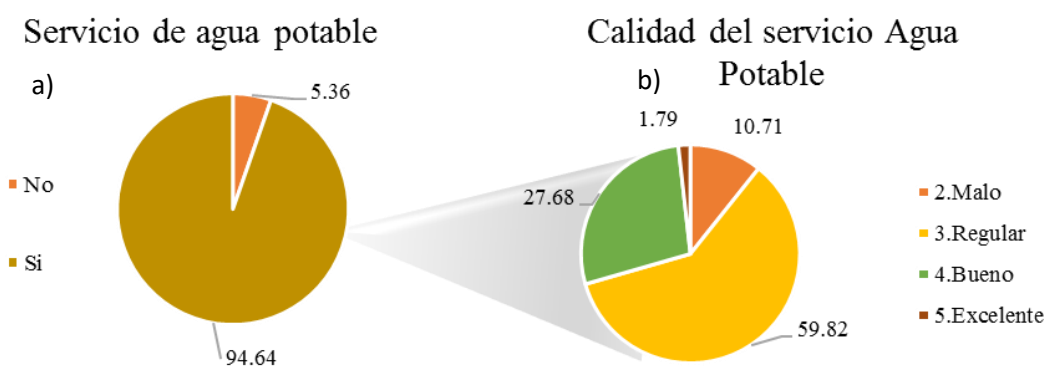
De las 112 personas encuestadas, la mayoría (94.64%; 106) cuentan con el servicio de agua potable, mientras que el 5.35% (6) manifiesta no contar con este servicio. Esto coincide con los

datos proporcionados por INEGI, (2017) donde se reporta que el 93.77% de la población tiene acceso al agua ya sea dentro de la vivienda o fuera de la vivienda, pero dentro del mismo terreno.

De los usuarios, el 59.82% de los encuestados consideran que el servicio de agua potable de la comunidad es regular, 27.68% considera que es bueno, 10.71% considera que es malo y finalmente únicamente el 1.75% lo percibe como excelente. Durante las encuestas algunos usuarios comentaron que consideraban que el servicio era regular a bueno porque consideraban que el agua era de buena calidad, sin embargo, la cantidad y frecuencia del mismo no era suficiente.

### Figura 15

*Acceso al servicio de agua potable y percepción sobre la calidad de este.*

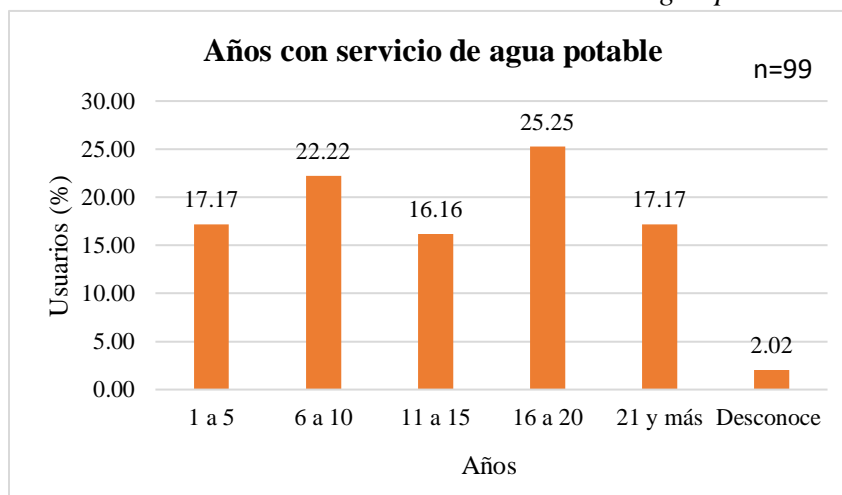


Nota. a) Porcentaje de la población con servicio de agua potable, n=112 b) Percepción sobre la calidad del mismo, n=106.

El 25% de los usuarios encuestados cuentan con el servicio de agua potable desde hace 16 a 20 años, el 22% desde hace 6 a 10 años, el 17.17% desde hace 1 a 5 años, el 17.17% desde hace 21 o más años, y el 16.16% desde hace 11 a 15 años. Mientras que el 2.02% desconoce (Ver figura 16). En estas encuestas no se mostraron diferencias significativas entre los barrios y los años con que han contado con el servicio de agua potable (Shapiro Wilk= 0.802570,  $p < 0.0001$ ; K-W=2.5083,  $p=0.7752$ ).

**Figura 16**

*Tiempo que han contado con toma domiciliaria de servicio de agua potable.*



*Nota:* n=99

La mayor parte de los usuarios (72%) manifiestan recibir el servicio de agua potable 3 días a la semana, el 14% recibe agua 4 o más días a la semana, seguido del 13% que reciben agua 2 días a la semana y finalmente únicamente un usuario manifestó recibir el servicio 1 día a la semana. Alrededor de la mitad de los encuestados (45.54%) reciben de 1 a 2 horas los días que se les brinda el servicio de agua, el 33.66% recibe de 2.1 a 3 horas, el 15.84% de 4 o más horas, mientras que el 4.95% recibe agua de 3.1 a 4 horas (Figura 17).

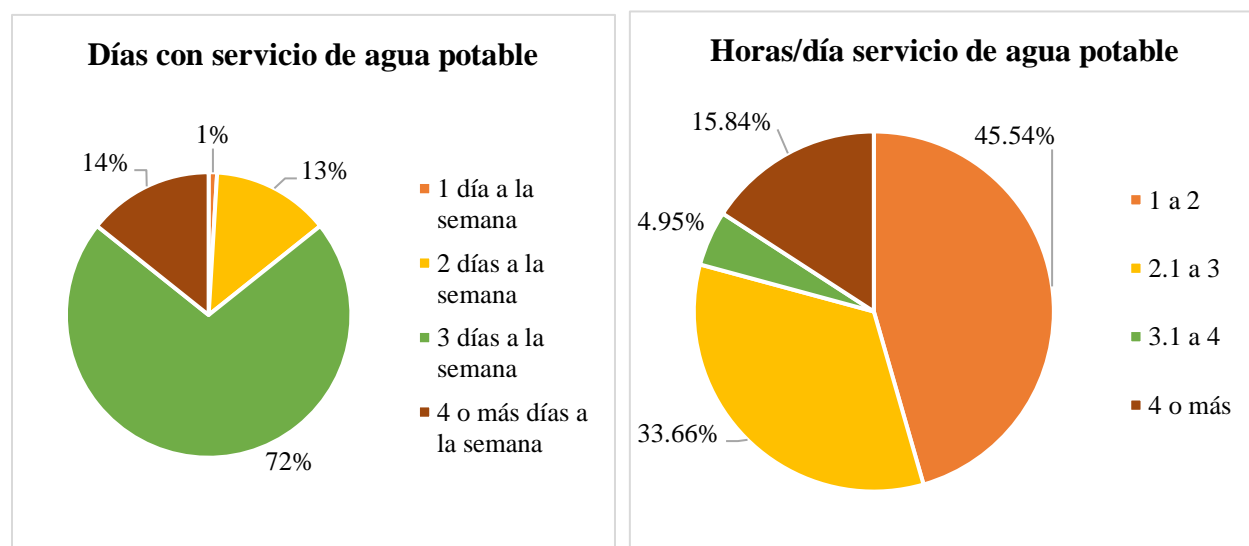
El 60.38% (64 usuarios) mencionan que no reciben la misma cantidad de agua durante todo el año, mientras que el 39.62% afirman recibir la misma cantidad de la red de agua potable. De los que no reciben la misma cantidad todo el año, el 95.65% menciona que varía más en secas y/o calor, mientras que el 4.35% considera que varía más en temporada de lluvias.

El 61.9% de los encuestados consideran que el monto que pagan por el servicio de agua potable es adecuado, el 29.52% no está de acuerdo ni en desacuerdo con el monto que se paga, mientras que el 8.57% no lo considera adecuado principalmente debido a las irregularidades

temporales de este servicio; a veces no es de buena calidad y en temporada de secas reciben menor cantidad.

**Figura 17.**

*Tiempo que los usuarios reciben el servicio de agua potable.*

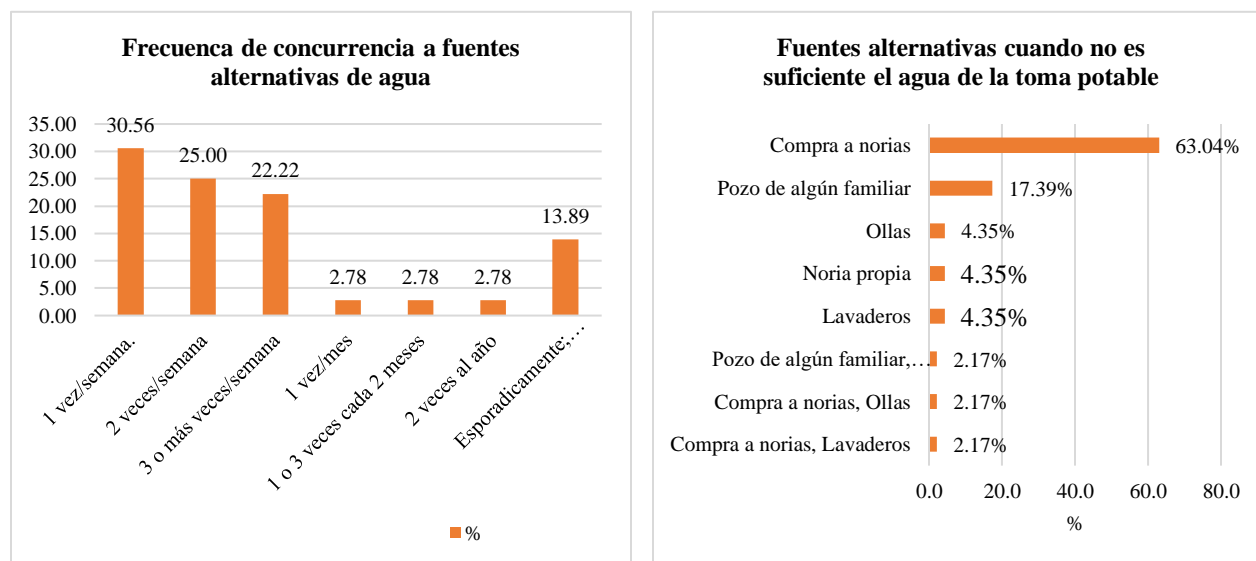


*Nota.* a) Muestra los días a la semana que cuentan con el servicio de agua potable. b) Horas al día que reciben agua potable en su toma domiciliaria (n=106).

Un poco más de la mitad de los encuestados (57%; 60) afirman que el servicio que reciben por parte de la red de agua potable les es suficiente para realizar las actividades básicas del hogar, el 28.57% (30) menciona que a veces, mientras que el 14.29% (15) manifiesta que no le es suficiente. Del total de los que mencionan que a veces o nunca les es suficiente el agua que llega por medio del servicio de la red de agua potable, para satisfacer/completar las actividades del hogar en las que se utiliza agua, el 63% compra a norias, 17.39% la obtiene del pozo de algún familiar y el 4.35% de Ollas, Noria propia y lavaderos.

**Figura 18**

*Fuentes de agua complementarias a la red de agua potable.*



*Nota.* a) Frecuencia de concurrencia (qué tan seguido recurren a estas fuentes alternativas) por parte de la población que cuenta con toma de agua potable a fuentes alternativas para el suministro de agua. b) Principales fuentes alternativas de agua a la red de agua potable (Gráficas construidas a partir de la población que reportó que el agua suministrada por la red de agua potable no les era suficiente o a veces, n=45).

De los habitantes que recurren a fuentes alternativas y/o complementarias de agua; el 30.56% recurren a estas fuentes alternativas 1 vez a la semana, 25% dos veces a la semana, 22.22% 3 o más veces a la semana. Esto significa que el 77.78% recurre a estas fuentes más de una vez a la semana.

Si bien de acuerdo con nuestros resultados y con información de INEGI, (2017) el porcentaje de población con acceso al agua mediante la red de agua potable es alto (93-94%), alrededor del 43% de esta parte de la población encuestada manifiesta que ‘no’ le es suficiente o ‘a veces’, esto implica la búsqueda de fuentes alternativas de agua que suministren y

complementen el volumen requerido para llevar a cabo las actividades mínimas en el hogar. Esta información sustenta la importancia de realizar estudios sobre el agua con un enfoque comunitario y local; los datos oficiales son datos robustos, brindan una idea general sobre la comunidad, pero al mismo tiempo ocultan la complejidad de las estrategias que se realizan al interior de la comunidad para complementar y garantizar el abasto hídrico. Al indagar más sobre los flujos y circulación del agua en la comunidad se manifiestan las adaptaciones y estrategias que la población lleva a cabo para tener acceso al agua y satisfacer las necesidades básicas, al mismo tiempo que resalta la persistencia de problemas de un acceso al agua frecuente, suficiente y con buena calidad.

Por otro lado, respecto a los usuarios que mencionaron no contar con toma de agua potable, la mitad (3) pertenecen al barrio 3°. Entre las estrategias de acceso al agua que han implementado se encuentran la compra a norias, pozo de algún familiar, y el uso del agua de lavaderos comunitarios. Esta parte de la población sin acceso al agua potable recurren a estas fuentes alternativas con una frecuencia de más de una vez a la semana (entre una a tres o más veces por semana). Esta situación implica que cada persona resuelva el acceso al agua por cuenta propia sin que haya una entidad reguladora, por un lado, el volumen y calidad suficiente del recurso no se está garantizando y por otro que se desconoce el volumen real que se extrae de las fuentes y por tanto se compromete la vida de los acuíferos.

### ***Escala intradomiciliaria***

Uno de los principales usos del agua identificados en Tingambato fue el uso doméstico. La Organización Mundial de la Salud define el agua doméstica como aquella utilizada para todos los propósitos domésticos incluyendo el consumo, higiene personal y la preparación de alimentos (OMS., 2011). Identificar los usos domésticos es de utilidad en principio para evidenciarlos y contextualizarlos, así como para entender la cantidad mínima requerida en escala doméstica y por

tanto para entender las opciones de manejo de la misma. Es relevante pues el uso en actividades de consumo e higiene tiene consecuencias directas para la salud en relación con las necesidades fisiológicas y el control de enfermedades infecciosas y no infecciosas (White *et al.*, 1972 y Thompson *et al.*, 2001, en WHO, 2003). Por otro lado, el uso productivo puede ser de carácter crítico en los hogares cuyo sustento depende de ello y por tanto tiene una influencia indirecta considerable sobre la salud humana.

En la tabla 9 se muestran las actividades al interior del hogar según el volumen de agua que se emplea en ellas, ordenadas de modo descendente, de modo que el número 1° representa la actividad donde se utiliza mayor cantidad de agua y el 9° donde se utiliza menor cantidad. De cada fila se seleccionó la actividad donde había mayor porcentaje de coincidencia sobre el modo en que los encuestados ordenaron las actividades del hogar respecto al volumen de agua destinado a las mismas (negritas) con el fin de obtener un orden general. En virtud de ello, se encontró mayor coincidencia en que la actividad donde más se emplea agua es en lavar la ropa (1°), seguido de actividades de Higiene personal (2°), Cocinar (3°), Limpieza del hogar (4°), Lavar trastes (5°), Sanitarios (6°), Regar las plantas (7°), Beber (8°) y Otros (9°).

Ante una situación de escasez de agua en el hogar las actividades a las que mencionaron se les da prioridad en orden descendente son: Cocinar (1°), Higiene Personal (2°), Lavar trastes (3°), Lavar ropa, Sanitarios, Limpieza del hogar, Regar plantas (Tabla 10).



**Tabla 9**

*Actividades al interior del hogar ordenadas en sentido descendente según el volumen de agua destinado a las mismas.*

Posición	Lavar ropa	Higiene personal	Cocinar	Limpieza del hogar	Lavar trastes	Sanitarios	Regar plantas	Beber	Otros
1°	<b>24.77</b>	19.82	6.25	14.41	2.22	2.78	7.34	11.21	0.00
2°	10.09	<b>23.42</b>	17.86	7.21	17.78	19.44	11.01	14.95	4.48
3°	18.35	17.12	<b>26.79</b>	8.11	13.33	20.37	9.17	9.35	4.48
4°	20.18	12.61	8.93	<b>17.12</b>	15.56	12.96	11.93	15.89	8.96
5°	6.42	13.51	13.39	18.92	<b>22.22</b>	17.59	14.68	12.15	5.97
6°	7.34	7.21	13.39	9.91	8.89	<b>21.30</b>	13.76	10.28	1.49
7°	3.67	3.60	7.14	18.92	11.11	2.78	<b>23.85</b>	17.76	4.48
8°	7.34	0.90	4.46	3.60	4.44	0.93	6.42	<b>6.54</b>	5.97
9°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>61.19</b>

*Nota.* Muestra el porcentaje de la población que coincide en la cantidad de agua que se utiliza para las distintas actividades, n=112.

**Tabla 10**

*Priorización de actividades en el hogar ante escasez de agua.*

Posición	Cocinar	Higiene personal	Lavar trastes	Lavar ropa	Regar plantas	Sanitarios	Limpieza del hogar
1°	<b>36</b>	33	16	12	3	4	2
2°	18	<b>35</b>	14	21	5	8	2
3°	16	17	<b>23</b>	16	13	13	5

*Nota.* Muestra el porcentaje de coincidencia de la población sobre la actividad sobre la cual se prioriza, n=102.

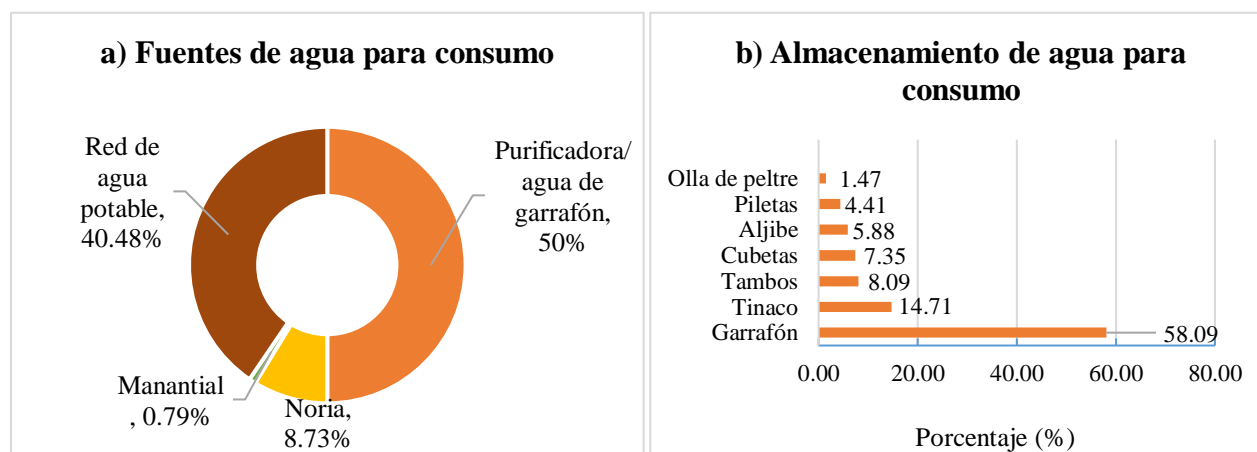
Para fines prácticos se clasificaron las actividades anteriormente identificadas en agua para consumo (cocinar y beber) y agua para uso general (Lavar ropa, higiene personal, limpieza del hogar, lavar trastes, sanitarios, regar plantas, otros).

### Agua para consumo

En cuanto al agua para consumo humano (beber y cocinar) el 50% de la población menciona que el agua destinada a estas actividades proviene de purificadoras y/o agua de garrafón, el 40.48% de la Red de agua potable mediante su toma domiciliaria, 8.73% de Noria y 0.79% (1 usuario) de manantial. El 58% de los encuestados mencionaron que el almacenamiento de agua para consumo (para beber y cocinar) se realiza en garrafones, el 14.71% mencionan los tinacos como medio de almacenamiento, Tambos (8.09%), Cubetas (7.35%), Aljibe (5.88%), Piletas (4.41%) y únicamente dos usuarios (1.47%) mencionaron las ollas de peltre como medio de almacenamiento de agua para el uso mencionado (Ver figura 19).

**Figura 19.**

*Fuentes y estrategias de almacenamiento de agua para consumo humano.*



*Nota.* Muestra a) Fuentes de agua para consumo humano b) Estrategias de almacenamiento del agua para consumo humano (cocinar y beber) n=112.

Es de resaltar que alrededor del 40.48% de la población utiliza el agua no purificada directamente de la red de agua potable para beber y cocinar. Esto representa un riesgo importante

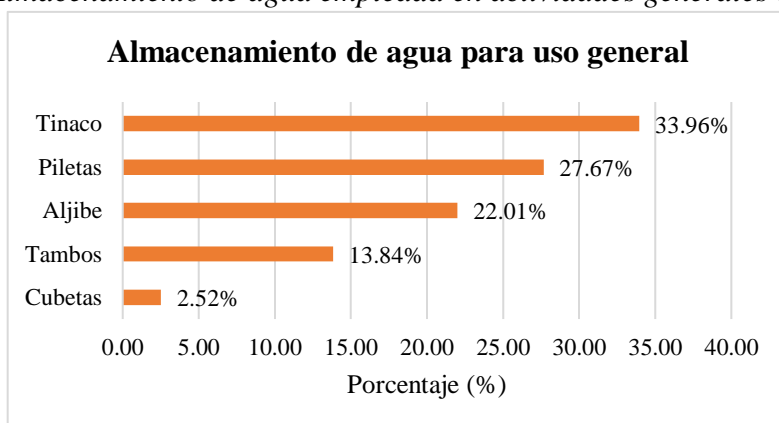
para la salud de la población en cuanto a incidencia de enfermedades gastrointestinales asociadas a la deficiente sanitización del agua.

### *Agua para uso general*

En cuanto al agua utilizada en las actividades de uso general como lavado de trastes, ropa, sanitarios, higiene personal, etc. La mayor parte de la población almacena el agua en tinacos (33.96%), seguido de Piletas (27.67%), Aljibes (22.01%), Tambos (13.84%), Cubetas (2.52%) (Figura 20).

**Figura 20.**

*Almacenamiento de agua empleada en actividades generales en el hogar.*



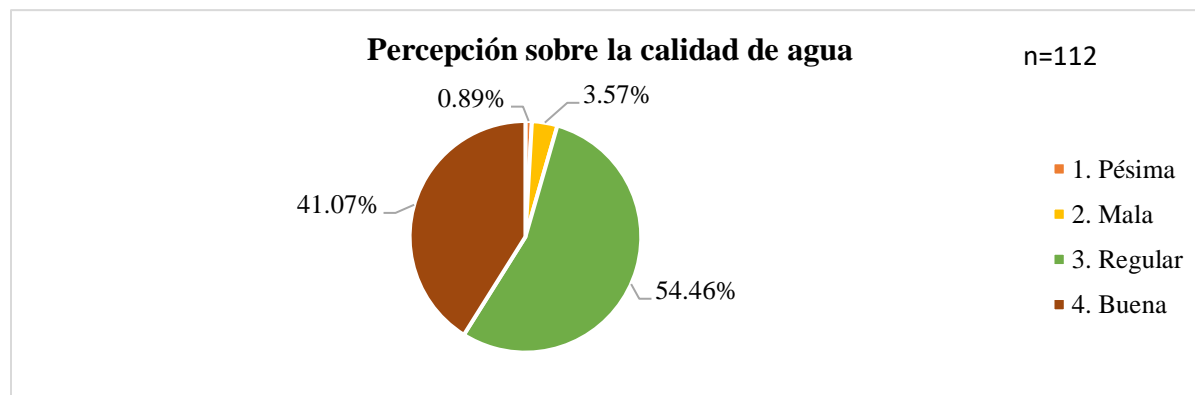
*Nota.* Se muestran las estrategias de almacenamiento de agua para uso general en el medio domiciliario (que no implican el consumo directo de la misma), n=112.

### *Percepción sobre la calidad de agua*

La figura 21 muestra la percepción que la población tiene sobre la calidad de agua intradomiciliaria, se observa que el 54.46% la considera como regular, 41.07% como buena, mientras que el 3.57% tiene una percepción de mala calidad y 0.89% la calificó como pésima.

**Figura 21.**

*Percepción sobre la calidad de agua en la escala domiciliar.*



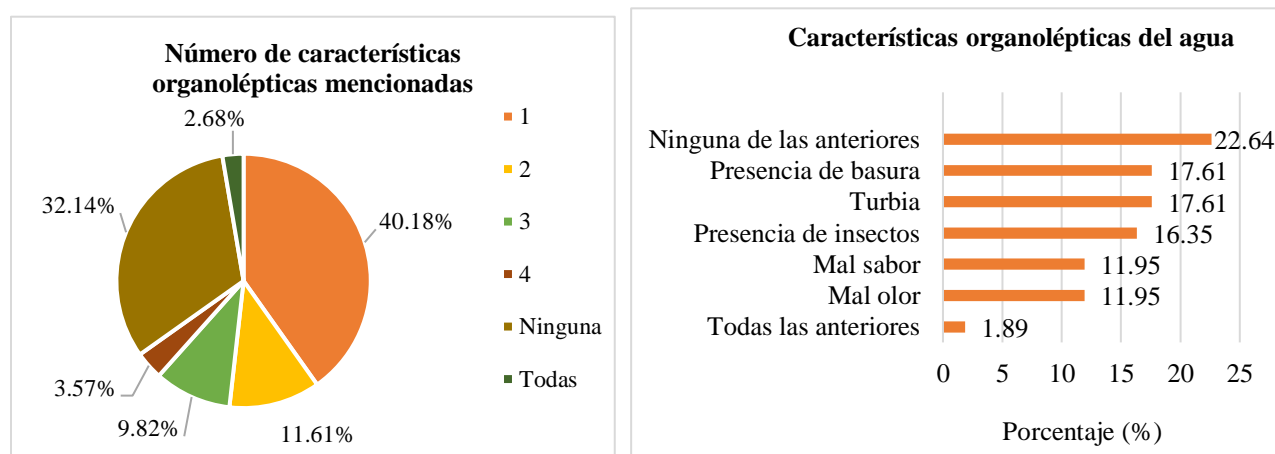
De acuerdo a las siguientes características organolépticas identificadas: Mal olor, mal sabor, turbia, presencia de basura, presencia de insectos en el agua intradomiciliaria, el 40.18% de la población mencionó una de estas características, 11.61% mencionó dos de estas características, 9.82% identificó 3, mientras que 3.57% identifica las 4 mencionadas, el 32.14% no percibe ninguna característica adversa al agua, y el 2.68% ha percibido todas las características mencionadas (Figura 22).

En todos los barrios se mencionó al menos 1 de estas características, sin embargo, la población del barrio 1° y 2° mencionaron un mayor número de características respecto al resto de los barrios.

En cuanto a las características identificadas se encuentra la presencia de basura (17.61%), Turbia (17.61%), Presencia de insectos (16.35%), Mal sabor y mal olor (11.95%) y únicamente el 1.89% de los encuestados mencionó todas las características. El 62.5% de los encuestados no asocia la época del año con la presencia de estas características, mientras que el 37.5% si lo hace, de los cuales alrededor de la mitad (51.43%) lo asocia con la temporada de lluvias, el 42.86% con la temporada de secas o calor, mientras que el 5.71% observa dichas características siempre.

**Figura 22.**

*Características organolépticas identificadas en el agua intradomiciliaria.*



*Nota.* Se muestra a) el número de características organolépticas identificadas en el agua de uso domiciliario y b) la frecuencia de las características mencionadas en porcentaje (n=112).

Estos resultados contrastan con la percepción en general que se tiene sobre la calidad del agua; a pesar de que la mayoría de la población la califica de buena a regular, el 67.86% identifica al menos una de las características mencionadas, ya sea mal olor, mal sabor, presencia de basura, presencia de insectos o todas ellas, a partir de ello derivan las siguientes cuestiones: ¿Qué perciben como un agua de buena calidad? y ¿Cuáles son los estándares poblacionales para calificarla como aceptable para las actividades a las que se destina?

Al respecto, el 62.5% de los encuestados afirman utilizar algún método de desinfección para uso y consumo humano, mientras que el 37.5% no utiliza ninguno. Entre los métodos de desinfección utilizados para consumo humano se encuentran hervir, clorar y filtrar mencionados en una proporción de 60.92%, 21.84% y 17.24% respectivamente, mientras que para el uso general se mencionó la cloración como principal método de desinfección.

### *Análisis estadísticos*

A partir de las respuestas obtenidas en las encuestas se realizaron algunas pruebas estadísticas con el fin de identificar la naturalidad de los datos, su distribución e identificar si había diferencias en cuanto a algunos aspectos clave en función del barrio al que pertenecían los encuestados.

En la tabla 11. se muestran los promedios de las horas semanales que se cuenta con el servicio de la red de agua potable en cada barrio; se observa que el promedio general es de aproximadamente 8.66 horas ( $\pm 7.56$ ) semanales y una mediana de 7.5 horas semanales.

**Tabla 11**

*Media de las horas semanales de servicio de agua potable por barrio.*

<b>Barrio</b>	<b>Media Horas/semana recibe agua</b>	<b>Desvest</b>
1°	8.22	4.53
2°	9.48	4.98
3°	8.00	4.15
4°	9.67	13.11
La Escondida	7.60	3.29
San Andrés Coru	4	0.00
<b>Total general</b>	8.66	7.56

*Nota.* Muestra la media de horas que se recibe el servicio de agua potable en los distintos barrios, n=106.

El análisis estadístico Shapiro-Wilk mostró una distribución no normal de los datos sobre las horas semanales que reciben el servicio de agua potable, por lo que se aplicó la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis la cual no mostró diferencias significativas entre los barrios. Esto significa que estadísticamente no hay diferencia en cuanto a las horas semanales que los usuarios reciben el servicio de agua potable (Tabla 12).

Con el fin de ahondar en los resultados sobre la percepción de la calidad de agua potable surgió la siguiente cuestión ¿Hay relación entre el número de características organolépticas que identifican y el Barrio?

La prueba Shapiro Wilk mostró que los datos del número de características organolépticas identificadas no se distribuyen de modo normal, mientras que la prueba Kruskal Wallis evidenció una diferencia significativa en cuanto a las mismas entre los barrios. Como se mencionó anteriormente en los barrios 1° y 2° se mencionaron un mayor número de características respecto al resto de los barrios (Tabla 12).

**Tabla 12.**

*Prueba Kruskal Wallis entre barrios sobre horas con servicio de agua potable y numero de características organolépticas identificadas.*

Parámetro	Shapiro Wilk W	P-value	GD	Tipo de distribución	Kruskal Wallis	p-value (K-W)	n
Horas/semana con servicio de agua potable.	0.898505	<.0001	3	No normal	6.9831	0.2219	106
N° Características identificadas.	0.818822	<.0001	3	No normal	32.2114	<.0001	4 barrios (112)

**12.2 El agua en las huertas de aguacate.**

A partir de entrevistas con trabajadores de la Junta Local de Sanidad Vegetal (JLSV) y productores de aguacate se obtuvo información acerca de las principales actividades en las que se destina el agua en las huertas, el volumen que se utiliza en un periodo determinado, las fuentes de agua, así como el manejo y tratamiento del agua al interior de las mismas.

La principal actividad económica en Tingambato es la agrícola, las huertas de aguacate alrededor de la cabecera municipal evidencian la estrecha relación que forma de manera directa o indirecta la población con las actividades que esta implica. La mayoría de las huertas son de tipo temporal, por lo que no se riegan; sin embargo, al indagar sobre las distintas actividades que implica el mantenimiento de una huerta se hace visible la importancia y la cantidad de agua que dicha actividad conlleva.

Una de las actividades en la que la mayoría de los entrevistados coinciden se utiliza mayor cantidad de agua independientemente si es de riego o de temporal son las fumigaciones; la frecuencia de las mismas se lleva a cabo en un rango de 22 días a un mes. En la fumigación de cada hectárea se emplean alrededor de 2000 L, de acuerdo con SIAP (2018), Tingambato cuenta con 4,600 ha sembradas. De modo lineal esto significa que se utilizan aproximadamente 9,200,000 L (9,200 m<sup>3</sup>) mensualmente. Es decir, 110,400 m<sup>3</sup> de agua utilizados anualmente únicamente para las fumigaciones.

### **11.2.1 ¿Quién regula el uso del agua en las huertas? Entrevista con los trabajadores de la JLSV.**

La JLSV se compone de 3 departamentos: Asesoramiento de plagas, Inocuidad y Fitosanitario, este último se divide en cuatro rutas de las cuales están a cargo 4 ingenieros diferentes. El departamento de inocuidad trabaja en conjunto con el de fitosanitario de acuerdo a las 4 rutas antes mencionadas.

Como departamento de inocuidad para el registro de las huertas tienen un proceso de 5 pasos, en los que realizan mínimo 3 visitas a la huerta al inicio del registro: 1. Para realizar un diagnóstico, asesoramiento y verificación del cumplimiento de las reglas. En esta visita se les hacen sugerencias de cambios. 2. Se verifican los señalamientos 3. Se da el Visto bueno de la



aplicación de las recomendaciones realizadas durante las 2 visitas anteriores. Después se brinda una capacitación en riesgos y aplicación, se recauda la documentación necesaria para el registro. Una vez completado este se abre un 'Manual de registro' a cada agricultor. Posteriormente las visitas a las huertas se realizan cuando hay auditoría interna.

A pesar de que la JLSV no regula específicamente el uso y tratamiento del agua en las huertas, emite algunas recomendaciones y abarca algunos aspectos en las bitácoras de los productores, sobre todo en las huertas certificadas. Los aspectos relacionados al agua en las huertas son abordados principalmente por la cuadrilla de inocuidad. En cuanto a infraestructura únicamente en el caso de las ollas deben estar cercadas y con señalamientos correspondientes, en cuestiones de calidad depende los requisitos de las certificaciones, los encargados de inocuidad mencionan que todos los productores certificados cuentan con un kit de monitoreo de Cl<sup>-</sup> y pH del agua, aunado a ello, algunas certificaciones requieren análisis de agua más extensos que incluyen análisis microbiológicos (coliformes y *Salmonella*) y plaguicidas. Asimismo, se recomienda la cloración y se les capacita para realizarla de manera adecuada. Es de destacar que no se abarcan temas relacionados con las posibles interacciones de la cloración del agua con los productos que se depositan en las ollas de agua y sitios de almacenamiento descubiertos por aplicación de plaguicidas.

Por otro lado, la crianza de peces no está explícitamente prohibida por la JLSV, sin embargo, depende del tipo y requisitos de las certificaciones de exportación. El alcance de la JLSV se limita a las huertas registradas y preferencialmente a las que están en proceso de certificación para la exportación del producto.

### ***Entrevistas con productores de aguacate.***

De las 13 entrevistas realizadas a productores de aguacate, 9 huertas son de producción convencional, 4 orgánicas<sup>4</sup>; 11 de exportación y 2 de mercado nacional. El rango de edad de las huertas es desde 8 hasta 50 años. Entre las fuentes de agua identificadas en las huertas se mencionaron: Pozo propio, norias, ollas, directo del manantial, toma potable, siendo las más significativas ollas y la compra a norias. En promedio los productores reportaron utilizar alrededor de 2,000 L por hectárea en cada evento de fumigación, sin embargo, el rango reportado de volumen de agua utilizado en las fumigaciones se encuentra entre los 1000 y 4000 litros / Ha<sup>-1</sup>.

#### **11.2.2 Uso y cantidad de agua empleada en las huertas.**

La información de este apartado se obtuvo a partir de las 13 entrevistas aplicadas a productores de aguacate.

Entre las principales actividades para las cuales se requiere agua en las huertas se encuentra el riego, sanitarios, lavado de herramientas e instalaciones, abrevaderos. Respecto a las fuentes de agua se reportaron las siguientes: lluvia, manantiales y la compra a norias. La cantidad de agua utilizada en las huertas varía en función de la temporada y las actividades, se destaca que durante la temporada de cosecha (temporada alta de octubre de a febrero) se requiere de una mayor cantidad de agua. De los encuestados, el 80% considera que el agua utilizada en las huertas es de buena calidad, mientras que el resto (20%) la considera como regular. Respecto a la disponibilidad de agua, la mayoría nota una disminución en temporada de secas, mientras que una minoría le

---

<sup>4</sup> La producción convencional se basa en la intervención química para el combate de plagas y asegurar la producción mediante el uso de pesticidas, herbicidas y fertilizantes sintéticos. Mientras que en la producción orgánica se enfatiza la salud general de sistema mediante técnicas de manejo del cultivo como el compostaje, abono del uso de productos naturales para el control de las plagas, e incluso la elaboración de los mismos con recursos disponibles en las huertas.

atribuye este fenómeno al aumento de población y la deforestación. Cuando se abordó el tema de conflictos en torno al agua, alrededor del 50% no perciben ninguno, mientras que el resto identificó como problemática los pozos particulares, escasez y deficiencia en la regulación de la distribución de agua.

Desde la perspectiva de los productores y trabajadores de las huertas se reconocen las fumigaciones, fertilizaciones y en general aplicaciones de agroquímicos como la principal fuente de contaminación del agua en Tingambato, aunado a ello, el drenaje y disposición del mismo, mal manejo de los residuos y envases de agroquímicos. El 100% de los encuestados manifestó tener fosa séptica, es de resaltar que esta práctica es algo común en las huertas, debido a que estas suelen ubicarse en áreas donde el servicio de drenaje no está disponible.

El agua en las huertas es almacenada en ollas o depósitos de concreto. Los depósitos se llenan con agua proveniente de los pozos artesianos a través de pipas, mientras que las ollas suelen llenarse con agua de lluvia, en ocasiones se ponen techos de captación alrededor de las ollas para efficientizar su recolección.

### **11.2.3 Las ollas de agua en la huerta.**

La popularización de las ollas de almacenamiento de agua en la zona aguacatera de Michoacán ha aumentado en conjunto con la expansión del mismo cultivo y la demanda de agua. Como se mencionó anteriormente, a pesar de que la mayoría de las huertas son de tipo temporal, existen otras actividades en las que se requiere una importante cantidad de agua, lo cual ha suscitado y promovido la implementación de distintas estrategias de obtención y almacenamiento de agua.

Las ollas o jagüeyes son depósitos de almacenamiento de agua que se encuentran por debajo del nivel del suelo, en cuyo interior están recubiertas por una geo-membrana de plástico impermeable; se encuentran al interior de huertas y suelen estar expuestas a la intemperie (cielo descubierto). Estas han representado una solución para los agricultores pues permiten captar, almacenar y administrar agua de lluvia para su empleo en la actividad agrícola y pecuaria.

A partir de las entrevistas realizadas a productores de aguacate se obtuvo lo siguiente; de los 13 entrevistados, 7 cuentan con olla en sus huertas, el volumen de dichas ollas es ampliamente variable, entre la información recabada existen huertas con ollas pequeñas con una capacidad de almacenamiento de 40,000 L hasta ollas de 1,250,000 L. En este estudio no encontramos una relación significativa entre el tamaño de la huerta y el volumen de las ollas; esto se le atribuye al tamaño pequeño de muestra ( $n=13$ ) y a las dinámicas de distribución de agua intra huertas; en ocasiones el agua almacenada en una olla es distribuida a otras huertas, por lo que se sugiere para futuros trabajos tomar en cuenta esta compleja repartición del agua.

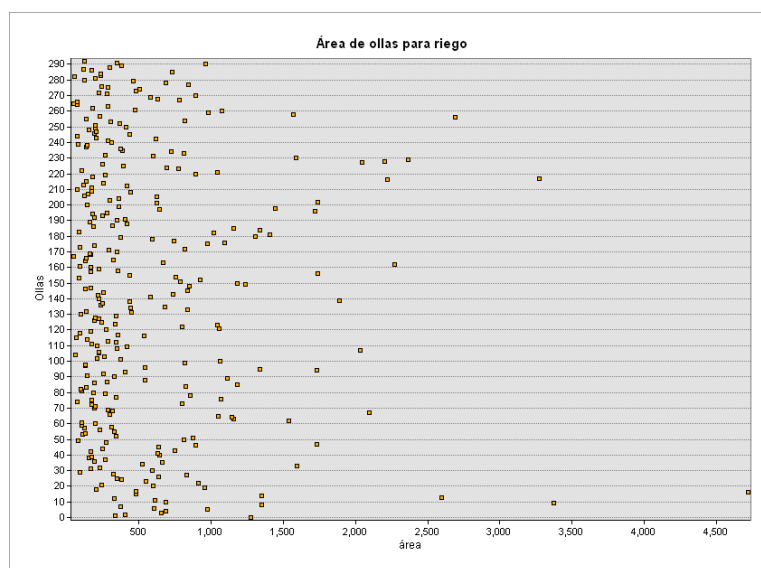
El agua almacenada en las ollas proviene en su mayoría de agua de lluvia, la cual es ‘cosechada’ en temporada de lluvia en los meses de mayo-junio, los meses en los que es más bajo el nivel de agua son abril, mayo. Algunos productores mantienen el nivel constante de agua a lo largo del año al recurrir a otras fuentes de agua como manantiales y norias. Las actividades en las que se utiliza principalmente el agua de dichos depósitos es el riego, fumigaciones y limpieza de instalaciones, aunado a ello, en ocasiones son aprovechados también como criaderos de peces principalmente para consumo propio. La extracción de esta agua se realiza ya sea por bombeo o gravedad dependiendo de la orografía del terreno.

En cuanto al mantenimiento de las ollas se realiza anualmente, consiste en sacar la materia orgánica que cae a las ollas durante el año y después lavar para su posterior llenado, esta actividad

se realiza comúnmente a finales de época de secas-inicio de lluvias cuando el nivel de agua de la olla es bajo. En la figura 24 se muestra un mapa de altitud con los polígonos de las ollas de agua identificados a partir de una imagen satelital. Se observa una mayor densidad hacia la zona sur e incluso se observan algunas en las faldas del cerro Comburinda, declarada como Área Voluntaria para la Conservación. En total se identificaron 293 ollas, cuya área total sobre el territorio de Tingambato es 167, 824 m<sup>2</sup> (16.7824 Ha<sup>-1</sup>). El tamaño de las ollas varía ampliamente, se encontraron ollas en un rango de 40 m<sup>2</sup> a 4720 m<sup>2</sup>. Con una mediana de 346 m<sup>2</sup>. En la figura 23 se muestra un gráfico de distribución de las ollas, se observa que la mayoría se acumula por debajo de los 500 m<sup>2</sup> de área. Sería pertinente para futuras investigaciones evaluar el cambio de la cobertura por ollas de agua en una escala temporal desde la inserción del aguacate y la comercialización del producto.

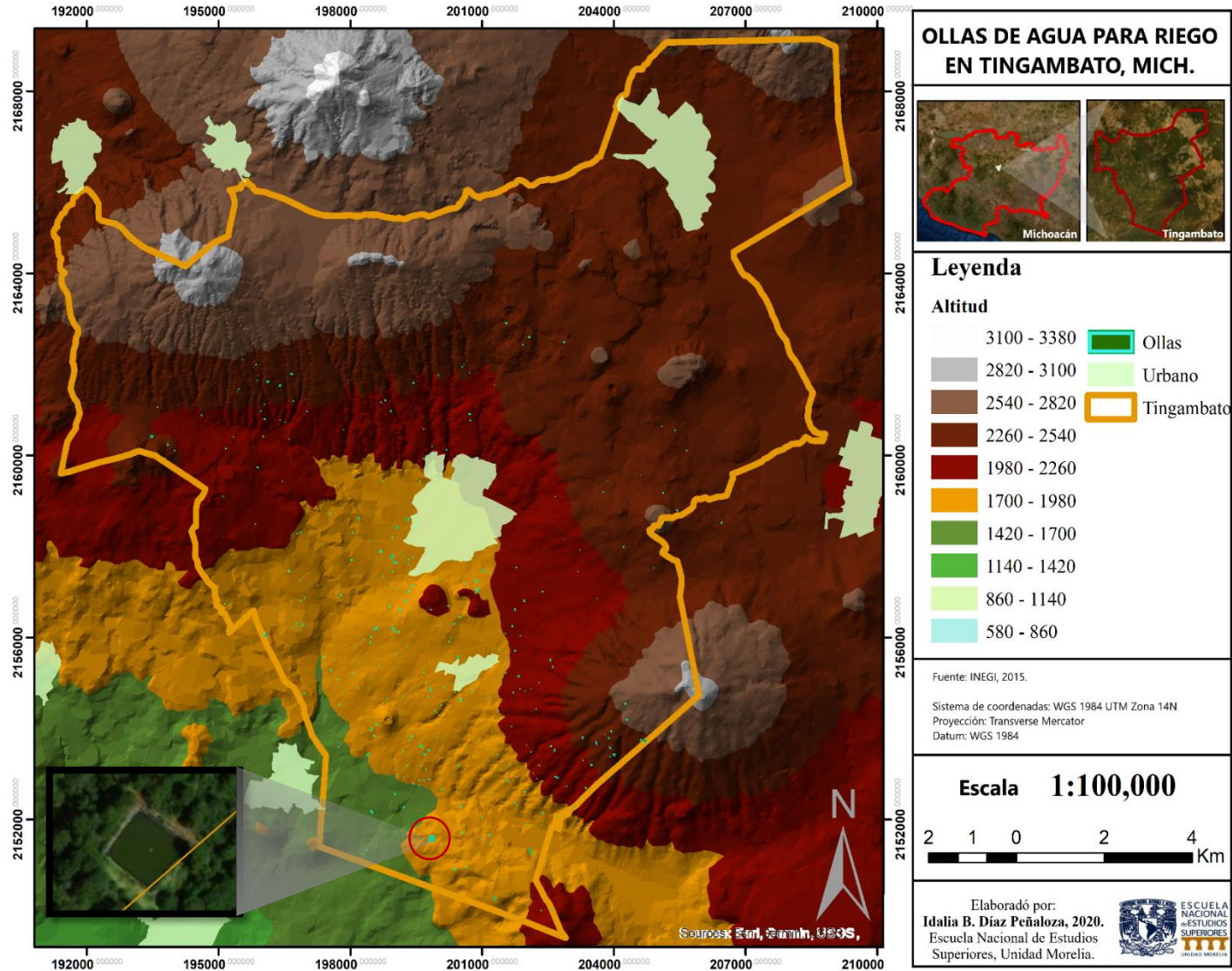
### Figura 23

*Gráfico de distribución de ollas según su área.*



*Nota: n=293.*

Figura 24. Mapa de Ollas para uso agrícola en Tingambato, Michoacán.



#### 11.2.4 Implicaciones ambientales del cultivo de aguacate y las ollas de agua

La cantidad del agua utilizada en las huertas depende del tipo de huerta (riego o temporal), la infraestructura, el acceso y disponibilidad de la misma, la edad de la huerta, así como la dinámica de fumigaciones y aplicaciones de insumos.

Burgos *et al.*, (2011) evaluaron el impacto ecológico del cultivo de aguacate en Michoacán a partir de la construcción de 5 índices de impacto ecológico potencial para consumo de agua, pérdida de suelo, consumo de energía, contaminación por uso de agroquímicos, y pérdida de biodiversidad. De acuerdo a sus resultados, el 34% de los productores conservan especies nativas, y únicamente el 7% no utiliza pesticidas sintéticos. De modo que 39% presentan un potencial alto de contaminación y el 30% potencial muy alto de contaminación. Respecto al índice de consumo potencial de agua para el cultivo de aguacate en Michoacán, reportan los requerimientos de agua para sostener el cultivo de aguacate entre 180 a 652 m<sup>3</sup> Ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. Por su parte, los sistemas de riego conllevan un sobreuso de entre un 20% y un 140% más agua de la que requieren los huertos en relación con la demanda climática (la estimación de los requerimientos de agua del cultivo dados por las condiciones climáticas).

En lo reportado por Burgos *et al.*, (2011) la mayoría de los encuestados (67%) mostraron un índice general del impacto ecológico general medio alto- alto, mientras que el 25% alto a muy alto. De igual modo, estos autores señalan que el impacto ecológico potencial de los productores no está relacionado con su experiencia en el cultivo de aguacate ni con su capacidad económica, pero sí con el tipo de huerta (de exportación u orgánicos). En el caso de los exportadores debido a las normativas y requisitos de exportación, mientras que en la mayoría de los productores orgánicos se ha observado que es por convencimiento propio de llevar a cabo modos de producción más amigables con menor impacto a la salud y al ambiente. Esto último coincide con la experiencia

en campo del presente trabajo donde los productores orgánicos en su mayoría lo hacían por convicción propia como una forma de resistencia a los daños a la salud que causa el uso de agroquímicos en la producción convencional.

En relación al impacto ambiental de las ollas, es importante señalar que en principio implica la remoción de vegetación (en caso de que no haya sido removida ya), remoción de varios metros de suelo, la colocación de una membrana impermeable que impide el paso e infiltración de agua al subsuelo y por tanto la recarga de acuíferos, a su vez puesto que se encuentran a cielo abierto al realizar las fumigaciones y estar inmersas en las huertas se convierten en un sumidero de los productos químicos que son aplicados, los cuales se pueden incorporar al ciclo hidrológico con mayor facilidad a través de la evaporación de dichas sustancias las cuales se condensan en la atmósfera, se transportan y se precipitan con la lluvia, contaminando grandes áreas (Glinski *et al.*, 2018; Rice y Chernyak, 1997).

La vegetación es sumamente importante en el proceso de recarga de los mantos acuíferos, ha sido ampliamente estudiado que la remoción de vegetación promueve la erosión del suelo y con ello los deslaves. De igual modo, la escorrentía cortical por medio de la vegetación es importante en el proceso de ingreso del agua al suelo y a los mantos acuíferos, una vez que el agua llega al suelo debe fluir a través de la estructura edáfica, lo cual dependerá de factores como el clima y el suelo (porosidad, tipo).

En sitios con suelos de baja permeabilidad la profundidad de la penetración de las raíces es crítica para que ocurra una percolación hídrica significativa (Gómez-Tagle *et al.*, 2019). Por tanto, que el cultivo de aguacate y las ollas asociadas al mismo representan una amenaza hídrica a través de la interrupción / modificación al ciclo del agua, deslaves, disminución del nivel de agua



del acuífero lo cual representa una amenaza para la estabilidad del mismo y por tanto del volumen que se puede aprovechar sin causar daños irreversibles.

Como se ha mostrado a través de los capítulos anteriores la producción aguacatera conlleva el uso de una gran cantidad de agua, las zonas de asentamientos urbanos en Tingambato se encuentran rodeadas por cultivo de aguacate, estos dos usuarios (Productores de aguacate y usuarios en asentamientos humanos) comparten algunas fuentes de agua, el uso y extracción del recurso por parte de uno ejerce una presión sobre y condiciona la disponibilidad de agua para el otro. Es de este modo que la extensión del cultivo en el municipio a su vez que aumenta la presión sobre el recurso, agudiza esta desigualdad en cuanto a disponibilidad, acceso y uso equitativo del agua en Tingambato, comprometiendo la disponibilidad y calidad en el presente y en el futuro para todos los usuarios, siendo más evidente para aquellos cuyo uso no es prioritario en relación con los intereses económicos de la región.

### ***12.3 Discusión bienes hídricos y sus usos.***

En México, el 70% del agua utilizada para abastecer a los 120 millones de habitantes del país proviene de fuentes subterráneas. La mayor parte de la población se encuentra concentrada en el centro del país, donde la precipitación oscila entre los 400 y 1000 mm/año. El centro de México es uno de los mayores centros demográficos y económicos, donde en su mayoría el acceso al agua recae sobre fuentes subterráneas y una de las regiones más importantes en cuanto a agotamiento/disminución de agua subterránea en el mundo (Pacheco-Martínez *et al.*, 2013; Chaussard *et al.*, 2014 en Castellazzi *et al.*, 2016).

De acuerdo con las concesiones de agua a nivel nacional el mayor volumen proviene de fuentes subterráneas; las concesiones se otorgan para un volumen anual específico en función de

la capacidad del acuífero, sin embargo, se ha observado que, en el caso de algunos acuíferos, la suma total volumétrica de títulos de concesión puede superar el rendimiento sostenible de los mismos (Moreno Vásquez, 2006 en Scott, 2010). (Scott, *et al.*, 2010).

Los pozos normalmente no se encuentran equipados con medidores de flujo, por lo que la cantidad exacta de agua extraída se desconoce, aunado a ello los pozos y tomas ilegales tal como señala Castellazzi *et al.*, (2016) son frecuentes. En efecto, el método de gobernanza del agua en el centro de México ha sido criticado por algunos autores (Wester, *et al.*, 2009), señalando que se subestima la recarga debido a fugas en los sistemas de distribución de agua y canales de aguas residuales, otras entradas no se estiman con precisión, por ejemplo, la precipitación se considera como un valor constante determinado para cada acuífero administrativo (Foster *et al.*, 2004). Por tanto, el flujo de extracción estimado para cada acuífero es bastante cuestionable.

Respecto al pago por derechos de agua, de acuerdo con el artículo 192-D, CAPÍTULO XIII de la Ley Federal de Derechos, los usuarios de aguas nacionales, zona federal y descarga de aguas residuales, que se dediquen a actividades agrícolas o pecuarias y el uso doméstico que se relacione con estos usos y las localidades rurales iguales o inferiores a 2,500 habitantes no pagarán los derechos de servicios relacionados con el agua (Ley Federal de Derechos, 1981, modificada en 2019). Es decir, que la agricultura, uno de los sectores más productivos de México y el que consume el mayor volumen de agua subterránea se encuentra exenta del pago por la misma. Ante esta situación, se han presentado diversas propuestas para involucrar la contribución económica de dicho sector por el uso de agua, sin embargo, ninguna ha sido formalmente aprobada.

La sobreexplotación de los recursos subterráneos conlleva distintos cambios en el acuífero, puede provocar la compactación del acuífero y hundimiento de la tierra, lo cual promueve/induce los daños recurrentes a la infraestructura urbana, aumento de inundaciones y riesgos de

contaminación de agua, así como pérdida irrecuperable de la capacidad de almacenamiento de agua del acuífero. Este fenómeno se ha observado en algunas de las grandes urbes del mundo, así como zonas con grandes extensiones agrícolas como el valle de California.

En México; Castellazzi, *et al.*, (2016) determinaron el hundimiento del terreno promedio anual para cinco ciudades del centro del país donde la sobreexplotación de los acuíferos es frecuente (común). Toluca y Aguascalientes enfrentan importantes y constantes hundimientos mayores a 10 cm/año, mientras que Celaya, Guanajuato y Morelia (Michoacán) enfrentan hundimientos de entre 4 y 6 cm anuales. Por otro lado, la única ciudad que mostró una recuperación de dicho fenómeno fue Querétaro esto debido a la implementación de infraestructura que permitió transportar el agua desde una fuente superficial (Río Moctezuma) y por tanto cesar la mitad de la extracción de los pozos ya sobreexplotados de Querétaro. Producto de esto, se observó un aumento en el nivel del acuífero y a pesar de que la capacidad de almacenamiento del acuífero y porosidad no se recuperen totalmente, se espera un levantamiento del mismo.

El caso de Querétaro se contempla como un ejemplo hasta el momento exitoso de recuperación de acuíferos; la cuestión es si efectivamente es la solución o es una solución parcial donde el problema de agua únicamente se movió geográficamente. Este es un ejemplo sobre cómo funciona el modelo de gestión de los recursos hídricos en México, donde las medidas son de tipo correctivo más no preventivo. El fin de mostrar estos casos de estudio es evidenciar que la sobreexplotación de los recursos hídricos tiene consecuencias irreversibles. Los vacíos e incongruencias en la legislatura, limitadas variables en los cálculos de almacenamiento y recarga de los acuíferos, así como los volúmenes otorgados en su mayoría sin ningún control ni certeza sobre la extracción y/o aprovechamiento real del recurso generan una gran incertidumbre acerca de la situación actual, abonan y conceden la sobreexplotación de los bienes hídricos orillándonos

a situaciones de escasez hídrica tanto física como social, y comprometiendo en todos los aspectos futuros el agua (económicos, ambientales, sociales, políticos).

Por ello la relevancia y pertinencia de realizar trabajos con enfoque comunitario e interdisciplinario, que permitan reconocer la presencia de otros saberes, criterios de rigor y validez con las que han operado mediante las prácticas sociales a pesar de no ser reconocidas por el rigor científico y/o que han sido adaptados según las demandas y condiciones locales. Como se menciona en la contrapropuesta de epistemologías del sur, lo primero es el reconocimiento de la incompletitud de todos los conocimientos, esto implica reconocer los límites internos y externos de las disciplinas desde donde se han gestionado y abordado problemáticas hídricas y encontrar puntos de complementariedad, afinidades y divergencias entre las mismas que permitan obtener una perspectiva más precisa sobre la dinámica hídrica en una comunidad reconociendo que su curso, flujos, usos, gestión y manejo están determinados por condiciones físicas pero también por las decisiones políticas y sociales que determinan quién tiene acceso, en qué medida y las condiciones con las que se accede a este recurso.

El presente esfuerzo por abordar la situación hídrica en Tingambato desde un enfoque del ciclo hidrosocial nos permitió mostrar la complejidad del agua en la comunidad como producto de la interacción de las condiciones geográficas, decisiones técnicas y disposiciones político-legales. A través del reconocimiento de los principales usos y usuarios, la dinámica de distribución, las fuentes de agua, los medios, adaptaciones y estrategias alternativas para tener acceso a este recurso se hace evidente la distribución inequitativa de este recurso la cual se ha acentuado gracias a los cambios socio-ambientales generados por la expansión del cultivo de aguacate en la región, estos cambios no son social o ecológicamente neutrales debido a que se crean cambios que pueden resultar favorables para un grupo de personas pero que a su vez conducen a un deterioro de las

condiciones sociales y físicas para otro grupo. La situación hídrica en Tingambato no es la excepción a estos cambios, existe una relación de conflicto entre los dos principales usuarios: Uso intradomiciliario y uso agrícola; la mayor demanda por un usuario, en este caso para las huertas de aguacate determina las condiciones sociales y físicas del agua para el resto de los usos, comprometiendo y limitando la disponibilidad a este recurso para cubrir las necesidades básicas humanas en el medio intradomiciliario.

### **13. Calidad de agua**

En esta sección se presenta una descripción general de las características físico-química de los 13 sitios de agua intradomiciliarias, riego y residual muestreados, diferentes estadísticos no normales y normales según la naturalidad de los distintos datos, un análisis de componentes principales para los parámetros y sitios, así como un análisis clúster que permite observar similitud entre sitios. Finalmente se evalúa la calidad respecto al ICA establecido por SEMARNAT y la normatividad nacional e internacional vigente.

#### ***13.1 Descripción Físicoquímica***

Se presenta una descripción físico-química general de los sitios muestreados según el tipo de agua, una descripción más detallada de los valores obtenidos en cada sitio se presenta en el apéndice 8.

##### **13.1.1 Agua intradomiciliaria**

Los puntos de muestreo corresponden a aguas cálidas cuya temperatura se encuentra entre 18 y 20°C ( $19.07 \pm 0.82$  °C), mientras que la temperatura del aire presentó una media 22.19°C ( $\pm 1.14$ ). Son consideradas aguas dulces (SDT= 123.7 mg/L  $\pm 23.37$ ; SAL= 11 $\pm$ .03 PSU) (Venice System, 1959; Freeze y Cherry, en van Weert, 2012), con mineralización media y no salinas de

acuerdo a su conductividad eléctrica ( $257.76 \pm 47.8 \mu\text{S}/\text{cm}$ ) (Espigares García y Fernández, 1995; Rhoades *et al.*, 1992). Se clasificaron como ácidas ( $5.87 \pm 0.43 \text{ pH}$ ), con valores de oxígeno aceptables ( $\text{O D} = 7.03 \pm 0.56 \text{ mg/L}$ ), lo cual le concede condiciones oxidantes ( $\text{Redox} = 343.63 \pm 147.76 \text{ mV}$ ). Presentan una turbiedad de  $0.24 \text{ NFU} (\pm 0.73)$  y una concentración de cloruros de  $17.49 \text{ mg/L} (\pm 7.66)$ . De acuerdo a la clasificación de Jairo, (2001) son aguas blandas (Dureza total  $70.83 \text{ mg/L} \pm 11.39$ ). Se obtuvo una dureza de calcio de  $42.71 \text{ mg/L} (\pm 9.32)$  y una dureza de magnesio de  $28.13 \text{ mg/L} (\pm 9.07)$ . Las muestras colectadas presentaron una alcalinidad total media ( $53.33 \pm 20.78 \text{ mg/L CaCO}_3$ ), no presentaron alcalinidad parcial ( $\text{mg/L HCO}_3$ ). En cuanto a la acidez se presentó una media de  $5.31 \text{ mg/L CaCO}_3 (\pm 2.79)$ . Los sitios de muestreo no presentaron sólidos suspendidos ni *E. coli*, sin embargo, se identificó la presencia de coliformes totales en D-MO, D-FR y L-3.

En cuanto a los nutrientes, para el fósforo total se obtuvo una media de  $0.17 (\pm 0.06 \text{ mg/L})$ , para el fósforo reactivo  $0.13 (\pm 0.04 \text{ mg/L})$  y fósforo orgánico  $0.04 (\pm 0.04 \text{ mg/L})$ . Por otro lado, para nitratos se obtuvo una media de  $4.96 (\pm 1.56 \text{ mg/L})$ , en tanto que la media de nitritos fue de  $0.03 (\pm 0.08 \text{ mg/L})$  y sulfatos  $7.07 (\pm 3.10 \text{ mg/L})$  (Ver figura 25).

### **13.1.2 Agua para riego y/o uso agrícola.**

El agua utilizada para el riego es agua cálida ( $20.63^\circ\text{C} \pm 2.1$ ). Son aguas no salinas con mineralización media ( $\text{CE} = 259.74 \pm 206.05 \mu\text{S}/\text{cm}$ ), (Espigares García y Fernández, 1995; Rhoades *et al.*, 1992) se consideran como aguas dulces ( $\text{SDT} = 125.13 \pm 100 \text{ mg/L}$ ;  $\text{SAL} = 1 \pm 1 \text{ PSU}$ ) (Venice System, 1959; Freeze y Cherry En van Weert, 2012). Clasificadas como ácidas ( $\text{pH} = 5.27 \pm 0.74$ ). Con condiciones oxidantes ( $\text{Redox} = 180.65 \pm 50.31$ ). Las cuales registran una turbiedad de  $6.55 \text{ NFU} (\pm 8.29)$ . El oxígeno disuelto presenta una media de  $4.95 \text{ mg/L} (\pm 2.04)$ , en tanto que los cloruros reportan  $16.97 \text{ mg/L} (\pm 12.26)$ . Se clasifican como moderadamente duras

(Dureza total =  $77.50 \pm 63.41$  mg/L) (Jairo, 2001). Con predominancia de dureza de calcio 53.13 mg/L ( $\pm 43.58$ ) sobre dureza de magnesio ( $24.38 \pm 20.84$  mg/L). Presentan una alcalinidad parcial nula y alcalinidad total media (Alcalinidad Total=  $58.33 \pm 37.92$  mg/L  $\text{CaCO}_3$ ). Así como una baja acidez ( $9.17 \pm 1.95$  mg/L).

Respecto a los nutrientes el valor promedio para el fósforo total es de 0.15 mg/L ( $\pm 0.1$ ), 0.07 mg/L ( $\pm 0.02$ ) para fósforo reactivo y 0.08 mg/L ( $\pm 0.08$ ) fósforo orgánico. En cuanto al nitrógeno se encontraron mayores concentraciones en su forma inestable con una media de  $4.72 \pm 7.66$  mg/L de N-nitritos, en tanto que los nitratos reportan una media de  $3.76 \pm 3.02$  mg/L. En lo que concierne a los compuestos de azufre, se determina una media de  $13.05 \pm 5.1$  mg/L para el ion sulfato (Ver figura 25). Los valores de nutrientes mayores en comparación con el agua intradomiciliaria pueden deberse a que el agua muestreada se encontraba expuesta o más cercana a las huertas donde se aplican nutrientes para el cultivo.

### 12.1.3 Agua residual

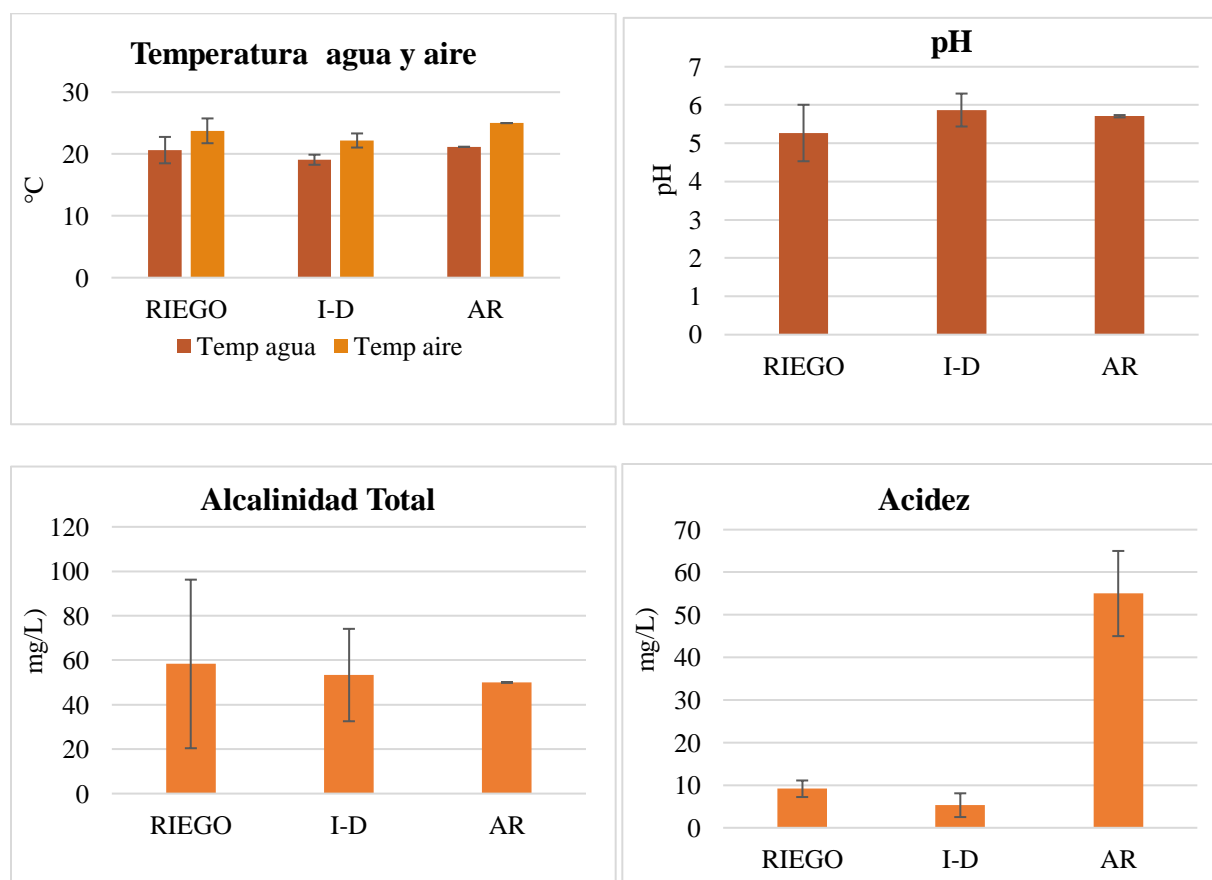
La planta de tratamiento de aguas residuales se ubica a 1886 msnm. La temperatura del agua residual fue de  $21.16$  °C, mientras que la del aire de  $25$  °C. Se clasifica como moderadamente salina con una mineralización importante ( $\text{CE} = 813.67 \pm 12.22$   $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), (Espigares y Fernández, 1995; Rhoades, *et al.*, 1992). Se consideran aguas dulces ( $\text{SDT} = 397.33 \pm 6.11$  mg/L;  $\text{SAL} = 0.4$  PSU), ácidas ( $\text{pH} = 5.71 \pm 0.03$ ). Con condiciones oxidantes ( $\text{Redox} = 19.10$  Mv) y con limitación de oxígeno (Oxígeno disuelto=  $2.57 \pm 0.12$  mg/L). Turbias (Turbidez=  $198 \pm 35.93$  NTU). En lo que corresponde a los cloruros se registra una media de 51.65 mg/L ( $\pm 1.44$ ). Las proporciones de calcio y magnesio indican que presenta una naturaleza moderadamente dura (Dureza total=  $113.33 \pm 12.58$  mg/L) (Jairo, 2001), con predominancia de calcio (Dureza de calcio=  $68.33 \pm 7.64$  mg/L) sobre la dureza de magnesio ( $45 \pm 8.66$  mg/L). Así mismo exhibe una alcalinidad total media (50

mg/L  $\text{CaCO}_3$ ), sin alcalinidad parcial, dado que se presenta una media en acidez total de  $55 \pm 10$  mg/L equivalente de  $\text{CaCO}_3$ .

En cuanto a los nutrientes; se detectó una media de 2.61 mg/L ( $\pm 0.08$ ) de fósforo total, 2.56 mg/L ( $\pm 0.08$ ) de fósforo reactivo y 0.05 mg/L ( $\pm 0.06$ ) de fósforo orgánico. Para nitratos se obtuvo una media de 6.03 mg/L ( $\pm 1.4$ ), en nitritos de 24.13 mg/L ( $\pm 0.6$ ), y en sulfatos de 105.02 mg/L ( $\pm 4.29$ ) (Ver figura 25).

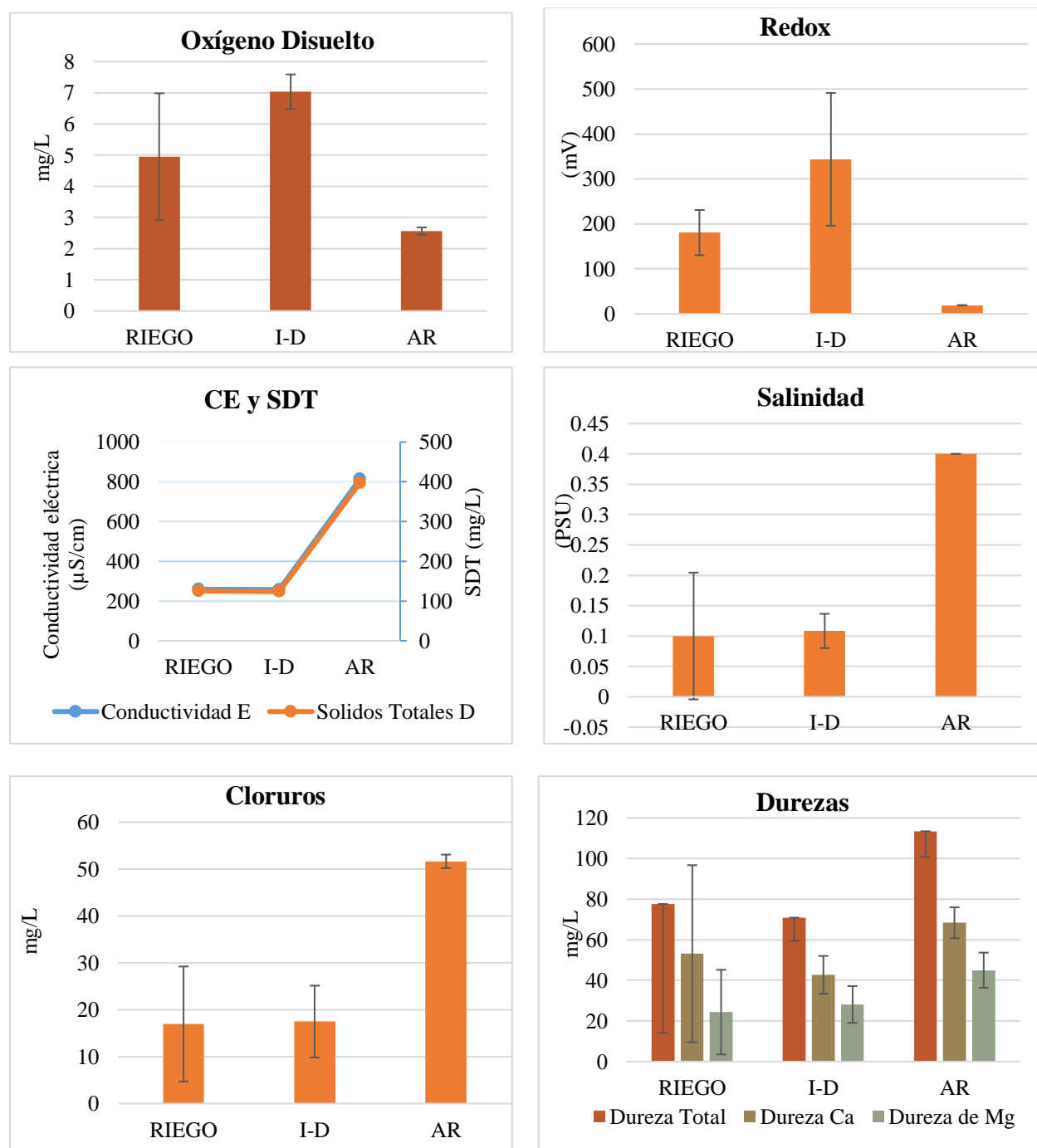
**Figura 25**

*Promedio de parámetros fisicoquímicos de agua intradomiciliaria, riego y residual.*



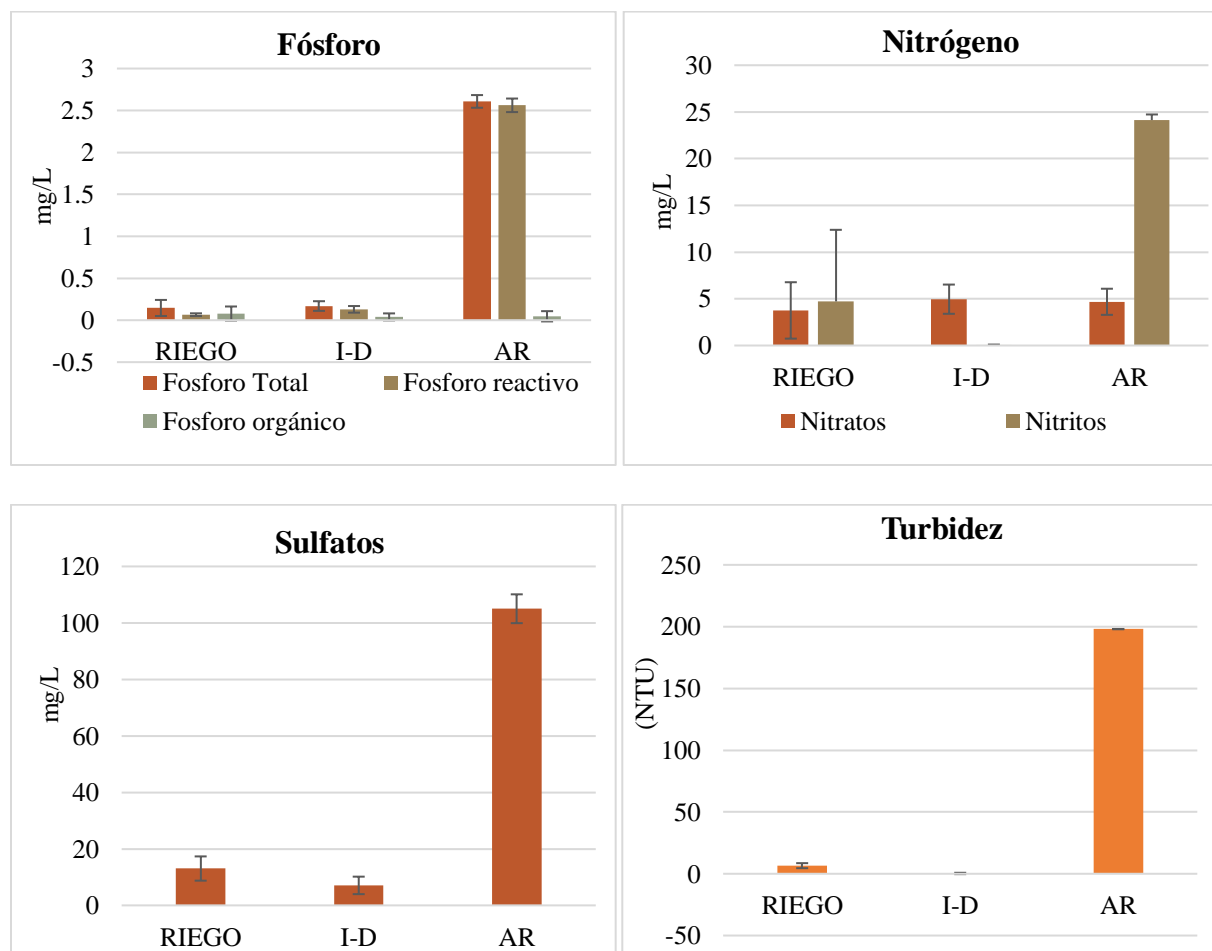


Continuación Figura 25.



*Nota.* Se muestra el promedio de distintos parámetros fisicoquímicos según el tipo de agua. I-D: Intradomiciliaria, AR: Agua Residual. N= 13 (Riego n= 4, I-D n= 8, AR n=1).

Continuación Figura 25.



*Nota.* Se muestra el promedio de distintos parámetros fisicoquímicos según el tipo de agua. I-D: Intradomiciliaria, AR: Agua Residual. N= 13 (Riego n= 4, I-D n= 8, AR n=1).

Los resultados de la prueba Shapiro-Wilk general donde se contemplaron todos los sitios correspondientes al agua intradomiciliaria, agua para riego y residual muestran que la distribución de las muestras no es normal en todas las variables excepto en la Dureza de Mg (Apéndice 7a), por tanto, se realizó la prueba de Kruskal-Wallis la cual mostró que existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) espaciales en todos los parámetros a excepción del fósforo orgánico y la alcalinidad parcial la cual fue nula en todos los sitios (Apéndice 7b). Aunado a ello se realizaron las pruebas de normalidad por tipo de agua según su uso con el fin de obtener mayor detalle. Los

resultados del test de normalidad para el agua intradomiciliaria muestran que la mayoría de los parámetros tienen una distribución no normal a excepción de Dureza total, dureza de Calcio, pH y  $\text{NO}_3$ . Por su parte la prueba Kruskal Wallis mostró diferencias significativas entre los sitios de agua intradomiciliaria para la mayor parte de los parámetros a excepción de Salinidad, Turbidez, Fósforo orgánico. Acidez, *E.coli* y sólidos suspendidos. Respecto al agua para riego de igual manera la mayoría muestran una distribución no normal a excepción de los siguientes parámetros: Alcalinidad total, pH y hora. Por su parte la prueba Kruskal-Wallis mostró diferencias significativas entre los sitios del agua para riego en la mayoría de los parámetros a excepción de coliformes totales y fósforo orgánico (P org).

En la Tabla del apéndice 7c se muestra el análisis de correlación de Spearman entre 30 parámetros, entre los cuales se presentaron 165 correlaciones significativas de 465 entre parámetros. De las cuales destacan los siguientes pares de variables con una correlación positiva perfecta (0.91 a 1.00): SDT-CE, CL-CE, CL-SDT, D Ca- D T resaltadas en azul negrita en la tabla del apéndice 7c. Correlación positiva muy fuerte (0.76 a 0.90) (resaltado en azul): Sal-CE, Sal-SDT, CL- Sal, D Ca-SDT, CE, CL, Salinidad, D de Mg- D T, TB-Olor, D T- SDT, CE, Sal, CL;  $\text{NO}_3$ - D CA, STD, SS-Color, Olor,  $\text{NO}_2$ , TB.

En cuanto a las correlaciones negativas que destacan se presentaron en los siguientes pares: Correlación negativa muy fuerte (-0.76 a -0.90) (resaltado en rojo negrita): Sulfatos-OD. Correlaciones negativas considerables (-0.51 a -0.75) (en rojo) se encontraron en los siguientes pares:  $\text{NO}_2$ -Redox, TB-ALT, Color-ALT, Turbidez-Altitud, Nitritos-Distancia a huertas,  $\text{SO}_4$ -Altitud, Dureza total-OD, OD-SDT,  $\text{NO}_3$ -Temperatura de agua, OD-CE, Distancia a huertas-Turbidez, Alcalinidad Total- Temperatura aire, PT- Alcalinidad Total,  $\text{NO}_2$ - O.D., CL-O.D.

### ***13.2 Análisis de componentes principales.***

Los tres primeros componentes del ACP explicaron el 82.9% de la varianza de la matriz (Apéndice 7d).

En la matriz de componentes (Tabla 13) se pueden observar las siguientes correlaciones por componente. El componente 1 (C1) explica el 52.6% de la varianza y contribuyen significativamente Conductividad eléctrica (CE), SDT, Salinidad, Turbidez (TB), *E. coli*, Cl, Acidez, Fósforo total (PT), Fósforo reactivo (PR), Sulfato (SO<sub>4</sub>) y Sólidos sedimentables. El segundo componente (C2) explica el 23.58% y se conforma principalmente por Temperatura del agua, Coliformes Totales (Col T) y negativamente (-) Dureza total, Dureza Ca, Dureza Mg, Alcalinidad T, Nitratos (NO<sub>3</sub>). Finalmente, en el tercer componente (C3) representa el 6.8%: pH, Oxígeno disuelto (OD) correlacionado negativamente con Fósforo orgánico (PO) y Nitritos (NO<sub>2</sub>). Esto se puede ver representado en la Figura 26, donde se observa que las variables más cercanas al eje X corresponden al C1, las más cercanas al eje Y al C2 y las más cercanas al eje Z al C3.

Aunado a ello se observan las muestras asociadas a los componentes. En el C1 se asocian las muestras correspondientes a la PTAR, Noria para venta (NO) y Pozo Propio (PP-NC) estas últimas dos corresponden a agua subterránea. Al C2 se asocian los sitios OLL-CE y OLL-OE las cuales corresponden a agua para riego. Finalmente, en tercer componente se encuentran asociadas la mayoría de las muestras que corresponden a los sitios de la red de agua potable intradomiciliaria (Figura 26).

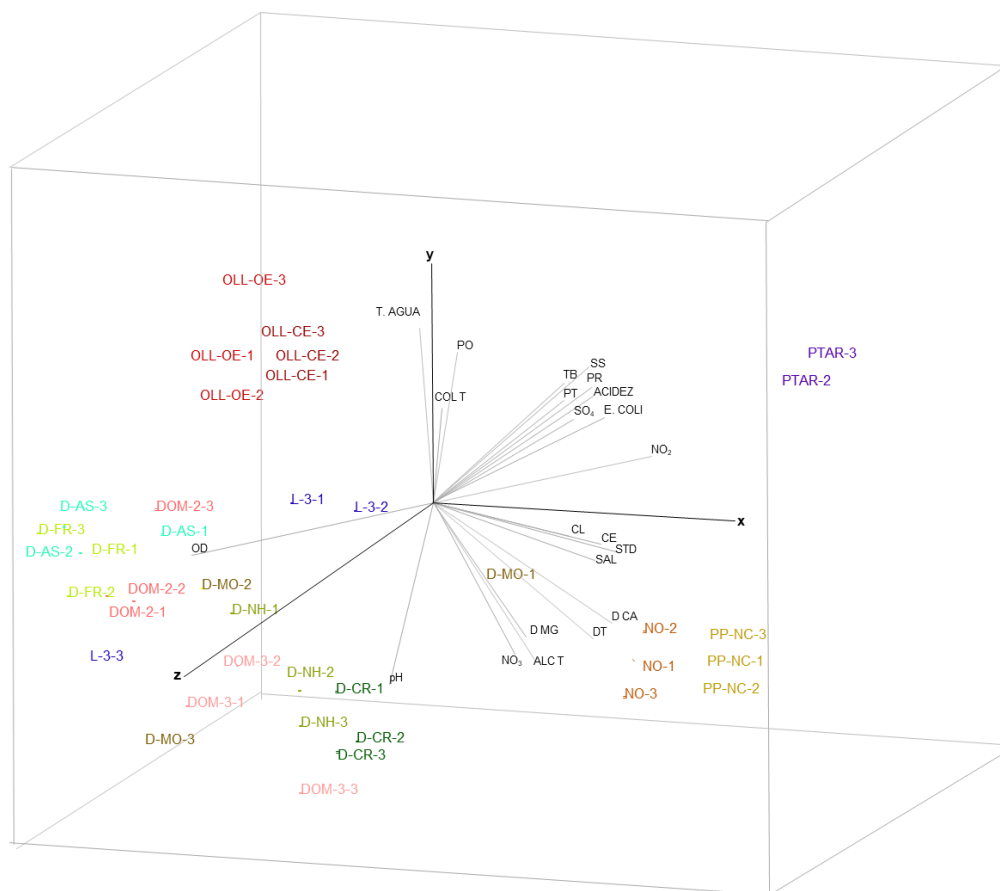
**Tabla 13***Matriz de componentes y correlaciones ACP.*

Parámetro	C1	C2	C3
CE	<u>0.2811</u>	-0.1071	0.0073
STD	<u>0.2816</u>	-0.1045	0.0080
SAL	<u>0.2774</u>	-0.0942	0.0730
TB	<u>0.2488</u>	0.2241	0.0593
E. COLI	<u>0.2579</u>	0.1966	0.1044
CL	<u>0.2458</u>	-0.0620	0.0886
ACIDEZ	<u>0.2542</u>	0.1915	-0.0387
PT	<u>0.2492</u>	0.2179	0.0885
PR	<u>0.2554</u>	0.1954	0.1346
SO4	<u>0.2666</u>	0.1683	0.0215
SS	<u>0.2524</u>	0.2127	0.0653
T. AGUA	-0.0320	<u>0.3231</u>	-0.1074
COL T	0.0725	<u>0.2126</u>	0.1263
DT	0.1866	<u>-0.3031</u>	-0.1619
D CA	0.1810	<u>-0.2955</u>	-0.2656
D MG	0.1578	<u>-0.2537</u>	0.0657
ALC T	0.0979	<u>-0.3258</u>	-0.1452
NO3	0.1654	<u>-0.2744</u>	0.1009
pH	0.0654	-0.2566	<u>0.4374</u>
OD	-0.1939	0.0236	<u>0.5302</u>
PO	-0.0940	0.1968	<u>-0.4699</u>
NO2	<u>0.2504</u>	0.0204	<u>-0.2952</u>

*Nota.* Las cifras subrayadas en cada columna corresponden a cada componente.

Figura 26.

*Gráfico de Análisis de Componentes Principales para variables fisicoquímicas de agua.*



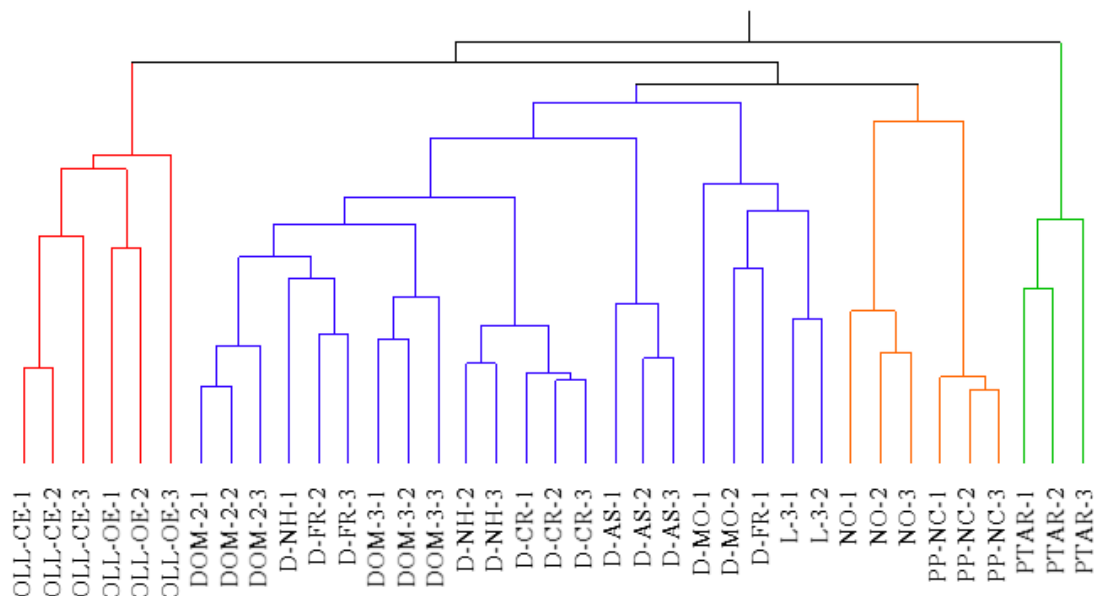
*Nota.* Se muestra el ACP para las variables fisicoquímicas evaluadas y sitios asociadas a las mismas. Eje X: 1° componente, eje Y: 2° Componente y Z: 3° Componente.

Aunado a ello, en el análisis clúster (Figura 27) se pueden observar las muestras de los 13 sitios agrupados en 4 diferentes clúster de acuerdo a su similitud-cercanía en relación a sus características físico-químicas; en color rojo se observan los sitios correspondientes a las ollas para riego, en azul el agua correspondiente a la red de agua potable, en naranja el agua subterránea utilizada para riego y en verde las muestras correspondientes a la PTAR; estos resultados concuerdan con los resultados obtenidos en el ACP. En el clúster para agua intradomiciliaria se observan cuatro agrupaciones: En el primero las muestras de los domicilios del barrio 2 y 3 (DOM-

2 y DOM-3) con el Depósito el fresno, la relación entre estos cobra sentido ya que del depósito el fresno se conecta a una de las válvulas principales a partir de las cuales se distribuye por gravedad a los barrios 2 y 3 donde se encuentran los domicilios antes mencionados, el flujo de esta distribución se observa en el mapa del apartado 10.3.3. En el segundo se agrupan las muestras del depósito el molinito (D-MO), en el tercer subgrupo Depósito Niños héroes (D-NH) y Depósito las cruces (D-CR), esto de igual modo tiene sentido puesto que del depósito las cruces se bombea al depósito niños héroes, a su vez D-NH recibe agua del D-MO y por tanto la estrecha relación observada en el clúster. En el cuarto grupo se asocian depósito el aserradero y lavadero del barrio 3. Respecto al agua para riego se observan dos subgrupos principales: las ollas (OLL-CE y OLL-OE) y agua de origen subsuperficial (NO y PP-NC).

**Figura 27.**

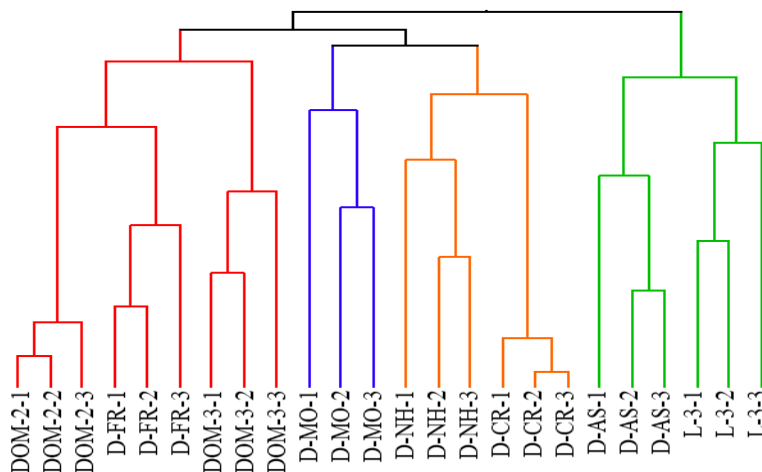
*Análisis clúster por muestras con base en sus características fisicoquímicas.*



*Nota.* En rojo ollas para riego, en azul agua intradomiciliaria, en naranja agua para riego de pozo y noria y en verde agua residual.

**Figura 28.**

*Análisis clúster de muestras de agua intradomiciliaria de acuerdo a sus características fisicoquímicas.*



### **13.3 Índice de Calidad de Agua (ICA) y normatividad.**

De acuerdo con los resultados que arrojó el ICA para consumo humano solo dos sitios presentaron calidad ‘aceptable’ D-AS, D-FR lo que de acuerdo con SEMARNAT (2002) significa que únicamente requiere purificación ligera. El resto de los sitios de agua potable; D-CR, D-FR, D-MO, D-NH, DOM-2, DOM-3, L-3 resultaron ‘poco contaminados’ con mayor necesidad de tratamiento (SEMARNAT, 2002) (Ver tabla 14).

En cuanto al agua de riego, la olla orgánica de exportación resultó tener una calidad aceptable, empero para uso agrícola requiere purificación menor únicamente para cultivos que requieren una alta calidad agrícola. En cuanto a vida acuática los valores muestran que es aceptable para todos los organismos. El resto de los sitios se mostraron ‘poco contaminados’ (NO, PP-NC, OLL-CE) de acuerdo con la clasificación se puede utilizar en la mayoría de los cultivos. La olla



de huerta convencional de exportación (OLL-CE) en cuanto a pesca y vida acuática su calidad es aceptable para todos los organismos, excepto para especies muy sensibles.

Por su parte el agua residual se presentó como “contaminado”, por lo cual para uso agrícola se requiere tratamiento para la mayoría de los cultivos, y en cuanto a la vida acuática, únicamente sería apta para organismos muy resistentes.

**Tabla 14.**

*Resultados del Índice de Calidad de Agua.*

ID	Nombre	ICA	Interpretación
<b>Agua Intradomiciliaria</b>			
D-AS	Depósito El Aserradero	75.1%	Aceptable
D-CR	Depósito Las Cruces	60.3%	Poco contaminado
D-FR	Depósito El Fresno	69.1%	Poco contaminado/Aceptable
D-MO	Depósito El Molinito	66.9%	Poco contaminado
D-NH	Depósito Niños Heróes	64%	Poco contaminado
DOM-2	Domicilio Barrio 2	66.3%	Poco contaminado
DOM-3	Domicilio Barrio 3	67.5%	Poco contaminado
L-3	Lavadero Barrio 3	61.3%	Poco contaminado
	Promedio	66.31%	
<b>Agua para Riego</b>			
NO	Noria Para Venta	55.5%	Poco contaminado
OLL-CE	Olla Convencional De Exportación	66.5%	Poco contaminado
OLL-OE	Olla Orgánica De Exportación	81.2%	Aceptable
PP-NC	Pozo Propio En Huerta Nacional Convencional	52.1%	Poco contaminado
	Promedio	63.83%	Poco contaminado
<b>Agua Residual</b>			
PTAR	Planta De Tratamiento De Aguas Residuales	41.5%	Contaminado
	Promedio General	63.64%	Poco contaminado

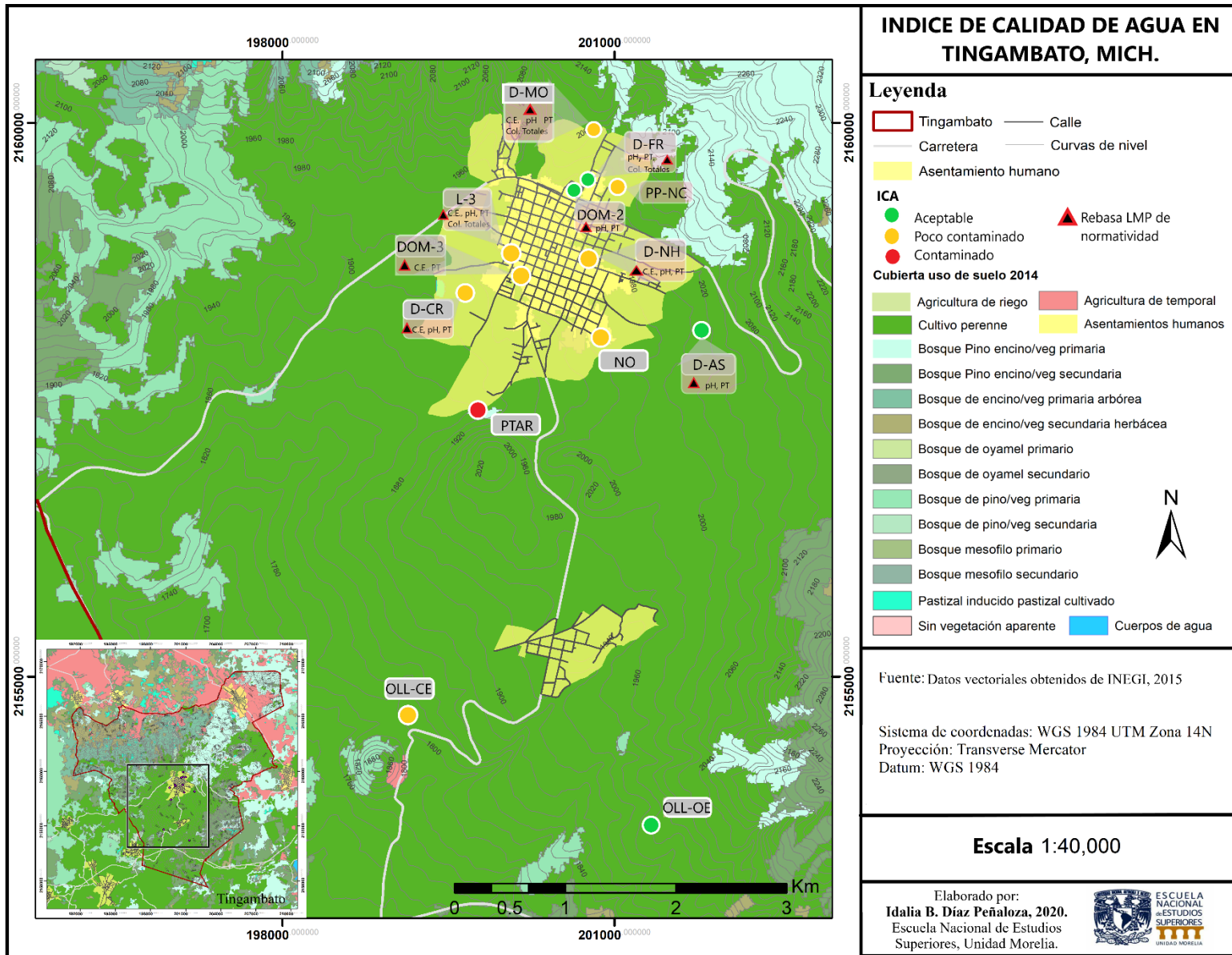
*Nota.* Interpretación del ICA con base en la clasificación de CONAGUA, 2002.

Por último, se compararon los valores obtenidos para cada sitio con la normatividad vigente. Los sitios para uso humano se compararon con la modificación a la NOM-127- SSA1-

1994, Guía para la calidad de agua potable de la OMS (2011) y los CE-CCA-001/89. De manera general cumplen con los rangos de los valores para los parámetros comprendidos en la normatividad a excepción de pH, fósforo total, conductividad eléctrica y coliformes totales. Los puntos de muestreo DOM-3, D-MO, D-NH, D.CR y L-3 rebasan el LMP (250  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) para conductividad eléctrica. De igual modo para el fósforo total se rebasó el LMP en todos los sitios, en cuanto al pH no cumple con el rango especificado; a excepción de DOM-3.

Por su parte los sitios para riego cumplieron con los LMP establecidos en el CE-CCA-001/89 (apéndice 8b). En cuanto a el agua residual, todos los valores se encuentran dentro de los LMP para los parámetros establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996 excepto para la materia aparente (apéndice 8c).

Figura 29. Variación espacial del ICA en los sitios muestreados.



### ***13.4 Discusión calidad de agua***

De acuerdo con los resultados no se encontraron correlaciones significativas entre el ICA y la distancia a las huertas; es decir que la calidad de los sitios muestreados no está linealmente/directamente influenciados por su cercanía al cultivo de aguacate, recordando que en este trabajo únicamente se realizaron análisis de parámetros fisicoquímicos básicos; sin embargo existen otros compuestos contaminantes cuyo uso es importante y significativo en la actividad agrícola como son los plaguicidas, los fertilizantes y otros compuestos orgánicos y que sería pertinente evaluar en el agua de la comunidad.

No obstante, se encontraron correlaciones altas entre algunas variables: La Conductividad eléctrica presentó una alta correlación positiva con SDT, Salinidad, Cloruros, Dureza total y de calcio, la literatura muestra que estas son variables se encuentran asociadas ya que la conductividad eléctrica está relacionada con la concentración de sales en disolución; e incluso se le considera a la CE un buen indicador indirecto de las concentraciones de dureza total y de Calcio (Solís-Castro *et al*, 2018). A su vez estos parámetros muestran una relación negativa con O.D.

Por otro lado, el OD se encontró positivamente relacionado con la altitud, esto se debe a que la solubilidad del oxígeno en el agua depende de la concentración de oxígeno en la atmósfera lo cual está relacionado con la presión atmosférica-altitud. Generalmente una mayor altitud corresponde a menor carga orgánica e inorgánica y por ello más oxígeno al no presentarse eventos de oxidación. En este sentido, los sitios que se encuentran a menor altitud corresponden a aguas para riego y aguas residuales en las cuales se encontró una menor concentración de OD, contrario a los sitios de la red de agua potable en donde se encontraron valores más altos de Oxígeno, lo cual se le atribuye a su vez al flujo del agua que favorece el intercambio de gases y cuya localización

es a mayor altitud. De modo que los valores más altos de CE, SDT, SAL, CL, DT y D Ca se encontraron en las aguas residuales, seguidas del agua para riego y con menores concentraciones el agua intradomiciliaria, inversamente proporcional a las concentraciones de O.D., donde en el agua residual se obtuvo el menor valor y en el agua intradomiciliaria los valores más altos.

De igual modo, se encontró que la altitud tiene correlaciones negativas con la turbidez, sólidos suspendidos y sulfatos, esto se le atribuye a que generalmente a mayor altitud se presenta menor intemperismo, por lo cual el agua contiene menor cantidad de partículas y iones de disolución. Aunado a ello, en el caso particular de este estudio este tipo de correlación se puede ver asociado a la distribución espacial y su clasificación antes mencionada (Intradomiciliaria, residual, riego) ya que los sitios de riego y residual con concentraciones mayores de los parámetros antes mencionados se encuentran a menor altitud que los correspondientes al agua intradomiciliaria.

Lo anterior concuerda con los resultados del ACP donde las variables más fuertemente asociadas en el C1 fueron CE, Sal, SDT donde se encuentra la PTAR, Noria para venta (NO) y del Pozo profundo para riego (PP-NC) estas últimas dos corresponden a pozos de agua subsuperficiales. Los altos valores de CE, SAL, SDT y Cl en NO y PP-NC pueden estar dados por su origen subterráneo y la alta cantidad de sales disueltas, resultado de continuos procesos de interacción entre el agua de precipitación que se infiltra en el terreno y la litología por donde circula.

De igual modo se observó un subgrupo perteneciente al C1 compuesto por TB, *E. Coli*, SO<sub>4</sub>, Acidez, PT, PR y SS aunado a ello en este componente se ubican los nutrientes nitrogenados (NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>). La turbidez está dada por la cantidad de partículas en el agua, de manera general las muestras con mayor contenido de nutrientes, SS y *E. coli* presentaron la mayor turbidez, esto

coincide con los resultados de Marttila y Kløve, (2012) quienes encontraron una dependencia lineal entre el fósforo total, nitrógeno total y fósforo particulado con la turbidez, esto debido a que una fracción de estos nutrientes se presenta en forma de partículas o se encuentra adsorbido a la materia orgánica.

De manera general podríamos deducir que dado que la CE es una medida indirecta de la concentración de iones en el agua (cationes: sodio, potasio, calcio, magnesio y aniones: carbonatos, bicarbonatos, sulfatos y cloruros), esta se relaciona con la dureza total, la cual se determina por la concentración de calcio y magnesio presentes y a su vez con la alcalinidad que tiene relación con los bicarbonatos, carbonatos e hidroxilos. Es por ello que la CE es una variable clave a evaluar, puesto que altas o bajas concentraciones pueden influir en el rendimiento del cultivo tal como indican Oster *et al.*, (2007) quienes realizaron experimentos en huertos comerciales de aguacate 'Hass' demostrando que una salinidad por encima de 570  $\mu\text{S}/\text{cm}$  reduce el rendimiento del cultivo.

Las variables agrupadas en el componente 1 concuerdan con lo mencionado por Borbolla-Sala *et al.*, (2003) quienes encontraron una correlación entre la TB,  $\text{SO}_4$  y DT en muestras de agua potable en Tabasco.

En el C2 se relacionan más altamente T° Agua y Col. T cuyos sitios asociados son OLL-OE, OLL-CE estas corresponden a agua para riego que se encuentran inmersas en las huertas de cultivo de aguacate, expuestas a la intemperie recibiendo directamente radiación solar y por tanto aumentando la temperatura del agua y cuya contaminación por Col T. es altamente probable por el uso de abonos con estiércol ampliamente utilizado en las huertas de aguacate además del uso de fosas sépticas en el área.

En el tercer componente (C3) las variables pH, Oxígeno disuelto (OD) mostraron una mayor distancia del eje Z, es decir una mayor disociación del resto de las variables sugiriendo la independencia de dichas variables. Estas correlacionaron negativamente con Fósforo orgánico (PO) y Nitritos ( $\text{NO}_2$ ). Por su parte el oxígeno disuelto se le asocia con una mejor calidad hídrica mientras que PO y  $\text{NO}_2$  con aguas de menor calidad.

A este componente pertenecen los sitios de agua intradomiciliaria para uso humano; en general fueron los sitios con mayor cantidad de oxígeno disuelto, esto está relacionado con el flujo constante de agua entre depósitos de la red de distribución de agua en Tingambato, los valores más bajos de esta categoría se encontraron en el Lavadero del barrio 3, lo cual se debe a que es agua que se almacena en piletas y permanece estancada por mayor cantidad de tiempo.

El pH es una variable imprescindible para la determinación de calidad de agua y se le encuentra a menudo positivamente correlacionada con la alcalinidad. El pH en el agua se utiliza principalmente para detectar algunas condiciones anormales ya que valores fuera del intervalo normal pueden modificar la presencia y disponibilidad de los nutrientes o en ocasiones contener iones tóxicos.

La alcalinidad total es otro parámetro importante de controlar, ya que ayuda a verificar si el agua presenta la concentración adecuada de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos que hacen que no disminuya el pH en presencia de ácidos.

La alcalinidad está estrechamente relacionada con el pH; según el valor de pH, el agua contendrá solo bicarbonato, o una mezcla de bicarbonato y de carbonato, o una mezcla de carbonato y de hidróxido, o solo hidróxido. De este modo la alcalinidad parcial (AP; p-alkalinity) corresponde solo a los iones  $\text{OH}^-$  y la mitad de los iones  $\text{CO}_3^{2-}$ . Cuando el pH del agua es de 8.3 o menor, el valor de AP es cero lo cual significa que el agua contiene solo bicarbonatos  $\text{HCO}_3^-$ . Con

valores de pH más altos, existen carbonatos, y con valores muy altos se encuentran hidróxidos, pero desaparecen los bicarbonatos. En este caso todos los sitios presentaron pH ácidos por debajo de 7 y por tanto alcalinidad parcial igual a cero, lo que indica que el agua puede contener únicamente bicarbonatos. El pH ácido significa que existen  $H^+$  en solución que en presencia de iones bicarbonato genera ácido carbónico  $H_2CO_3$  el cual a su vez se genera por la entrada de  $CO_2$  al agua. De igual modo la acidez es otro parámetro que se encuentra estrechamente relacionado con alcalinidad y pH, contrario a la alcalinidad la acidez hace referencia a la capacidad de neutralizar bases, en las aguas naturales las fuentes principales de acidez son el  $CO_2$  proveniente de la atmósfera y de la oxidación bacteriana de la materia orgánica, la acidez mineral de los residuos industriales y el drenaje de las minas y la lluvia ácida.

En el caso del agua intradomiciliar los bajos valores de pH y alcalinidad total se pueden asociar a la desinfección con cloro que se realiza en los depósitos y hogares para el uso humano. Esto por las propiedades ácido-base del cloro que, al hidrolizarse, forma el ácido hipocloroso (HClO), que se disocia en iones de hidrógeno produciendo una acidificación del agua (OMS, 2011).

Por otro lado, Hernández-Valdés y Federico, (2017) evaluaron algunas características químicas del agua utilizada para riego en huertas de aguacate en el estado de Michoacán y Jalisco. Reportaron en la mayoría de sus sitios un pH entre 6.2 y 8.2, sin embargo, también encontraron sitios con  $pH < 4.0$  para el Estado de Michoacán. De acuerdo con Ayers y Westcot, (1985), el intervalo aceptable para pH en cultivos es 6.5 a 8.4. En este caso para el agua de riego se obtuvo un pH 5.27 ( $\pm 0.74$ ) lo cual representa un problema para los cultivos. La acidez para este tipo fue de 9.17 mg/L  $CaCO_3$ . Tanto la alcalinidad como la acidez expresan la capacidad amortiguadora de las muestras más que su carácter ácido y básico.



En cuanto a la alcalinidad, los sitios de agua para riego mostraron mayor variabilidad; esto se debe a que existen dos sitios de agua de pozo (subterránea) y dos sitios que se llenan con agua de lluvia. El agua de lluvia arrastra iones y una gran variedad de compuestos químicos una vez que se encuentra en contacto con diversos sustratos. Por ello los depósitos de agua de lluvia pueden presentar valores altos en alcalinidad. Otro proceso que favorece el aumento de la alcalinidad es la actividad fotosintética; sitios con concentraciones altas de clorofila, serán sitios con mayor alcalinidad, esto atribuido a la remoción de  $\text{CO}_2$ . Por su parte, las aguas subterráneas suelen pasar varias capas de sustrato y roca que le confieren distintas propiedades; las aguas subterráneas suelen ser aguas duras, con mayor contenido de  $\text{CO}_3^{2-}$ .

Dado que la alcalinidad está relacionada con la capacidad de amortiguamiento (buffer) que tiene el agua es importante relacionarlo con la dureza, ya que, de acuerdo con la OMS, (2011) aguas blandas con valores por debajo de 100 mg/l pueden tener una capacidad de amortiguamiento (buffer) más baja y por tanto ser más corrosivas para las tuberías de agua. Puesto que los valores de dureza total del agua intradomiciliaria son menores que 100 mg/L esto podría representar un riesgo para las tuberías de la red de agua potable en Tingambato y por tanto la disminución de la calidad con la que llega a los domicilios.

Los lugares con actividad agrícola suelen estar asociados a aguas con presencia de nitratos, fosfatos, sulfatos debido a la constante fertilización y aplicación de plaguicidas para el mayor rendimiento y protección de los cultivos (Mello *et al.*, 2018).

Un exceso de las sales de sulfato (aniones), es causante de la corrosión, estas sales al ser reducidas y posteriormente oxidadas, mediante una acción bacteriana pueden ser transformadas en ácido sulfúrico, el cual es altamente corrosivo.

El fósforo suele ser el nutriente limitante en ecosistemas de agua dulce; conduciendo a la eutrofización cuando se encuentra en exceso, en cantidades mayores a las que los organismos pueden utilizar, siendo así una de las principales causas de contaminación. El fósforo puede provenir de varias fuentes difusas; de manera natural puede provenir de rocas fosfóricas las cuales desprenden fósforo principalmente en forma de ortofosfato. Las fuentes artificiales de fósforo se le atribuyen principalmente al agua residual doméstica e industrial, así como fuentes no puntuales como escorrentía de áreas agrícolas y domésticas. A las fuentes domésticas normalmente se le adjudica el uso de detergentes, la aportación de fosfato por el uso de detergente se ha visto relacionada con la dureza del agua en algunos países; de modo que en aguas con mayor dureza el detergente contribuye en mayor porcentaje a la concentración de fosfatos que en aguas menos duras (Holtan y Stuanne, 1988).

De igual modo el agua pluvial contribuye con la cantidad de fósforo total presente en aguas superficiales. Holtan y Stuanne, (1988) reportaron que la precipitación puede ser una fuente de entrada de fósforo y que existe una variación regional en la concentración de fósforo en la precipitación cuyos valores más altos se han encontrado en áreas industriales y agrícolas, de igual modo esta concentración varía estacionalmente; los mayores valores por lo general se han encontrado en el verano. Por ello, sería pertinente llevar a cabo muestreos periódicos de acuerdo a las temporadas de precipitación y aplicación de agroquímicos con fósforo.

El fósforo orgánico se encontró en mayores concentraciones en el agua de riego; en particular en las ollas de agua; esto se le puede atribuir a que se lleva a cabo una mayor producción de material orgánico por biosíntesis (asimilación de materia orgánica que ingresa por deposición a los cuerpos de agua), al aporte de P por el ingreso de animales en descomposición que se

encontraron en las ollas y cuya concurrencia suele ser constante, así como de vegetación y la deposición del material arrastrado por el viento.

El fósforo total se encontró en mayor concentración en el agua residual, seguido del agua intradomiciliar y finalmente el agua para riego. El fósforo se encuentra presente en las aguas residuales domésticas principalmente como consecuencia del uso de detergentes o como parte de las excreciones humanas. El control de la concentración de fósforo que contienen las aguas residuales de uso domiciliario, industrial y agrícola es de particular interés debido al brote de algas que el exceso de este nutriente propicia (Spellman, 2009). Para el agua intradomiciliar se rebasó el LMP establecido por la NOM-127-SSA1-1994. Esto podría atribuirse a que Tingambato es un municipio con una activa actividad agrícola y donde el uso de plaguicidas es común y constante para asegurar su producción, aunado a ello, la cabecera municipal y las fuentes de agua para uso intradomiciliario se encuentra rodeadas por huertas de aguacate facilitando la movilidad, inserción y acumulación de dicho nutriente al sistema hídrico. En relación a lo anterior Mireles, (2018) también menciona que el tipo de plaguicidas que más se emplea en el municipio es de tipo organofosforado.

Altas concentraciones de fósforo representan una amenaza para la salud de la población en Tingambato. Se ha observado que el exceso de consumo de fosfatos puede suponer problemas de salud como osteoporosis y daño renal. Además, varios estudios apuntan a una relación causa-efecto entre el consumo de aguas con altas concentraciones de fosfatos y el aumento de casos de cáncer y enfermedades degenerativas (Bolaños-Alfaro, *et al.*, 2017).

En cuanto al nitrógeno las principales fuentes de ingreso naturales a las aguas subterráneas son la precipitación, el intemperismo de los minerales y descomposición de la materia orgánica, aunado a ello las principales causas de aportación antrópica son la escorrentía de terrenos

cultivados, efluentes de lagunas y tanques sépticos, fertilización excesiva con nitrógeno, deforestación. El único control del nitrato por debajo de la superficie es la reducción del nitrato por el proceso de desnitrificación, esta es una reacción natural en la cual el nitrato es reducido por la acción de bacterias a gases de nitrógeno, que son menos peligrosos (Pacheco Ávila y Cabrera Sansores, 2003).

El nitrato se presentó en mayores concentraciones en el agua residual, seguido del agua de riego e intradomiciliar; en el agua de riego los mayores aportes se atribuyen a los sitios de origen subterráneo (PP-NC y NO). Canter, (1990) encontró niveles de nitratos menores en el agua subterránea en pozos más profundos, comparados con los valores del agua proveniente de pozos someros, sugiriendo que la concentración no había alcanzado los acuíferos más profundos. Esto concuerda con los menores valores encontrados en fuentes de agua intradomiciliar como el depósito aserradero cuya fuente es un pozo de 180 m y en donde se encontró la menor concentración de  $\text{NO}_3$  ( $1.78 \text{ mg /L} \pm .2$ ). En contraste, el depósito las cruces presentó la mayor concentración de la clasificación agua intradomiciliar en  $\text{NO}_3^-$ ; esto puede atribuirse a su cercanía a cultivos; es un depósito cuyo manantial se encuentra inmerso en una huerta de aguacate donde también se crían animales y que constantemente está expuesto a aplicaciones de fertilizantes y fumigaciones agrícolas. En este sentido, en un estudio realizado en un acuífero de Israel encontraron que los pozos más enriquecidos se localizaban en un área de producción ganadera (Kaplan y Magaritz, 1986; en Pacheco Ávila y Cabrera Sansores, 2003). A pesar de que las concentraciones de  $\text{NO}_3^-$  no rebasaran el LMP, es un parámetro que debe tenerse en cuenta y medir periódicamente puesto que en algunos estudios se ha observado su drástica variabilidad temporal; esto repercute en un aumento de su concentración tras lluvias intensas. Aunado a ello, sitios con acuíferos bajo agricultura intensiva y cercanos a sitios con alta densidad de tanque sépticos en

donde esta reducción no ocurre, los nitratos que persisten en los abastecimientos de agua son un riesgo (Pacheco Ávila y Cabrera Sansores, 2003).

En cuanto al nitrito, es menos soluble en agua y por tanto menos estable que el nitrato (García, *et al.*, 1994). Una disminución de oxígeno disuelto puede desembocar en una reducción microbiana de nitrato a nitrito (OMS, 2011); en este estudio se mostró una correlación negativa entre el OD y  $\text{NO}_2^-$  y  $\text{NO}_3^-$ . Esto significa que a medida que disminuye el oxígeno disuelto aumentan los valores de  $\text{NO}_2^-$ . De igual modo se encontró una correlación negativa con la distancia a las huertas, ya que el agua para riego y residual presentó las menores concentraciones de O.D. y los valores más altos para nitritos.

Finalmente respecto a los resultados obtenidos en el ICA estos deben utilizarse con precaución debido a que no se tomaron en cuenta variables clave como la presencia de Coliformes Totales y *E.Coli* y cuya presencia o ausencia determinan finalmente si es apta para el uso y consumo humano o no. En este sentido, a pesar de que para el D-AS se obtuviera una calidad aceptable (ICA=75) y D-MO como poco contaminado (ICA=70) estos depósitos reportaron presencia de coliformes; los cuales de acuerdo con la modificación a la NOM-127-SSA1 deben estar ausentes en el agua para uso humano. De igual modo, si se tomara en cuenta la presencia de coliformes totales en las ollas; en particular en la OLL-OE para la cual se obtuvo una calidad aceptable (ICA= 82) su calidad disminuiría. Lo mismo se esperaría para el agua residual donde también se presentó *E.Coli*.

La determinación de los parámetros fisicoquímicos representa adicionalmente un método directo para analizar la calidad del agua y un método indirecto para identificar la posible presencia de otros contaminantes, por ejemplo la turbidez puede representar la presencia de materia orgánica, un pH fuera de los límites puede representar la presencia de sustancias químicas y minerales que

puedan generar efectos en la salud; el uso de este tipo de parámetros resulta un método más rápido y económico para definir unas condiciones mínimas de la calidad del agua, sin embargo es necesario tomar en cuenta las condiciones del lugar donde se realizan los análisis, y de ser necesario extender a otros tipos de contaminantes. Llevar a cabo un monitoreo de agua periódico permite construir un panorama general sobre la calidad del agua, así como asegurar la inocuidad del recurso según su uso, y a partir de ello construir alternativas de bienestar para la comunidad y los ecosistemas.

## VI. CONCLUSIONES

A continuación, se presentan las conclusiones acordes a los objetivos particulares y a los componentes del diagnóstico de bienes hídricos planteados.

Realizar un diagnóstico hídrico integral tal como se propuso y realizó en la presente tesis implicó partir del reconocimiento de lo que, De Sousa Santos, (2018) denomina los límites internos y externos de las disciplinas, reconocer la aportación desde cada una, su alcance y encontrar el momento y lugar donde confluyen y se complementan. Los internos se refieren a las restricciones que son consecuencia de lo que todavía no se sabe, pero al final, por un determinado tipo de conocimiento, se puede saber. Los límites externos se refieren a lo que no se sabe ni se puede saber mediante un determinado tipo de conocimiento, estos implican reconocer intervenciones alternativas que sólo son posibles con otros tipos de conocimiento.

A partir del presente diagnóstico de bienes hídricos en Tingambato se puede concluir y rectificar que la situación hídrica en la comunidad es compleja y la forma en que se distribuyen los recursos tiene una carga de decisión político-económica acentuada. A través de dicho diagnóstico se generó información que evidencia la estrecha relación entre las problemáticas hídricas y el cultivo de aguacate en la comunidad. El cultivo de aguacate en la región está reconfigurando rápidamente los mecanismos y procedimientos que regulan, organizan el acceso al agua y las condiciones en que se dispone de este, alterando en consecuencia los mecanismos sociales que configuran los derechos relacionados con el agua. Por tanto, abordar las problemáticas hídricas contemporáneas y emergentes desde un enfoque integral y multidisciplinario permite tener una visión desde distintas aristas que no siempre son excluyentes sino complementarias. Este trabajo permite sentar las bases para abordar la problemática del agua desde el reconocimiento del

agua como un ente con carga político-social que determina cómo, cuándo, dónde y con qué calidad circula el agua para los distintos usos.

Como parte del diagnóstico se localizaron y caracterizaron las principales fuentes de agua que abastecen la red de agua potable de Tingambato. Aunado a ello, las norias o pozos poco profundos son una fuente de agua complementaria importante en la comunidad para todos los usuarios independientemente si cuentan o no con servicio de agua potable. De acuerdo a las encuestas que se realizaron a escala intradomiciliaria, el 77.78% de la población que a pesar de contar con toma domiciliaria de agua potable y que no le es suficiente el agua suministrada por el OOAPAS recurren al menos una vez por semana a estas fuentes alternativas para satisfacer las actividades básicas del hogar.

De acuerdo con los datos oficiales del REPDA, el 60.43% del volumen de agua en el municipio se destina al uso público urbano, mientras que el resto al uso agrícola. A partir del trabajo realizado en campo y de la visible actividad agrícola que existe en Tingambato y alrededores resulta pertinente cuestionarse este dato, tomando en cuenta los vacíos y deficiente coherencia en la legislación, limitadas variables en los cálculos de almacenamiento y recarga de los acuíferos, así como los volúmenes en su mayoría otorgados sin ningún control ni certeza sobre la extracción y aprovechamiento real del recurso debido a la ausencia de medidores de volumen, tomas de agua ilegales, fugas, etc. En general este conjunto de condiciones genera una gran incertidumbre acerca de la situación actual, abonan y promueven la sobreexplotación de los bienes hídricos, orillándonos a situaciones de escasez hídrica tanto física como social, y comprometiendo en todos los aspectos futuros el agua (económicos, ambientales, sociales, políticos).

Aunado a ello, los principales usos y usuarios identificados por distintos sectores de la población fueron el uso agrícola, doméstico y comercial; existe una percepción diferente en cuanto



al volumen que se destina a cada una de estas actividades, los jóvenes consideran que se emplea mayor volumen en el nivel doméstico, bajo la premisa de que las huertas de aguacate en su mayoría son de temporal y no se riegan todo el año. Mientras que los jefes y jefas de familia consideran que la actividad en la que se utiliza más agua es en las huertas de aguacate, seguido del uso doméstico, y, en tercer lugar, el agua destinada en los comercios.

Las principales problemáticas identificadas desde el personal del OOAPAS son la disminución de caudal de las fuentes, principalmente atribuidas a la deforestación, disputas sobre el aprovechamiento de las fuentes de agua, tomas ilegales, irregularidad en los pagos del servicio de agua y falta de presupuesto y apoyos gubernamentales estatales y federales para la mejora y ampliación de obras hidráulicas. Por su parte, los productores de aguacate identificaron las siguientes problemáticas: aumento de la excavación de pozos particulares, escasez y deficiencia en la regulación de la distribución de agua.

Las problemáticas identificadas por los jóvenes se encuentran relacionadas con cuestiones de disponibilidad y acceso (escasez, desabasto, no tener disponibilidad de agua potable diario, agua insuficiente para regar huertas) y contaminación (por basura, fumigantes, detergentes, animales muertos, detergentes). Dichas problemáticas se asocian con la deforestación y el cambio de uso de suelo a huertas de aguacate. Así como la discontinuidad en el servicio de agua potable.

La dinámica de distribución de la red de agua potable de la cabecera municipal es compleja; el servicio de agua potable está a cargo de dos trabajadores del OOAPAS, quienes son los encargados de abrir y cerrar válvulas en horarios determinados para la distribución de agua. El tiempo que la mayoría de los hogares (79.2%) de la cabecera municipal de Tingambato reciben el servicio es de 1 a 3 horas cada tercer día. Esta dinámica de distribución hace necesaria la implementación de estrategias de almacenamiento de agua para satisfacer las actividades del hogar

durante el lapso en que no se recibe el servicio. Aunado a ello, la distribución parece no ser equitativa; esto debido a la configuración de la red; la ubicación de las válvulas principales favorece a ciertas calles, las cuales reciben más horas al día el servicio en su casa o más días que el resto de las calles. No tener una disponibilidad constante del recurso condiciona el tiempo y la libertad de las personas que se hacen cargo de las actividades en el hogar (generalmente mujeres), pues deben destinar tiempo, esfuerzo y recursos extras a la búsqueda de fuentes alternativas de agua para satisfacer las actividades del hogar, y que posiblemente podrían destinar a otras actividades de interés personal o colectivo.

De acuerdo a las entrevistas realizadas a productores de aguacate, la cantidad del agua utilizada en las huertas depende del tipo de huerta (riego o temporal), la infraestructura, el acceso y disponibilidad de la misma, la edad de la huerta, temporada, así como la dinámica de fumigaciones y aplicaciones de insumos. Independientemente del tipo de huerta (Riego o temporal, convencional u orgánica, nacional o exportación) las fumigaciones son una de las actividades constantes en las que se emplea mayor volumen de agua en las huertas de aguacate. Estas se llevan a cabo con una frecuencia de 22 días a un mes. En la fumigación de cada hectárea se emplean alrededor de 2000 Litros de agua.

Respecto al manejo hídrico en el medio agrícola, es evidente el vacío sobre la regulación del agua en las huertas, a pesar de que la JLSV realiza algunas recomendaciones y para el caso de las huertas de exportación existen algunas reglas respecto al manejo del agua, no existe regulación sobre el volumen y las fuentes hídricas.

Las ollas han representado una solución para los productores de aguacate al permitir captar, almacenar, administrar agua de lluvia y disponer durante el año de la misma para su empleo en la actividad agrícola, sin embargo, es pertinente considerar los impactos ambientales presentes y a

futuro que su expansión implica, pues aunado a la deforestación y consecuente erosión del suelo por la plantación de aguacate, al remover el suelo, e impedir la infiltración del agua con la geomembrana, se reduce el volumen de recarga de los acuíferos y por tanto la cantidad de agua que se podrá aprovechar de los mismos, así como los consecuentes cambios en las condiciones microclimáticas de la comunidad.

La caracterización de los usos del agua a escala intradomiciliaria permitió visibilizar que el acceso y disponibilidad de agua entre los usuarios es diferenciado tanto a escala comunitaria como a escala intradomiciliaria. Ante la disponibilidad diferenciada las estrategias de priorización de algunas actividades sobre otras en la escala intradomiciliarias son un proceso común, así como la concurrencia a fuentes alternativas de agua como las norias para complementar el volumen requerido para realizar las actividades básicas en los hogares. La deficiente regulación en el uso de estas fuentes alternativas/complementarias constituye un riesgo potencial para acelerar la escasez hídrica, procesos de contaminación en las distintas esferas ambientales y alteración en los ciclos biogeoquímicos, comprometiendo la disponibilidad y calidad del recurso.

La priorización de los usos del agua al interior del hogar está relacionada no solo con las necesidades básicas inmediatas sino con la posibilidad de llevar a cabo estas actividades fuera del hogar o con agua que requiere una calidad menor. Ante una situación de escasez la población prioriza el uso del agua en actividades que se llevan a cabo estrictamente en el lugar, en cambio actividades como lavar la ropa, regar las plantas no son consideradas actividades prioritarias y diarias.

La mayoría de la población (95.51%) considera que la calidad del agua potable es de buena a regular. Sin embargo, el 67.86% identifica al menos una de las siguientes características organolépticas: Mal olor, mal sabor, turbia, presencia de basura, presencia de insectos en el agua,

por lo que sería adecuado profundizar acerca de las actividades en las que emplean el agua que consideran de buena calidad. El tema de la calidad es un aspecto que se debe priorizar para próximos proyectos y acciones en Tingambato pues alrededor del 40.48% de la población utiliza el agua no purificada directamente de la red de agua potable para beber y cocinar. No obstante, esta parte de la población hierve y/o clora el agua, el consumo de esta agua podría representar un riesgo a la salud de los consumidores. Por ello que contar con mecanismos de monitoreo es una herramienta para mantener a la población informada sobre la calidad del agua que utilizan, puede funcionar como un detonante para generar interés en la población sobre la situación actual y futura del recurso que circula en la comunidad, a su vez que aumenta la presión sobre el Estado de garantizar bienestar y condiciones de un acceso a agua de calidad.

Finalmente, respecto a la evaluación de la calidad de agua de los sitios muestreados, los resultados muestran que la distancia a las huertas no está correlacionada significativamente con el ICA. De acuerdo con el ICA el 87.5% de los sitios de Agua intradomiciliaria se clasifican como “poco contaminados” al igual que el 80% del agua para riego, mientras que el agua residual se cataloga de acuerdo al índice como “contaminada”. Por su parte el ACP mostró que los sitios del componente uno (C1), correspondientes al agua de Noria para riego y agua residual están relacionados principalmente con la variación de los sólidos totales disueltos. El C2 correspondiente a los sitios de ollas para riego están agrupados por la temperatura del agua, mientras que el C3 compuesto por el agua intradomiciliaria están conglomerados por el oxígeno disuelto. Es necesario generar más muestreos estacionales, así como más estudios para analizar la agregación en clústers de estos parámetros con la finalidad de determinar los parámetros prioritarios al momento de llevar a cabo un monitoreo continuo del agua.

Algunos sitios del agua intradomiciliaria no cumplieron con los límites máximos permisibles de la normatividad vigente, debido a valores fuera de intervalo en: pH, conductividad eléctrica, fosfatos y presencia de coliformes. En cuanto al agua de riego, se establece que cumple con la normatividad para su uso y respecto al agua residual no cumple para descargas en aguas naturales debido a la presencia de materia aparente.

#### **14. Recomendaciones**

El presente diagnóstico nos brinda ciertas pautas para el establecimiento de un monitoreo comunitario participativo de agua en Tingambato. Como paso siguiente sería pertinente el establecimiento de un monitoreo comunitario en el que se contemple la participación de los distintos actores y donde se amplíen los parámetros de calidad, especialmente residuos/trazas de plaguicidas y metales pesados dada la intensa actividad agrícola en la región y la escasa regulación de plaguicidas. Aunado a ello, es preocupante el limitado tratamiento que se le da al agua para uso humano, como se mencionó anteriormente el agua es la matriz perfecta para la deposición y transporte de los contaminantes, la zona urbana de Tingambato está rodeada de huertas de aguacate donde se emplean ampliamente agroquímicos como lo son los plaguicidas los cuales no se quedan exentos de ser una fuente de contaminación de los recursos hídricos de la región y representar una potencial amenaza para la salud humana de la población.

Respecto a los puntos a monitorear consideramos que ante un presupuesto reducido se deben contemplar al menos a partir de los depósitos de almacenamiento y distribución de agua potable que son la fuente más directa de agua para la población a nivel domiciliar. El monitoreo de la calidad de agua es importante pues a partir de este podemos determinar si las condiciones en que se emplea el agua son inocuas para los usuarios y en caso de representar alguna amenaza proponer

tratamientos específicos además de la cloración del agua, la cual ya se lleva a cabo por parte del OOAPAS.

De igual modo, se recomienda no limitar el monitoreo únicamente a la calidad de agua, sino contemplar los intereses políticos y sociales en cuanto al aprovechamiento y distribución del recurso.

En paralelo sería pertinente implementar acciones de concientización dirigidas a los productores de aguacate respecto a la disminución gradual del uso de productos químicos, la transición a una producción agrícola sustentable y mejores prácticas agrícolas tomando en cuenta la producción orgánica, diversificada (sistemas agroforestales), con baja huella hídrica (riego por goteo).

De igual modo, generar alianzas con autoridades locales y municipales para atender y generar planes de acción para la mejora de condiciones sanitarias en el municipio contemplando el manejo de aguas residuales, manejo de residuos sólidos urbanos, entre otros, todo ello desde el reconocimiento de que la responsabilidad de la calidad de agua es compartida y por tanto se deben contemplar los intereses de todos los usuarios y autoridades que les compete la gestión y la garantía del recurso.

## VII. REFERENCIAS

- Abdel Aal, S., Dessouki, A. Y Sokker, H. Degradation of Some Pesticides in Aqueous Solutions by Electron Beam and Gamma-Radiation. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* **250**, 329–334 (2001). <https://doi.org/10.1023/A:1017912132599>
- Agua.org.mx, P. (20 diciembre 2020). *¿Cuánta agua necesita una persona?* Recuperado de <https://agua.org.mx/tus-derechos-sobre-el-agua/#contexto-nacional>
- Aguilera Zarco, J. d. (2019). *Caracterización geotécnica del banco de material "El molcajete" ubicado en el Municipio de Tingambato. Morelia, Michoacán* (Tesis de grado). Facultad de Ingeniería Civil, UMSNH.
- Alatorre, R. R. (2002). XII Curso Nacional de Control Biológico en México. Hermosillo, Sonora. Memorias, 95-105.
- Arahuetes Hidalgo, A. (2017). *Los recursos no convencionales en el metabolismo hídrico del litoral de la provincia de Alicante* (Tesis de doctorado). Universidad de Alicante.
- Arahuetes, A., Villar, R., Y Hernández, M. (2016). El ciclo hidrosocial en la ciudad de Torre Vieja: retos y nuevas tendencias. *Revista de Geografía Norte Grande*, 109-128.
- Arcones, M., Y Wang, Y. (2006). Some new tests for normality based on U-processes. *Statistics and Probability Letters*, 76(1), 69-82. <http://dx.doi.org/10.1016/j.spl.2005.07.003>
- Asamblea General de las Naciones Unidas. (28 de Julio de 2010). *El derecho humano al agua y el saneamiento*. Recuperado de [https://www.un.org/en/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=A/RES/64/292&Lang=S](https://www.un.org/en/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/64/292&Lang=S)
- Ayala, K. E. (07 de 06 de 2020). Se reduce en 50% la producción de agua en Michoacán. *El Sol de Morelia*. Recuperado de <https://www.elsoldemorelia.com.mx/local/se-reduce-en-50-la-produccion-de-agua-en-michoacan-5328610.html>
- Ayers, R., Y Westcot, D. (1985). Water quality for agriculture. En FAO, *Irrigation and drainage paper*, 175.
- Bakker, K. (2002). From State to Market?: Water Mercantilización in Spain. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 34(5), 767–790. <https://doi.org/10.1068/a3425>
- Bautista Lozada, A., Rondinel, F. Parra, y Espinoza-García, F. J. (2012). Efectos de la Domesticación de Plantas en la Diversidad Fitoquímica, 253-267. En *Temas Selectos en Ecología Química de Insectos*. El colegio de la Frontera Sur, 446.
- Bejarano-González F. (2017). Los plaguicidas altamente peligrosos nuevo tema normativo internacional y su perfil nacional en México. En: *Los plaguicidas altamente peligrosos en México*. (Bejarano-González F. Ed.). RAPAM, CIAD, Red Temática de Toxicología de Plaguicidas, UAEMEX, INIFAP, UCCS, IPEN, PNUD. México, 10-96.
- Bolaños-Alfaro, J. D., Cordero-Castro, G., Y Segura-Araya, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Tecnología en Marcha*. 30 (4), 15-27. <http://dx.doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>.

- Borbolla-Sala, M. E.; Cruz-Vázquez, L.; Piña-Gutiérrez, O. E.; Fuente-Gutiérrez, J. del C.; Garrido-Pérez, S. M. G. (2003). Calidad del agua en Tabasco. *Salud en Tabasco*, 9 (1), 170-177.
- Bravo, M.; Sánchez, J.; Vidales, J. A.; Sáenz, J. T.; Chávez, J. G.; Madrigal, S. Y Venegas, E. (2009). Impactos ambientales y socioeconómicos del cambio de uso del suelo forestal a huertos de aguacate en Michoacán. Uruapan, Michoacán, México. *Centro de Investigación Regional Pacífico Centro, INIFAP*. <http://www.inifapcirne.gob.mx/revistas/archivos/libro-aguacate.pdf>.
- Budds, J. (2012). La demanda, evaluación y asignación del agua en el contexto de escasez: un análisis del ciclo hidrosocial del valle del río La Ligua, Chile. *Revista de Geografía Norte Grande* (52), 167-184. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022012000200010>
- Burgos, A., Anaya, C., Y Solorio., I. (2011). *Impacto ecológico del Cultivo de Aguacate a nivel regional y de parcela en el Estado de Michoacán: Definición de una Tipología de Productores. Informe final a la Fundación Produce Michoacán (FPM) y la AALPAUM*. Morelia, Michoacán.: Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental.
- Burgos, A., Páez, R., Carmona, E., Y Rivas, H. (2013). Systems Approach to Modelling Community-Based Environmental Monitoring: A Case of Participatory Water Quality Monitoring in Rural Mexico. *Environmental Monitoring Assessment*, (185), 10297-10316.
- Canter, L. (1990.). Nitrate and pesticides in ground water: an analysis of a computer based literature research. En D. M. Fairchild. (Ed.), *Ground Water Quality and Agricultural Practices*, 153-174. Lewis Publishers.
- Castellazzi, P., Arroyo-Domínguez, N., Martel, R., Calderhead, A. I., Normand, J. C., Gárfias, J., Y Rivera, A. (2016a). Land subsidence in major cities of Central Mexico: Interpreting InSAR-derived land subsidence mapping with hydrogeological data. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinformation*, 102-111.
- Castellazzi, P., Rivera, A., Richard, M., Huang, J., Pavlic, G., Calderhead, A. I., . . . Salas, J. (2016b). Groundwater depletion in Central Mexico: Use of GRACE and InSAR to support water resources management. *Water Resour. Res.*, (52), 5985–6003. doi:10.1002/2015WR018211.
- CE CCA 001/89. Criterios Ecológicos de Calidad del Aguas. *Diario Oficial de la Federación*. 13 de diciembre de 1989.
- Cerda-Villalobos, L. A.; Ramírez-Villanueva, A.; Aguirre-Paleo, S.; Vargas-Sandoval, M.; Serna-Mata, E.; Lara-Chávez, B.N.; Vidales-Fernández, I (2017). Monitoreo de trips en aguacate ‘hass’ en el municipio de taretan, michoacán, México (45-54). En Memorias del V Congreso Latinoamericano del Aguacate. 04-07 de septiembre 2017.Ciudad Guzmán, Jalisco, México.
- Cervantes, A., Velázquez, M., Y Pimentel, J. L. (2017). Gobierno y administración local del agua potable en la Ciénega de Chapala, Michoacán, México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 8(1), 65-80.
- Chacón, A., Rosas, C., Rendón, M., Y Cruz, O. (2010). Balance hidrológico de la cuenca del lago de Zirahuén (35-56). En: Ortiz y Rendón Coordinadores. Espejo de los dioses: estudios sobre ambiente y desarrollo en la cuenca del lago de Zirahuén. Morevallado, México.
- Chávez-León, G., Tapia, L., Bravo, M., Sáenz Reyes, T., Muñoz Flores, H., Fernández, I., ...y Mendoza, M. (2012). Impacto del cambio de uso del suelo forestal a huertos de aguacate. Sagarpa-Centro de Investigación Regional Pacífico Centro del INIFAP.



- CICOPLAFEST (2016). Catálogo oficial de plaguicidas. *Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas*. Ciudad de México, 664.
- CONAGUAa. (2018). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Uruapan (1614), Estado de Michoacán*. Diario Oficial de la Federación. Obtenido de [https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos\\_Acuiferos\\_18/michoacan/DR\\_1614.pdf](https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/michoacan/DR_1614.pdf)
- CONAGUAb. (2018). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Nueva Italia (1616), Estado de Michoacán*. Diario Oficial de la Federación. Obtenido de [https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos\\_Acuiferos\\_18/michoacan/DR\\_1616.pdf](https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/michoacan/DR_1616.pdf)
- CONAGUAc. (2018). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Lagunillas Pátzcuaro (1604), Estado de Michoacán*. Diario Oficial de la Federación. Obtenido de [https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos\\_Acuiferos\\_18/michoacan/DR\\_1604.pdf](https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/michoacan/DR_1604.pdf)
- CONAGUAd. (2020). Calidad del agua en México. Consultado 5 de mayo del 2020 en <https://www.gob.mx/conagua/articulos/calidad-del-agua>
- CONEVAL (2015). *Informe Anual Sobre La Situación de Pobreza y Rezago Social: Tingambato, Michoacán de Ocampo*. Subsecretaría de prospectiva, planeación y evaluación.
- David J.S., Valente F., Y Gash J.H.C. (2005) Evaporation of intercepted rainfall. En Anderson MG (ed.), *Encyclopedia of Hydrological Sciences*. Chichester, England. John Wiley. 1, 627-634.
- De Sousa Santos, Boaventura. (2018). *Construyendo las Epistemologías del Sur: para un pensamiento alternativo de alternativas*. 1a ed., Ciudad Autónoma de Buenos Aires: CLACSO.
- De Souza, Renata, Seibert, D., Quesada, H., Bassetti, F., Fagundes-Klen, M., Y Bergamasco, R. (2020). Occurrence, impacts and general aspects of pesticides in surface water: A review. *Process Safety and Environmental Protection*. 135, 22-37. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.12.035>
- Dinus, S. (1987). Design if an index of water quality. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 23, 833-843. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.1987.tb02959.x>
- Echánove, F. (2008). Abriendo fronteras: el auge exportador del aguacate mexicano a Estados Unidos. *Anales de Geografía*, 28 (1), 9-28.
- Hernández, U.V.M. y Berlanga, P.A.M. (1999). Control Biológico. Centro Nacional de Referencia. Tecmán, Colima, 2- 22.
- EMPACADORA COMBURINDA, EJEMPLO DE PROYECTO SOCIAL: SILVANO AUREOLES. (15 de febrero de 2020). Obtenido de <https://www.michoacanimparcial.com/empacadora-comburinda-ejemplo-de-proyecto-social-silvano-aureoles/>
- Empacadora Comburinda, ejemplo de proyecto social: Silvano Aureoles. (15 de febrero de 2020). Recuperado el 15 de marzo de 2020, de <https://michoacan.gob.mx/prensa/noticias/empacadora-comburinda-ejemplo-de-proyecto-social-silvano-aureoles/>
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2017). FAOSTAT. Recuperado de [http://www.fao.org/faostat/en/#data/EP\\_03/02/17](http://www.fao.org/faostat/en/#data/EP_03/02/17)
- FAO. (2016). Recuperado el 25 de 02 de 2020, de <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>

- FAO. (2018). Recuperado el 24 de 02 de 2020, de <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC> Food and Agricultural Organization Statistical.
- Food and Agricultural Organization Statistical (FAOSTAT). (2016). Estadísticas de producción y comercialización. <http://faostat3.fao.org/home/S>.
- Flores Mercado, B. G. (2009). "Nuestro sonido tradicional lo estamos distorsionando". Pasado y presente de la música tradicional y las bandas de viento en Tingambato, Michoacán. *Relaciones. Estudios de historia y sociedad*, 30(120), 267-296. Recuperado el 20 de abril de 2020, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-39292009000400009&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-39292009000400009&lng=es&tlng=es).
- Foster, S, Garduño, H., Kemper, K., (2004). Mexico — The ‘COTAS’ — Progress with stakeholder participation in groundwater management in Guanajuato. *World Bank GW-MATE Series Case Profile Collection* No. 10. Washington, D.C. Recuperado de [www.worldbank.org/gwmate](http://www.worldbank.org/gwmate).
- Galicia, L., A. García, L. Gómez y M. I. Ramírez. (2007). Cambio de uso del suelo y degradación ambiental. *Ciencia*, 58, 50-59.
- García, R., García, M., y Cañas, P. (1994). Nitratos, Nitritos y compuestos de N-nitroso. *Centro panamericano de Ecología Humana y Salud. Organización Panamericana de la salud. Organización Mundial de la Salud*, 19-27.
- García Hernández, J., Leyva Morales, J. B., Martínez Rodríguez, I. E., Hernández Ochoa, M. I., Aldana Madrid, M. L., Rojas García, A. E., ... Perera Rios, J. H. (2018). Estado Actual De La Investigación Sobre Plaguicidas En México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 34(1), 29–60. <https://doi.org/10.20937/RICA.2018.34.esp01.03>.
- Garibay, O. C. y G. Bocco. (2007). Situación actual en el uso del suelo en comunidades indígenas de la Región Purépecha. Documento Técnico. CIGA-UNAM, Delegación Estatal de la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas. Morelia, Michoacán, 60.
- Glinski, D.A., Purucker, S.T., Van Meter, R.J., Black, M.C., Henderson, W.M., (2018). Analysis of pesticides in surface water, stemflow, and throughfall in an agricultural area in South Georgia, USA. *Chemosphere* 209, 496–507, <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.06.116>.
- Gomez-Tagle, Ch. A., Morales-Chávez R., García-González Y., Gómez-Tagle R. A. F. (2019). Partición de la precipitación en cultivo de aguacate y bosque de pino-encino en Michoacan, Mexico. *Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias*, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 21(1), 1-18.
- Guan H., Simunek J., Newman B.D., Wilson J.L. (2010). Modelling investigation of water partitioning at a semiarid ponderosa pine hillslope. *Hydrological Processes* 24(1), 1095-1105.
- Havertkort, J. A. (1982). Water management in potato production. Technical Information Bulletin 15. International Potato Center. Lima, Peru, 24.
- Hernández, U.V.M. y Berlanga, P.A.M. (1999). Control Biológico. Centro Nacional de Referencia. Tecmán, Colima, 2- 22.
- Hernández Sampieri, R., y Fernández Collado, C. (1998). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.

- Hernández-Valdés, y Federico, E. (2017). Calidad de agua utilizada para riego de huertos de aguacate en Michoacán y Jalisco. *Memorias del V Congreso Latinoamericano del Aguacate*. Ciudad Guzman, Jalisco, México.
- Holtan, H. K.-N., y Stuanne, A. O. (1988). Phosphorus in soil, water and sediment: an overview. *Hydrobiologia*, 170(1), 19–34. doi:10.1007/bf00024896
- Humberto Ávila Pérez, S. G.-A. (2015). Análisis de Componentes Principales, como herramienta para interrelaciones entre variables fisicoquímicas y biológicas en un ecosistema léntico de Guerrero, México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 2(3), 43-53.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Informática). (2009). Prontuario de Información Geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Tingambato, Michoacán de Ocampo. Clave geoestadística 16090.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Informática). (2010). Compendio de información geográfica municipal. Tingambato Michoacán de Ocampo. Clave geoestadística 16090.
- INEGI. (2015). Dirección General de Estadísticas Sociodemográficas. *Encuesta Intercensal 2015*. [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx).
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía México). (2017). Anuario estadístico y geográfico de Michoacán de Ocampo 2017 / Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (Inifap) (2009). Impactos ambientales y socioeconómicos del cambio de uso de suelo forestal a huertos de aguacate en Michoacán. Recuperado de [http://www.inifapcirne.gob.mx/Revistas/Archivos/libro\\_aguacate.pdf](http://www.inifapcirne.gob.mx/Revistas/Archivos/libro_aguacate.pdf)
- INEGI. (2019). Conjunto de datos vectoriales topográficos E14A31 (Taretan) escala 1:50 000 serie III. SNIEG. Información de Interés Nacional.
- INEGI. (2019). Conjunto de datos vectoriales topográficos E14A21 (Cherán) escala 1:50 000 serie III. SNIEG. Información de Interés Nacional.
- Jairo, A. (2001). *Potabilización del agua* (3 ed.). Alfa Omega.
- Kegley S.E., Hill B.R., Orme S. y Choi A.H. (2016). PAN Pesticide Database, Pesticide Action Network, North America San Francisco, CA. Recuperado de <http://www.pesticideinfo.org/> 09/12/2016.
- Kloster, K. (2016). Las luchas por el agua en México (1990-2010), México, UACM.
- Kruckova L., y Turner R. (2017). Access to water and sanitation: analysis of the Mexican legal framework from a human rights perspective. *WaterLex*: Geneva, 71.
- Larsimont, R., y Grosso, V. (2014). Aproximación a los nuevos conceptos hídricos para abordar las problemáticas hídricas. *Cardinalis, revista departamento de geografía*, 27-48.
- Ley Federal de Derechos. (9 de 12 de 1981, modificada en 2019). DOF. Obtenido de [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/107\\_281219.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/107_281219.pdf)
- López Rodríguez, M. I. (2014). Estudio multivariante de la calidad del agua: Aplicación al río Júcar en el período 1990-2013. *Revista Electrónica De Medioambiente*, 15(1), 37-52. doi: [https://doi.org/10.5209/rev\\_MARE.2014.v15.n1.4556](https://doi.org/10.5209/rev_MARE.2014.v15.n1.4556)

- Marín, María de la Luz. (2012). El impacto de las exportaciones de aguacate sobre la migración. El caso de los municipios aguacateros de Michoacán, 1991-2003 (77-93). En Ortega, A. Montalvo, R. Cárcamo, M. Rojo, G. (coordinadores) 2012. *Agricultura y migración en el Occidente de México*. Universidad de Guanajuato.
- Marttila, H., y Kløve, B. (2012). Use of Turbidity Measurements to Estimate Suspended Solids and Nutrient Loads from Peatland Forestry Drainage. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 138(12), 1088-1096. doi:10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000509
- Mello, K., Valente, R. R., y Vettorazzia, C. (2018). Impacts of tropical forest cover on water quality in agricultural watersheds. *Ecological Indicators*, 93, 1293–1301. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.06.030>.
- Merlo R. A. E. (2018). *Calidad del agua y usos del suelo en microcuencas del oriente de Michoacán*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, Coordinación General de Estudios de Posgrado, UNAM. Recuperado de <https://repositorio.unam.mx/contenidos/3441357>
- Mireles Bernabé, I. Y. (2018). *Uso de pesticidas en huertas de aguacate tradicionales y de exportación del municipio de Tingambato, Michoacán*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Molina, A. (3/03/2018). Aguacate Moreliano se abre las puertas para la exportación. *La voz de Michoacán*. <http://www.lavozdemichoacan.com.mx/dinero/aguacate-moreliano-se-abre-las-puertas-para-la-exportacion/>
- NOM-230-SSA1-2002. Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano, requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua. Procedimientos sanitarios para el muestreo. Diario Oficial de la Federación. 12 de julio del 2005.
- Modificación a la NOM-127-SSA1-1994. Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Diario Oficial de la Federación. 20 de junio de 2000.
- NOM-001-ECOL-1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Diario Oficial de la Federación. 16 de mayo de 1996.
- OMS. (s.f.). Cantidad de agua necesaria para emergencias. *NOTAS TÉCNICAS SOBRE AGUA, SANEAMIENTO E HIGIENE EN EMERGENCIAS*. Consultado el 20 de junio del 2020.
- OMS., O. M.–W. (2011). Guidelines for drinking water quality. Geneva, Switzerland.
- Ortiz, Paniagua, Carlos Francisco y Ortega, Gómez, Alba María (2015). 20° Encuentro Nacional sobre Desarrollo Regional en México. Cuernavaca, Morelos del 17 al 20 de noviembre de 2015. AMECIDER – CRIM, UNAM.
- Oster, J. D., Stottlemyer, D., y Arpaia, M. (2007). Salinity and water effects on ‘Hass’ avocado yield. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 2, 253-261.
- Oualid, C., Abdellah, M., Abdelhakim, E. O., Ilham, E. A., y bouchra, O. (2018). Impact of Urban Activities on Water Quality. *International Journal of Applied Engineering Research*, 13(11), 9442-9449.

- Pacheco Ávila, J., y Cabrera Sansores, A. (2003). Fuentes principales de nitrógeno de nitratos en aguas subterráneas. *Ingeniería*, 7.
- Pacheco-Martínez, Jesús, Hernandez-Marín, Martín, Burbey, Thomas J., González Cervantes, Norma, Ortíz-Lozano, José Ángel, Zermeno-De-Leon, Mario Eduardo, Solís-Pinto, Alfredo, (2013). Land subsidence and ground failure associated to groundwater exploitation in the Aguascalientes Valley, México. *Eng. Geol.* 164, 172–186, <http://dx.doi.org/10.1016/j.enggeo.2013.06.015>.
- Perevochtchikova, M., Aponte Hernández, N., Zamudio-Santos, V., Y Sandoval-Romero, G. E. (2016). Monitoreo comunitario participativo de la calidad del agua: caso Ajusco, México- Community Participatory Monitoring of Water Quality: Case Ajusco, México. *Tecnología Y Ciencias Del Agua*, 7(6), pp. 5–23. Recuperado de: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S200724222016000600005&lang=pt%0Ahttp://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v7n6/2007-2422-tca-7-06-00005.pdf](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S200724222016000600005&lang=pt%0Ahttp://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v7n6/2007-2422-tca-7-06-00005.pdf).
- Ponette-González A.G., Brauman K.A., Marín-Spiotta E., Farley K.A., Weathers K.C., Young K.R., y Curran L.M. (2015). Managing water services in tropical regions: From land cover proxies to hydrologic fluxes. *Ambio* 44(5), 367-375.
- Rangel Campos, D., Morales, J., Punzo Díaz, J. L., Y Gogichaishvili, A. (2016). Datación Arqueométrica de la Cerámica en Tingambato, 36.
- Rhoades, J., Kandiah, A., Y Mashali, A. (1992). *The use of saline waters for crop production*. Rome: FAO United Nations.
- Ridolfi, E. (2014). Explorando el ciclo urbano hidrosocial en entornos turístico. *Investigaciones Geográficas*, 17-38.
- Rincón-Ruiz, A., Echeverry-Duque, M., Piñeros, A. M., Tapia, C. H., David, A., Arias-Arévalo, P., Y Zuluaga, P. A. (2014). Valoración integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos: aspectos conceptuales y metodológicos. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Rosas Puga, J. C. (2011). *Calidad microbiológica del agua para uso agrícola en el municipio de Tingambato, Michoacán* (Tesis de licenciatura). Facultad de Agrobiología, UMSNH.
- Salas J.H., González M.M., Noa M., Pérez N.A., Díaz G., Gutiérrez R., Zazueta H. y Osuna I. (2003). Organophosphorus pesticide residues in Mexican commercial pasteurized milk. *J. Agric. Food Chem.* 51 (15), 4468- 4471. DOI: 10.1021/jf020942i
- Sales, F., M. (2017). *Listado florístico y de vegetación del Área Natural Voluntaria (ANV) Cerro Comburinda, municipio de Tingambato, Michoacán, México* (Tesis licenciatura). UMSNH, Morelia, Michoacán.
- Sánchez-Martínez, R., C. Sánchez-Brito, L.E. Fregoso-Tirado, M. Cepeda-Villegas, G. Barrera-Camacho y Madrigal-Huendo, L. (2006). Informe final del proyecto Manejo Sostenible de Sistemas Agrosilvopastoriles con Investigación Participativa de la Comunidad en la Cuenca Hidrológica de Zirahuén, Michoacán. *Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Producción Sostenible-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias*. La Carreta, Álvaro Obregón, Michoacán.

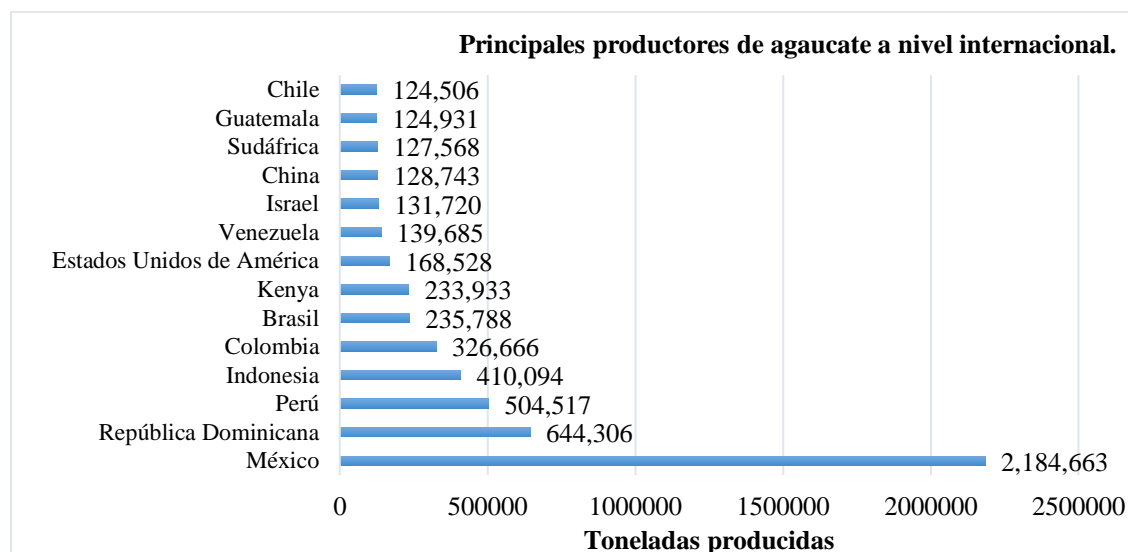
- Scott, C. A., Dall'erba, S., y Díaz Caravantes, R. (2010). Groundwater Rights in Mexican Agriculture: Spatial Distribution and Demographic Determinants. *The Professional Geographer*, 62, 1-15. doi:10.1080/00330120903375837
- Shirk, J. L., Ballard, H. L., Wilderman, C. C., Phillips, T., Wiggins, A., Jordan, R., McCallie, E., Minarchek, M., Lewenstein, Lewenstein, B. V., Krasny, M. E., Y Bonney, R. (2012). Public Participation in Scientific Research: A Framework for Deliberate Design. *Ecology and Society*, 17(2), 29.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), SAGARPA, (2017).
- SIAP. (2018). Anuario estadístico de la producción agrícola. Base de datos en línea. Obtenido de [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/AvanceNacionalSinPrograma.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalSinPrograma.do)
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), SAGARPA (2018). Boletín mensual de la producción Aguacate; Avance a julio de 2018. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/375834/Bolet\\_n\\_mensual\\_de\\_la\\_producci\\_n\\_a\\_guacate\\_julio\\_2018.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/375834/Bolet_n_mensual_de_la_producci_n_a_guacate_julio_2018.pdf)
- Solís-Castro, Y., Zúñiga-Zúñiga, L., Mora-Alvarado, D. (2018). La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. 31(1), 35-46. DOI: 10.18845/tm.v31i1.3495
- Spellman, F. R. (2009). *Handbook of water & wastewater treatment plant operations* (2 ed.). Boca Ratón, Florida: CRC Press Company.
- Swyngedouw, E. (2006). Circulations and metabolisms: (Hybrid) Natures and (Cyborg) cities. *Science as Culture*, 15(2), 105 –121.
- Swyngedouw, E. (2017). Economía política y ecología política del ciclo hidro-social. En A. R. (Eds.), *Ciclos y procesos hidrosociales: debates teóricos y metodológicos sobre cuencas, espacios y territorios*. 4, 6-14. Newcastle upon Tyne y Ciudad de México.
- Tapia-Santamaría J. (1989). “Religión, capitalismo y sociedad indígena en Michoacán” (285-305), en Pedro Carrasco, *et. al.*, (1986). *La sociedad indígena en el centro y occidente de México*, Zamora, El Colegio de Michoacán.
- Tapia, V., M., M. Tiscareno l., J. H. Salinas R., M. Velazquez V., A. Vega P. y H. Guillen A. (2002). Respuesta de la cobertura residual del suelo a la erosión hídrica y la sostenibilidad del suelo en laderas agrícolas. *Terra* (20), 345-353
- Tapia Vargas, Luis Mario, Larios Guzmán, Antonio, Vidales Fernández, Ignacio, Pedraza Santos, Martha Elena, y Barradas, Víctor Luis. (2011). Cambio climático en la zona aguacatera de Michoacán: análisis de precipitación y temperatura a largo plazo. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2(2), 325-335. Recuperado en 25 de enero de 2021, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342011000800012&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342011000800012&lng=es&tlng=es).
- Toledo, R., Alcántar, J. J., Anguiano, J. y Chávez, G. (2009). Expansión del cultivo del aguacate y deforestación en Michoacán. *Boletín El Aguacatero*, 58.

- Torres, V. H. (2009). La competitividad del aguacate mexicano en el mercado estadounidense. *Revista de Geogr. Agríc.* 43, julio-diciembre, 61-79 pp. URL: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75715608005>.
- Van Weert, F. (2012). *Saline and Brackish groundwater at shallow and intermediate depths: Genesis and World Wide Occurrence*. En: *Confronting Global Change*. IAH 2012 Congress abstracts. Septiembre, 16-21.  
Niagara Falls. USA (in: [www.un-igrac.org](http://www.un-igrac.org)).
- ViveMaravatio. (26 de 09 de 2020). La huacana, tzitzio y nahuatzen, se incorporarían en 2021 a exportación de aguacate. *vivemaravatio*.
- Villanueva, G., M. (1993). Autoecología de *Podocarpus reichei* en el cerro de Comburinda de los municipios de Pátzcuaro, Salvador Escalante y Tingambato, Michoacán (Tesis). Facultad de biología, UMSNH. Morelia, 75.
- Villanueva, T. L. y Zepeda, A. J. A. (2016). La producción de aguacate en el estado de Michoacán y sus efectos en los índices de pobreza, el cambio del uso de suelo y la migración. *Revista Mexicana sobre Desarrollo Local* 1 (2), abril-septiembre. Obtenido de <http://rmdl.uan.edu.mx/index.php/RMDL/article/view/41>
- Wester P., Hoogesteger J., y Vincent L. (2009). Local IWRM organizations for groundwater regulation: The experiences of the Aquifer Management Councils (COTAS) in Guanajuato, Mexico. *Natural Resources Forum* 33, (29-38).
- WHO. (2003). *Domestic Water Quantity, Service, Level and Health*. Geneva, Switzerland.
- Zárate, H. J. (2014). Prácticas religiosas y reconfiguración del espacio público en comunidades de Michoacán. *EntreDiversidades*, 103-130.

## ANEXOS

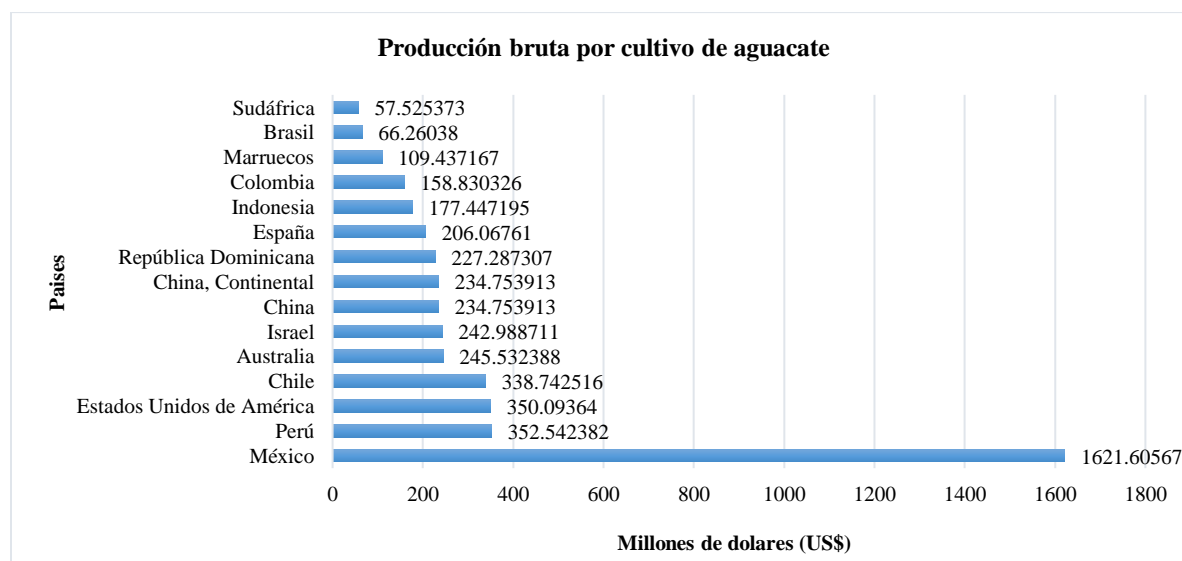
### Anexo A. Producción bruta de aguacate en toneladas y en millones de dólares en los principales países productores.

*Principales países productores de aguacate según toneladas producidas en el 2018.*



<http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>

*Producción bruta en millones de dólares (US\$) por cultivo de aguacate en los principales países productores en el año 2016. FAO (2016).*





## **Anexo B. Plagas y control en cultivo de aguacate.**

Entre las principales plagas que se han reportado en los cultivos de aguacate en Michoacán se encuentran ácaros como la araña cristalina (*Oligonychus perseae* Tuttle, Baker y Abbatiello) y el ácaro café (*Oligonychus punicae* Hirst), trips (*Scirtothrips* spp.; *Frankliniella* spp. Hood, *Neohydatothrips* spp.) y Curculiónidos (*Copturus aguacatae* Kissinger; *Conotrachelus perseae* Barber; *Heilipus lauri* Boheman) (GIIIA, 2013). Como plagas secundarias se han reportado escamas armadas (*Hemiberlesia* spp., *Abgrallaspis aguacatae*), psílidos (*Idona* spp.), hemípteros (*Empoasca* spp.) y lepidópteros (*Papilio garamas*; *Gracilaria perseae*; *Amorbia emigratella*; *Copaxa multifenestrata* y *Stenoma catenifer*) (GIIIA, 2013). Aunado a estas, recientemente dicho cultivo se ha visto afectado por una nueva plaga denominada *Bruggmanniella perseae*. La infestación de esta plaga fue evaluada por (Delgado-Ortiz, y otros, 2017) en distintos municipios aguacateros de Michoacán donde encontraron que su distribución estaba ampliamente asociada con factores como la temperatura, altitud y humedad relativa. La mayor cantidad de huertos afectados se encontraron en temperaturas mayores a los 17°C disminuyendo conforme la temperatura desciende hasta por debajo de los 15°C donde no se encontraron huertos infestados. De igual manera, la altitud sobre el nivel del mar estuvo inversamente ligada a la presencia de *B. perseae*, ya que a medida que aumentaba la altitud, el porcentaje de huertos afectados disminuyó. Aunado a ello, la humedad relativa limitó la presencia de esta especie, ya que cuando esta se encontraba por encima del 80% la cantidad de huertos afectados se mantenía, pero cuando esta era menor a 75% la afectación era nula.

De acuerdo con Bale et al., (2002), la temperatura ejerce mayor influencia sobre el desarrollo de las plagas (insectos herbívoros), y afecta directamente el desarrollo, la supervivencia, abundancia y rango de distribución de los insectos. De modo general las plagas se encuentran

asociadas con la temperatura y la altitud. De modo que el aumento de temperaturas representa el aumento de probabilidades de infestación por plagas.

Las heridas provocadas por el trips a los frutos también pueden favorecer la entrada de patógenos, como la roña del fruto causada por *Sphaceloma perseae* Jenkis (Cerde-Villalobos et al., 2017).

De forma general en el estudio de Bravo-Pérez et al. (En González-Hernández et al., 2017), *S. perseae*, *F. occidentalis* y *Neohydatothrips signifer* fueron las especies de trips más comunes en los huertos de aguacate Hass en Michoacán. El trips del aguacate *Scirtothrips perseae*, especie nativa de México, tiene amplia distribución en los huertos de aguacate Hass de Michoacán, México, y en California, EUA. En muestreos realizados en varios huertos de aguacate González-Hernández et al. (2013) observaron mayor incidencia de poblaciones de trips entre el período de finales de marzo a mediados de mayo, cuando las condiciones son de baja precipitación y altas temperaturas que también coincide con la fenología de amarre de fruto en los árboles de aguacate en varias regiones productoras de Michoacán. Posteriormente, hay una reducción importante de las poblaciones de trips durante la época de lluvias entre julio y agosto. Se sugiere iniciar acciones de manejo con productos insecticidas cuando se detecten 10 individuos en brotes, panículas florales o frutos. Para el control de estos, la APEAM recomienda aplicar spinosad, zeta cipermetrina, imidacloprid, spinetoram, thiametoxam y aceite mineral (APEAM, 2017).

De acuerdo con el estudio de Cerde-Villalobos et al., (2017) quienes evaluaron la presencia e incidencia de trips en huertos de aguacate durante un ciclo en Taretán, Michoacán, el mayor daño de roña en fruto se observó en altitud más baja (1,560-1,565 msnm), después con daño intermedio en la altitud media (1,600-1,730 msnm) y el menor daño de la enfermedad se manifestó en la mayor altitud (1,836-1,890 msnm). Esto se relaciona con la posibilidad de mayor humedad relativa en la

menor altitud de los huertos experimentales. De igual manera se observó mayor daño por roña en huertas de manejo convencional respecto a las de manejo orgánico.

#### *escamas armadas*

De acuerdo con Evans et al. (2009), en el cultivo del aguacate se han registrado a nivel mundial al menos 59 especies de escamas armadas. Las escamas armadas pueden atacar hojas, ramas y frutos, principalmente con tejidos suaves. En frutos pueden afectar su calidad estética y reducir su valor comercial. Debido a que estos insectos regularmente se encuentran protegidos por una cubierta de cera impermeable solo los insecticidas de tipo sistémico han demostrado tener cierta efectividad.

Lázaro-Castellanos et al. (2011), detectaron, en varios huertos certificados para exportación del estado de Michoacán, a las escamas armadas *H. lataniae*, *H. rapax* y *D. aguacatae* (presentes tanto en ramas como en frutos), con altos niveles de parasitismo principalmente por los parasitoides *Encarsia citrina* (con mayor distribución y abundancia), *E. juanae*, *Aphitis sp.* y *Plagiomerus* cercano a *A. diaspidis*.

### **Anexo C. Descripción de los principales plaguicidas presentes en aguas superficiales en el mundo.**

Los plaguicidas más ampliamente detectados en aguas superficiales corresponden a los grupos de herbicidas, insecticidas y fungicidas. Dentro del grupo de herbicidas se detectó principalmente atrazina y metalochlor, en cuanto a insecticidas: dimetoato y chlorpirifos, y fungicidas: tebuconazole y carbendazim. Resulta importante mencionar que la atrazina fue prohibida por la unión europea desde el 2003, el carbendazim en 2009 y se continúan encontrando estos y sus metabolitos en el medio hídrico.

La atrazina es un herbicida ampliamente usado en cultivos de soya y maíz. Es una molécula con fuerte hidrofobicidad y por tanto baja solubilidad, lo que facilita su persistencia en el medio acuoso, tiene un potencial tóxico que ha sido probado en animales y cuyos efectos hereditarios se han hecho evidentes en algunas especies acuáticas, de igual modo se observan riesgos en la salud humana, se ha relacionado la disminución y mortalidad de espermatozoides en semen de aplicadores de dicho compuesto. Es por ello que en 2003 este compuesto fue prohibido por la Unión Europea desde el 2003, sin embargo, se continúa detectando atrazina y sus metabolitos en cuerpos de agua, los cuales pueden ser de mayor toxicidad que el compuesto principal (De souza, 2019).

#### **Anexo D. Aspectos geo-bio-físicos y socio-culturales del municipio de Tingambato.**

##### *Geo-bio-físicos*

###### **Fisiografía**

El municipio se encuentra dentro del Eje Neovolcánico (100%) que se extiende desde el Océano Pacífico hasta el Golfo de México, dividido en subprovincias de las cuales el municipio se encuentra dentro de las subprovincias Neovolcánica Tarasca (91.95%) y Escarpa Limítrofe del Sur (8.05%) (INEGI, 2010).

###### **Orografía**

Su relieve está constituido por el sistema volcánico transversal, la sierra de Tingambato y los cerros Cumburinda, Injucato, Agujerado, del Molcajete, de la Virgen y Characarán.

En Tingambato existen 3 bancos de material, siendo 'el molcajete' el de mayor tamaño y mayormente explotado, el aprovechamiento consiste principalmente en materiales pétreos, de acuerdo a esto, el material es principalmente empleado para el revestimiento y sello de caminos,

sello de carreteras y terracerías, fabricación de tabique y como material de construcción (Aguilera Zarco, 2019).

### **Geología**

El municipio presenta roca ígnea volcánica, la cual tiene origen en la era geológica cenozoica. Se constituye de rocas Ígneas extrusivas: basalto (63.81%), basalto-brecha volcánica básica (19.77%) y brecha volcánica básica (11.52%). El basalto de manera general contiene entre 45-52% de sílice, abundante Fe, Mg y Ca, y poco Na y K.

### **Edafología**

En el municipio se encuentran suelos predominantes de tipo andosol, que son de origen volcánico reciente. Los andosoles mexicanos son particularmente frágiles ya que la mayoría están situados en regiones con cambios drásticos en el uso del suelo, por ejemplo, antiguos bosques de pino, oyamel o incluso mesófilos. Tienen alta capacidad de intercambio catiónico y moderada saturación de bases, retienen el fósforo por lo que no es fácilmente asimilable a las plantas (INEGI, 2009).

En el área de estudio se encuentran el tipo de suelo andosol húmico el cual tiene una capa superficial algo gruesa oscura pero pobre en nutrientes, con terrones muy duros cuando están secos) también está presente el andosol ócrico que se distingue por ser muy limoso o arcilloso a menos de 50 cm de profundidad, tiene una capa superficial clara y pobre en materia orgánica así como en nutrientes) una textura media(suelos con equilibrio de arcilla, limo y arena en los primeros 30 cm superficiales) (INEGI,s/f).

## Vegetación

Se han reportado especies como *Tilia mexicana*, *Cedrela dugesii*, *Quercus scytophylla*, *Q. castanea*, *Q. glaucoides*, *Q. resinosa*, *Q. obtusata*, *Q. crassifolia*, *Q. deserticola*, *Q. magnoliifolia*, *Q. crassipes*, *Carpinus caroliniana* (Magaña, 2017).

De igual modo Domínguez, (2015) reporta para el predio de Tenderio tres tipos de vegetación Bosque de Pino-Encino (BPE), Bosque de Encino-Pino (BEP) y Bosque Mesófilo de Montaña (BMM) en los que registró 3458 individuos de orquídeas epífitas, 22 especies agrupadas en 17 géneros.

## Fauna

Su fauna la conforman principalmente el gato montés (género *Lynx*), zorrillo (*Mephitis macroura*), coyote (*Canis latrans*), ardilla voladora (*Glaucomys volans*), paloma y pato armadillo (género *Dasybus*), zorrillo, ardilla (género *Sciurus* y *Spermophilus variegatus*), tlacuache (*Didelphis*), murciélago chupador de sangre (*Desmodus rotundus*), liebre (*Lepus callotis*), rata (género *Sigmodon*) también aves como: ruín (género *Aphelocoma*), la Huilota (género *Zenaida*) (INAFED, 2010).

De acuerdo con Magaña (2017) también están presentes en el área de estudio: Cacomixtle (*Bassariscus astutus*), tejón (*Nasua nasua*), venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), rana (*Lithobates neovolcanicus*), tortuga de río (*Kinosternon integrum*), culebra de agua (*Crotalus molossus*), cascabel hocico de puerco (*Crotalus triseriatus*), gavilán de cooper (*Accipiter cooperii*), aguililla cola blanca (*Buteo albicaudatus*), codorniz Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) y clarín jilguero (*Myadestes occidentalis*).

### *Socio-Culturales*

El total de viviendas particulares habitadas en Tingambato es de 3599, Con un total de 15,005 ocupantes, incluyendo cuarto en la azotea de un edificio, local no construido para habitación, vivienda móvil y refugio, excluyendo a los ocupantes de las siguientes clases de vivienda: locales no construidos para habitación, viviendas móviles y refugios (INEGI, 2015 en INEGI, 2017).

Referente al acceso a los servicios públicos el 98.97% de las viviendas particulares en Tingambato disponen de energía eléctrica, únicamente el 0.97% no dispone de la misma.

Michoacán se caracteriza por tener un fuerte flujo migratorio; para 2010 se posicionó como el segundo estado en cuanto a recepción de remesas después de Zacatecas, y el tercer lugar en el índice de intensidad migratoria. En el 2000 Tingambato tenía un índice de intensidad migratoria de 0.1552, mientras que en el 2010 disminuyó -0.5372 mostrando una diferencia de -0.6925 en el lapso de 10 años.

En el 2019 el municipio contaba con programas sociales (estímulos, subsidios y apoyos), tales como: PROSPERA, despensa armada, Estancia del Adulto Mayor, Inapam, Espacio de Alimentación Encuentro y Desarrollo, Proyectos Productivos, Desayunos escolares, Unidad Básica de Rehabilitación, Bienestar, 65 y más, Seguro de Vida a jefas de Familia, Jóvenes construyendo el futuro.

## APÉNDICES

### Apéndice 1. Taller “El agua en mi comunidad”.

Temas a desarrollar

#### 1. Usos del agua; 2) Problemáticas; 3) Calidad y cantidad de agua

1) Usos y usuarios del agua en Tingambato. 2) Actividades a las que se destina la mayor cantidad de agua en la comunidad y a nivel intradomiliaria. 3) Percepción sobre la calidad de agua/ factores de contaminación. 4) Problemáticas y conflictos en cuanto a la cantidad, calidad- contaminación de agua. 5) Estrategias de adaptación ante la deficiencia del sistema de distribución de agua. 6) Posibles formas de abordar las problemáticas y/o soluciones.

Preguntas generadoras:

Usos y usuarios:

- ¿Quiénes usan el agua? ¿Quiénes y cuáles son los principales usuarios (y usos) del agua en Tingambato?
- Ustedes ¿en qué la usan?
- De los usuarios mencionados, ¿quiénes utilizan mayor cantidad de agua/ a qué actividades se destina mayormente?
- ¿Creen que la cantidad de agua en Tingambato es suficiente para todos?, ¿por qué?

Uso intradomiliario

- ¿Cuentan con toma domiciliaria de agua potable? Si no ¿De dónde proviene el agua que utilizan en las actividades domésticas?
- ¿Servicio de drenaje? Si no, ¿Cómo lo resuelven?
- ¿Hay casas en su colonia que aún no cuenten con estos servicios?
- ¿De dónde viene el agua que llega a sus casas?
- ¿Tienen servicio de agua todos los días? ¿Cada cuánto?
- En el hogar, ¿en qué actividades se utiliza el agua? ¿en cuál creen que se ocupa la mayor cantidad de agua?
- ¿Cuáles creen que son las actividades llevadas a cabo en Tingambato que requieren más agua?
- ¿Es suficiente el agua de la red de agua potable para satisfacer dichas actividades? ¿Les es suficiente la cantidad de agua potable que les llega a sus domicilios?
- ¿Cuáles son las actividades que consumen más agua?

Estrategias de adaptación

- ¿Qué hacen ustedes cuando no hay agua en Tingambato o cuando no es suficiente?
- En caso de que haya poca o cantidad limitada de agua, ¿para qué se usa?



### Calidad

- ¿Cómo consideran que es el agua en general en Tingambato, buena o mala calidad?
- Factores de contaminación del agua en la comunidad.
- ¿Cómo consideran que es la calidad que llega a los barrios? ¿Es igual todo el año?
- Si consume agua directo del grifo. ¿Notan algún cambio en el sabor, olor o color? ¿en qué época/temporada?

### Problemáticas

- ¿Tienen problemas relacionados con el agua en la comunidad?, ¿cuáles?
- Factores de contaminación del agua en la comunidad. / Actividades que comprometan la calidad y cantidad actual y futura de los recursos hídricos en T.
- **¿Qué problemas crees que pudieran surgir en un futuro en torno al agua?**

### Propuestas/soluciones

- ¿A quién creen que le corresponde resolver/abordar estos problemas?
- ¿Cómo podríamos contribuir a la solución de estas problemáticas?
- ¿Cómo ven la situación del agua en Tingambato en 5 años
- ¿Qué podemos hacer desde nuestro lugar? Como individuos, como comunidad.
- ¿saben cómo se mide la calidad del agua que tomamos o que usamos en nuestras casas?

## Apéndice 2. Encuesta intradomiciliaria para el diagnóstico de la situación del agua en Tingambato.



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES UNIDAD MORELIA, UNAM  
COLEGIO DE BACHILLERES PLANTEL TINGAMBATO  
ENCUESTA PARA EL DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DEL AGUA EN TINGAMBATO



Indicaciones: Realiza la siguiente encuesta a un hombre y a una mujer de tu hogar, y a otra persona de tu elección, ya sea de tu familia, de tu barrio o de tu comunidad.

Nombre del encuestador: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre del encuestado(a): \_\_\_\_\_

Ocupación: \_\_\_\_\_ Teléfono (opcional): \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_ Calle y número (opcional): \_\_\_\_\_

Barrio: \_\_\_\_\_ No. de personas que viven en el hogar: \_\_\_\_\_

¿Qué posición ocupa dentro del hogar?

- Cabeza de familia.  Abuelo/a.  
 Pareja de la persona que ejerce como cabeza de familia.  Hijo/a (edad) \_\_\_\_\_  
 Cabeza de familia sin pareja.  Otro miembro de la familia: \_\_\_\_\_

COMUNIDAD			
N°	Preguntas		Comentarios y/o observaciones
1	¿Qué fuentes de agua identifica en su comunidad (pozos, manantiales, etc.)?		
2	Se han identificado distintos usos del agua en Tingambato, entre ellos se encuentran el uso doméstico, uso agrícola (huertas de aguacate) y el uso comercial. En caso de que identifique otros usos, escríbalos. De acuerdo a los usos mencionados anteriormente, ¿en cuál cree que se utiliza más agua? Ordene de mayor de a menor.	( ) Uso doméstico ( ) Huertas de aguacate ( ) Comercios ( ) Otro _____	
3	Del 1 al 5, ¿cómo considera que es el servicio de agua potable en la comunidad?	1. Pésimo      4. Bueno 2. Malo        5. Excelente 3. Regular	
INTRADOMICILIARIA			
4	¿Cuenta con toma domiciliaria de agua potable?	( ) Sí ( ) No (pase a la pregunta 15)	
5	¿Desde hace cuánto tiempo (años)?		
6	¿Cuántos días a la semana recibe agua en su casa?	( ) 1 día a la semana ( ) 2 días a la semana ( ) 3 días a la semana	

\* Toma domiciliaria: El servicio que se recibe por el organismo operador de agua potable.

		( ) 4 o más días a la semana	
7	¿Cuántas horas al día recibe agua?		
8	¿Recibe la misma cantidad de agua durante todo el año?	( ) Sí (Pasa a la pregunta 10) ( ) No	
9	¿Cuándo llega menos?		
10	¿Considera adecuado el monto que paga por el servicio de agua potable?	( ) Sí ( ) No ( ) Ni acuerdo ni desacuerdo	¿Por qué?
12	¿Es suficiente el agua que llega a su toma domiciliaria para las actividades del hogar?	( ) Sí (pase a la pregunta 17) ( ) No ( ) A veces	
13	Si NO le es suficiente, ¿de dónde obtiene el agua faltante para cubrir estas actividades?  Puede elegir más de una opción.	( ) Compra a norias ( ) Pozo de algún familiar ( ) Lavaderos ( ) Ollas ( ) Otra _____	
14	¿Con qué frecuencia recurre a la obtención de agua de las opciones anteriores?	( ) 1 vez/semana. ( ) 2 veces/semana. ( ) 3 o más veces/semana	
15	Si NO cuenta con toma domiciliaria, ¿de dónde obtiene el agua para las actividades del hogar?	( ) Compra a Norias ( ) Pozo de algún familiar ( ) Ollas ( ) Lavaderos ( ) Otra _____	
16	Si NO cuenta con toma domiciliaria ¿Con qué frecuencia recurre a la obtención de agua de las opciones anteriores?	( ) 1 vez/semana. ( ) 2 veces/semana. ( ) 3 o más veces/semana ( ) Otra _____	
<b>ACTIVIDADES</b>			
17	De las siguientes actividades, ¿en cuáles utiliza más agua? Ordénalas de mayor a menor.	( ) Lavar trastes ( ) Lavar ropa ( ) Higiene Personal ( ) Cocinar ( ) Beber ( ) Regar las plantas ( ) Sanitarios ( ) Limpieza del hogar ( ) Otros _____	
18	Seleccione tres actividades a las que le da prioridad cuando hay poca agua. Ordénalas de mayor a menor prioridad.	( ) Lavar trastes ( ) Lavar ropa ( ) Higiene Personal	

\* Toma domiciliaria: El servicio que se recibe por el organismo operador de agua potable.

		<input type="checkbox"/> Cocinar <input type="checkbox"/> Beber <input type="checkbox"/> Regar plantas <input type="checkbox"/> Sanitarios <input type="checkbox"/> Limpieza del hogar <input type="checkbox"/> Otros _____	
19	¿De dónde proviene el agua que usted y su familia utilizan diariamente para beber y cocinar?	<input type="checkbox"/> Red de agua (toma domiciliaria). <input type="checkbox"/> Norias <input type="checkbox"/> Manantial <input type="checkbox"/> Purificadora <input type="checkbox"/> Agua de garrafón	
20	¿Dónde almacena el agua para beber y cocinar?	<input type="checkbox"/> Tinaco <input type="checkbox"/> Cubetas <input type="checkbox"/> Aljibe <input type="checkbox"/> Garrafón <input type="checkbox"/> Piletas <input type="checkbox"/> Otro: <input type="checkbox"/> Tambos _____	
21	¿Dónde almacena el agua para otras actividades como lavado de trastes, ropa, sanitarios, higiene personal, etc.?	<input type="checkbox"/> Tinaco <input type="checkbox"/> Tambos <input type="checkbox"/> Aljibe <input type="checkbox"/> Cubetas <input type="checkbox"/> Piletas <input type="checkbox"/> Otro _____	
22	De las siguientes opciones, marque aquellas que se ha identificado en el agua de su casa.	<input type="checkbox"/> Mal olor <input type="checkbox"/> Presencia de basura <input type="checkbox"/> Presencia de insectos <input type="checkbox"/> Mal sabor <input type="checkbox"/> Turbia <input type="checkbox"/> Otros _____ <input type="checkbox"/> Todas las anteriores <input type="checkbox"/> Ninguna de las anteriores	
23	¿Hay alguna época del año en que haya una mayor presencia de las opciones antes mencionadas?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	¿Cuándo varía?
24	Del 1 al 5, ¿cómo considera la calidad de agua que utiliza en su casa?	1. Pésima            4. Buena 2. Mala              5. Excelente 3. Regular	
25	¿Utiliza algún tratamiento o dispositivo para desinfectar el agua que consumen y utilizan diariamente?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
26	¿Qué métodos o dispositivos (hervir el agua, filtrar, clorarla, almacenarla y tajarla, uso de filtro) utiliza para garantizar que el agua sea potable para su uso y consumo?	Consumo	Uso general

\* Toma domiciliaria: El servicio que se recibe por el organismo operador de agua potable.

### Apéndice 3. Entrevista a productores de aguacate para conocer el uso del agua en las huertas.

#### ENTREVISTA A AGRICULTORES

**Nombre:**

**Teléfono:**

**Ocupación (papel en la huerta):**

**Fecha y lugar:**

#### 1. Caracterización huerta.

**Tipo de producción:** Orgánica / Convencional / Transición / Otro \_\_\_\_\_

**Tipo de huerta:** Exportación / Nacional / Riego / Temporal

**Nombre de la huerta:**

**Edad de la huerta:**

**Número de huertas:**

**Tamaño de huertas:**

**Número de árboles/ha:**

#### 2. Uso de agua en las huertas

¿Para qué se utiliza el agua en la huerta? ¿En qué actividad considera que se utiliza mayor cantidad de agua?

<i>Actividad</i>	<i>Volumen (litros)/ Frecuencia</i> (¿Qué cantidad se utiliza para esas actividades?)	<i>Fuente</i> (De dónde proviene esa agua)	<i>Almacén</i> (¿Dónde se almacena el agua?)	<i>Tratamiento</i> (¿Se le aplica algún tratamiento?)
1.				
2.				
3.				
4.				

\*Ejemplo actividades: Riego, para baños, para lavar los pisos y comedores, etc.

2.1 ¿Cómo funciona la repartición de agua en las huertas? ¿Hay alguna regulación- permiso? ¿Quién los regula-asesora? ¿En qué consiste la regulación?

2.2 ¿Cómo se hace el riego, se utiliza bomba o es por gravedad?

#### 3. Percepción de la calidad y cantidad de agua.

3.1 ¿Considera que el agua es apta para realizar las actividades en la huerta? (es buena, regular, mala)

3.2 ¿Ha notado algún color/olor extraño en el agua?

3.3 ¿Considera que la cantidad de agua disponible ha disminuido o aumentado? Con el paso de los años ¿se ha complicado conseguir agua para el riego de las huertas?

3.4 ¿Se cuenta con drenaje en la huerta?

Si/ No

#### **4. Problemáticas y conflictos**

4.1 ¿Cuáles considera que son las principales fuentes de contaminación del agua en la comunidad?

4.2 ¿Ha percibido algunos conflictos en torno al agua en Tingambato? ¿Cuáles? ¿Continúan?  
¿Cómo se resolvieron?

#### **5. Caracterización de ollas.**

5.1 ¿Cuántas ollas tiene en su(s) huerta(s)?

5.2 ¿Hace cuánto que se construyeron? ¿Todo el tiempo ha estado en funcionamiento?

5.3 ¿De qué material es/son?

5.4 ¿Quién lo asesoró para la construcción de la olla?

5.5 ¿Qué capacidad de almacenamiento tiene?

5.6 ¿De dónde proviene el agua que ahí se almacena? (lluvia, manantial, río, pozo, etc.)

5.7 ¿Está llena/capacidad máxima todo el año? ¿En qué temporada es más bajo/alto el nivel del agua?

5.8 ¿Cómo le da mantenimiento? ¿Hay algún momento en que se vacíe y se haga un recambio total de agua?

5.9 ¿Una vez en la olla le aplica algún tratamiento/vierte algún químico para mantenerla en buen estado?

5.10 ¿Cómo extrae el agua de la olla? (bombeo, cubetas, etc.)

5.11 Además de utilizarla para fumigar o para riego, ¿Le da algún otro uso a esta olla?

5.12 Cuando las ollas están llenas, ¿Cría peces?, ¿Quién consume esos peces?, ¿Hay algunos otros animales que tomen agua de las ollas?

5.13 ¿Cómo se hace la disposición de los envases de plaguicidas?, ¿Se llevan a la JLSV o pasan a recogerlos? ¿Cada cuánto?, ¿Se enjuagan?

#### **6. Plagas e insumos**

6.1 ¿Cómo se nutre los árboles de la huerta?

6.2 ¿Qué aplica? ¿Con qué frecuencia? ¿Cuánto aplica? ¿Quién se lo recomendó? ¿Para qué sirve?

6.3 ¿Qué plagas se han presentado en la huerta?

6.4 ¿En qué temporada se ve mayormente afectado por estas plagas?

6.5 ¿Cómo disminuye/ataca estas plagas? ¿Qué aplica? ¿cuánto aplica, en qué concentración?  
¿Cada cuánto?

6.6 Con el paso del tiempo ¿ha visto que las plagas son más difíciles de eliminar/se han vuelto más resistentes?

6.7 ¿En dónde prepara sus mezclas de insumos?

6.8 ¿Quién realiza la aplicación de estos insumos (plaguicidas/nutrientes)?

6.9 ¿Se utiliza algún equipo de protección para la mezcla y aplicación de plaguicidas?

#### Apéndice 4. Parámetros de calidad de agua, unidades y métodos analíticos de laboratorio utilizados en los sitios de muestreo de Tingambato.

Parámetro	Abreviatura	Unidades	Métodos analíticos
Acidez total	AC	(mg/l equivalente de CaCO.)	Volumetrico. NMX-AA-036-SCFI-2001.
Alcalinidad total	ALC T	(mg/L),	Volumetrico. NMX-AA-036-SCFI-2001.
Alcalinidad a la fenolftaleína	ALC P	(mg/L)	Volumetrico. NMX-AA-036-SCFI-2001.
Cloruros	CL	(mg/L)	Volumetrico. NMX-AA-073-SCFI-2001.
Dureza total	D T	(mg/L)	Volumétrico con base en la NMX-AA-072-SCFI-2001
Dureza de calcio	D CA	(mg/L)	Volúmetrico
Dureza de Magnesio	D MG	(mg/L)	
Fósforo reactivo	PR	(mg/L)	Espectofotometro S2100UV
Fósforo total	PT	(mg/L)	Espectofotometro S2100UV
Fósforo orgánico	PO	(mg/L)	
Nitratos	NO <sub>3</sub>	(mg/L)	Espectofotometro S2100UV
Nitritos	NO <sub>2</sub>	(mg/L)	Espectofotometro S2100UV
Amonio	HN <sub>4</sub>	(mg/L)	Espectofotometro S2100UV
Sulfatos	SO <sub>4</sub>	(mg/L)	Espectofotometro S2100UV
Sólidos disueltos totales	SDT	(mg/L)	Conductimetro con Multiparamétrico <i>Hach senSion 5</i> .
Salinidad	SAL	(%)	Multiparamétrico <i>Hach senSion 5</i> .
Potencial de Hidrógeno	pH	pH	Conductimétrico. Conductronic modelo PC45
Conductividad eléctrica	CE	(μS/cm)	Conductimetro con Multiparamétrico <i>Hach senSion 5</i> .
Turbidez	TB	(NTU)	Nefelométrico. Turbidimetro Lamotte 2020.
Sólidos sedimentables	SS		Volumétrico. NMX-AA-004-SCFI-2000
Oxígeno disuelto	OD	(mg/L)	Yodométrico. NMX-AA-012-SCFI-2001.
Redox	Redox	(mV)	Multiparamétrico Hannah H198195
<i>E. Coli</i>	<i>E. coli</i>	Ausente/Presente	AquaCHROM™ ECC.
Coliformes Totales	COL T	Ausente/Presente	AquaCHROM™ ECC.

## Apéndice 5. ICA

*Pesos ( $W_i$ ) utilizados para el cálculo del ICA.*

Parámetro	Peso ( $W_i$ )	Parámetro	Peso ( $W_i$ )
Oxígeno disuelto	5	Nitrógeno en nitratos ( $\text{NO}_3^{-1}$ )	2
Sólidos disueltos	0.5	Alcalinidad	1
Conductividad eléctrica	2	Turbiedad	0.5
Fosfatos totales ( $\text{PO}_4^{-3}$ )	2	Dureza total	1
Cloruros ( $\text{Cl}^{-1}$ )	0.5	Potencial de Hidrógeno (pH)	1

Fuente: Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua, 1999.

*Escala de clasificación de la calidad del agua para usos específicos según su ICA.*

Valor ICA	Criterio general	Abastecimiento público	Pesca y vida acuática	Industrial y agrícola
100 90	No contaminado	No requiere purificación	Aceptable para todos los organismos	No requiere purificación
80 70	Aceptable	Requiere purificación ligera		Requiere purificación ligera para algunos procesos
60 50	Poco contaminado	Mayor necesidad de tratamiento	Aceptable excepto para especies muy sensibles Dudoso para especies sensibles	No requiere tratamiento para uso en la industria
40 30	Contaminado	Dudoso	Solo organismos muy resistentes	Requiere tratamiento en la mayor parte de la industria
20 10 0	Altamente contaminado	Inaceptable	Inaceptable	Uso muy restringido Inaceptable

Nota. Modificado de SEMARNAT (2002).



## **Apéndice 6. Descripción de las principales fuentes de agua en Tingambato.**

El *pozo artesiano* se encuentra al Sureste de la localidad, es de origen subterráneo, tiene una profundidad de aproximada de 180 metros. Las autoridades del OOAPAS narran que durante la administración de Delfino Villanueva (2008-2011) se encontró el lugar y fue entonces cuando se perforó el pozo (hace aproximadamente 13 años). Se encuentra dentro de propiedad privada, de modo que existe un acuerdo de aprovechamiento por parte del OOAPAS y un usuario particular. El acuerdo consiste en una toma directa por medio de una manguera conectada a la tubería del pozo. En cuanto al pozo artesiano, en el registro de títulos únicamente se hace referencia al acuífero de aprovechamiento, lo cual dificulta ubicar exactamente cuál es el título, sin embargo, a partir de la ubicación obtenida en campo podemos observar que el pozo artesiano se encuentra en el acuífero 1616-Nueva Italia el cual abarca mayor territorio en el municipio (Figura 11 y figura X).

*Manantial Churimicuaro*, se ubica al SO, es un sitio donde se presentó una disputa sobre las concesiones del manantial entre distintos actores (productor de aguacate y OOAPAS), y en donde eran evidentes las tomas irregulares de dicha fuente, ante lo cual intervino CONAGUA para otorgar la concesión al OOAPAS de la localidad y poder satisfacer la demanda de agua de la población. En los datos oficiales del REPDA se muestran únicamente dos concesiones de agua de este manantial únicamente para uso agrícola, uno a nombre de Ejido Tingambato y el otro a usuario particular. No se muestra ningún permiso para público urbano.

*Manantial Ojo de agua grande* se ubica al noreste del municipio, es una de las fuentes con mayor importancia para Tingambato, tanto por la cantidad de agua aprovechada como por la carga cultural que el mismo representa. Hasta hace aproximadamente 20 años el manantial tenía un caudal de 20 L/s, el agua del manantial ‘bajaba a chorros’ mencionan los habitantes, era un área de recreación donde los habitantes iban de paseo, sin embargo, la drástica reducción del caudal a

2 L/S en la actualidad, aunado a eventos de inseguridad en la zona ocasionaron la disminución de la concurrencia a este lugar. En el REPDA se muestra una concesión sobre este manantial por un volumen de 176,601.60 m<sup>3</sup> anuales al Comité de Agua Potable y Alcantarillado y Saneamiento, actual OOAPAS de Tingambato para uso público urbano.

*Manantial las cruces* se encuentra al suroeste del municipio; Anteriormente había lavaderos comunitarios en el manantial y los habitantes cercanos se abastecían directamente del mismo, sin embargo, a partir de algunas disputas intervinieron autoridades de CONAGUA y se brindó el título de aprovechamiento al OOAPAS del municipio para abastecer a la población, el aprovechamiento directo por parte de los habitantes cercanos continúa. En la actualidad el manantial se encuentra en propiedad privada, con acceso restringido. En el REPDA se mencionan 2 títulos de aprovechamiento público urbano (1 del OOAPAS y otro al municipio de Tingambato) y 5 títulos para uso agrícola otorgados a particulares. El mayor volumen corresponde al uso público urbano otorgado a las instituciones municipales.

## Apéndice 7. Pruebas estadísticas.

### Apéndice 7a. Resultados del Test de normalidad Shapiro-Wilk ( $p < 0.05$ ).

Parámetro	General (intradomiciliaria, riego y residual)		Intradomiciliaria		Riego y residual	
	W	Sig.	W	Sig.	W	Sig.
Altitud	.901123	.0024	0.9021	0.0239	0.7737	0.0017
Materia Aparente	.433493	<.0001	0.3929	0.0000	0.4994	<0.0001
Hora	.943082	.0482	0.9007	0.0223	0.9046	<b>0.1120</b>
Color	.617685	<.0001	0.3929	0.0000	0.4994	<0.0001
Olor	.617685	<.0001	0.3929	0.0000	0.4994	<0.0001
Temperatura agua	.816432	<.0001	0.8186	0.0006	0.7983	0.0035
Temperatura aire	.940027	.0381	0.8979	0.0194	0.8262	0.0081
Conductividad Eléctrica	.857781	.0002	0.9326	0.1114	0.8489	0.0167
Sólidos Disueltos Totales	.954171	.0001	0.9329	0.1130	0.8488	0.0167
Salinidad	.771865	<.0001	0.3155	0.0000	0.8055	0.0043
pH	.937106	.0306	0.9662	0.5743	0.9043	<b>0.1107</b>
Redox	.886435	.0009	0.8337	0.0011	0.8828	0.0523
Turbidez	.358414	<.0001	0.3752	0.0000	0.5928	<0.0001
Coliformes totales	.561556	<.0001	0.5512	0.0000	0.6303	<0.0001
<i>E. Coli</i>	.237164	<.0001	.	.	0.4994	<0.0001
Distancia <sup>a</sup> huertas	.764867	<.0001	0.7478	0.0000	0.6142	<0.0001
Oxígeno disuelto	.815469	<.0001	0.9328	0.1129	0.8809	0.0489
Cloruros	.808410	.0001	0.5835	0.0000	0.8726	0.0369
Dureza total	.940916	.0408	0.9419	0.1798	0.7857	0.0024
Dureza <sup>de</sup> calcio	.936906	.0301	0.9573	0.3873	0.8618	0.0256
Dureza <sup>de</sup> magnesio	.952842	.1025	0.8779	0.0075	0.7753	0.0018
Alcalinidad total	.928168	.0157	0.7502	0.0001	0.9231	<b>0.2146</b>
Alcalinidad Parcial						
Acidez	.490468	<.0001	0.6570	0.0000	0.5969	<0.0001

Continuación apéndice 7a						
Fósforo total	.382339	<.0001	0.7552	0.0001	0.5643	<0.0001
Fósforo reactivo	.356317	<.0001	0.8538	0.0026	0.5191	<0.0001
Fósforo orgánico	.759831	<.0001	0.8259	0.0008	0.7681	0.0015
Nitratos	.885289	.0009	0.9207	0.0604	0.7721	0.0016
Nitritos	.476471	<.0001	0.4032	0.0000	0.7230	0.0004
Sulfatos	.455573	<.0001	0.9274	0.0852	0.6134	<0.0000
Sólidos sedimentables	.335546	<.0001	-	-	0.5615	<0.0001

*Apéndice 7b. Análisis general de Kruskal-Wallis ( $p < 0.05$ ).*

Parámetro	General (Intradomiciliaria , riego y residual)	Intradomiciliaria	Riego
	P-Value	P-Value	P-Value
Altitud	0.0002	0.0017	0.0073
Materia Aparente	0.0002	0.0017	0.0073
Hora	0.0002	0.0020	0.0073
Color	0.0002	0.0017	0.0090
Olor	0.0002	0.0017	0.0073
Temperatura agua	0.0002	0.0017	0.0073
Temperatura aire	0.0002	0.0017	0.0073
Conductividad Eléctrica	0.0004	0.0167	0.0073
Sólidos Disueltos Totales	0.0004	0.0164	0.0153
Salinidad	0.0004	<b>0.5083</b>	0.0153
pH	0.0008	0.0049	0.0073
Redox	0.0005	0.0046	0.0345
Turbidez	0.0016	<b>0.2928</b>	0.0189
Coliformes totales	0.0134	0.0092	0.0139
<i>E. Coli</i>	0.0002	<b>1.0000</b>	0.0659
Distancia a huertas	0.0002	0.0017	0.0073
Oxígeno disuelto	0.0002	0.0041	0.0073
Cloruros	0.0004	0.0083	0.0089
Dureza total	0.0002	0.0023	0.0092
Dureza de calcio	0.0003	0.0060	0.0098
Dureza de magnesio	0.0009	0.0252	0.0101
Alcalinidad total	0.0003	0.0094	0.0205
Alcalinidad parcial	<b>1.0000</b>	<b>1.0000</b>	0.0092
Acidez	0.0048	<b>0.0598</b>	0.0335
Fosforo total	0.0079	0.0203	0.0353
Fosforo reactivo	0.0012	0.0298	0.0255
Fosforo orgánico	<b>0.2272</b>	<b>0.3762</b>	0.3577
Nitratos	0.0013	0.0154	0.0197
Nitritos	0.0003	0.0081	0.0119
Sulfatos	0.0003	0.0036	0.0111
Sólidos sedimentables	0.0002	<b>1.0000</b>	0.0149





Continuación apéndice 8a.									
Distancia a huertas (m)	50.00	100.00	20.00	100.00	5.00	2.00	100.00	100.00	NA
OD	6.82 (±0.23)	7.16 (± 0.12)	7.84 (± .62)	6.89 (± .2)	7.43 (± .12)	6.08 (±0)	7.36 (± .12)	6.69 (±0)	4 (mg/l) <sup>3</sup>
Cloruros	13.33 (±1.44)	20.83 (± 1.44)	26.66 (± 20.2)	15.00 (± 0)	13.33 (± 1.44)	17.49 (± 0)	12.50 (±0)	20.83 (±1.44)	250 (mg/l) <sup>2</sup>
Dureza Total	58.33 (±2.89)	68.33 (± 2.89)	63.33 (± 2.89)	75.00 (± 0)	55.00 (± 0)	76.67 (± 2.89)	81.67 (± 2.89)	88.33 (± 5.77)	500 (mg/l) <sup>2</sup>
Dureza de Calcio	26.67 (± 2.89)	41.67 (± 2.89)	43.33 (± 2.89)	51.67 (± 2.89)	35.00 (± 5)	50.00 (± 0)	40.00 (± 5)	53.33 (± 7.64)	
Dureza de Mg	31.67 (±5.77)	26.67 (± 5.77)	20.00	23.33 (± 2.89)	20.00 (± 5)	26.67 (± 2.89)	41.67 (± 7.64)	35.00 (± 13.23)	
Alcalinidad Total	61.67 (± 2.89)	73.33 (± 2.89)	63.33 (±2.89)	65.00	61.67 (± 5.77)	63.33 (± 7.64)	21.67 (± 2.89)	16.67 (± 2.89)	400 (mg/L) <sup>3</sup>
Alcalinidad Parcial	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Acidez	5.00 (±0)	2.50 (± 0)	6.67 (± 2.89)	4.17 (± 1.44)	4.17 (± 1.44)	5.00 (±0)	8.33 (± 5.77)	6.67 (± 2.89)	
Fosforo Total	0.13 (±0.01)	0.16 (± .03)	0.16 (± .03)	0.16 (± .02)	0.12 (± .01)	0.15 (± .01)	0.22 (± .01)	0.25 (± .11)	.1 (mg/l) <sup>3</sup>
Fosforo reactivo	0.12 (±0.01)	0.13 (± 0)	0.10 (± .03)	0.12 (± .01)	0.09 (± .04)	0.14 (± 0)	0.19 (± .04)	0.16 (± .05)	
Fosforo orgánico	0.01 (±0.01)	0.04 (± 0.04)	0.06 (± .07)	0.03 (± .01)	0.03 (± .04)	0.01 (± .01)	0.04 (± .03)	0.09 (± .06)	
Nitratos	4.61 (±0.06)	4.62 (± .13)	5.82 (± .21)	5.99 (± 2.3)	4.76 (± 0.21)	6.59 (± .01)	1.78 (± .2)	5.51 (± .04)	10 (mg/l) <sup>2</sup>
Nitritos	0.02 (± .03)	0.00	0.19 (± .12)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1 (mg/l) <sup>2</sup>
Sulfatos	7.03 (±.5)	6.04 (±.41)	8.74 (± .99)	9.79 (± .56)	6.40 (± .23)	11.38 (± 1.64)	0.83 (± .95)	6.37 (± .56)	400 (mg/l) <sup>2</sup>

*Nota.* Se muestra Media y desviación estándar de los parámetros en los sitios de muestreo de agua intradomiciliaria (potable) y sus límites máximos permisibles.

<sup>1</sup> Guía para la calidad de agua potable (OMS,2011).

<sup>2</sup> NOM-127-SSA1-1994. "SALUD AMBIENTAL, AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO".



<sup>3</sup> Acuerdo por el que se establecen los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua. CE-CCA-001/89.

**Apéndice 8b. Parámetros fisicoquímicos y normatividad para agua de uso agrícola.**

	AGUA PARA RIEGO				
	OLL-CE	OLL-OE	NO	PP-NC	LMP
Materia Aparente	1.00	1.00	0.00	1.00	NA
Color	1.00	1.00	0.00	1.00	
Olor	1.00	1.00	0.00	1.00	
T. agua	20.52	24.00	19.00	19.00	
T. aire	23.00	26.00	25.00	21.00	
Conductividad E	67.97 (± 9.56)	59.33 (± 24.99)	448.00 (± 42.58)	463.67 (± 5.69)	1000 (µS/cm) <sup>1</sup>
SDT	32.07 (4.58)	27.80 (± 12.04)	216.67 (± 21.13)	224.00 (± 2.65)	500 (mg/l) <sup>1</sup>
Salinidad	0.00 (±0)	0.00	0.20	0.20	
pH	4.64 (±.38)	4.87 (± .96)	5.48 (± 0.07)	6.09 (± 0.07)	4.5-9.0 <sup>1</sup>
Redox	196.67 (± 3.06)	149.20 (± 4.57)	238.20 (± 5.37)	138.53 (± 66.09)	
Turbidez	13.86 (± 9.69)	10.36 (± 9.23)	0.00	1.99 (± 1.04)	
Coliformes Totales	Presente	Presente	Ausente	Ausente	1000 (mg/l) <sup>1</sup>
<i>E. coli</i>	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	
Distancia a huertas (m)		0.00	50.00	0.00	
Oxígeno disuelto	4.32 (± 0.12)	7.57 (± 0.12)	5.67	2.23 (± 0.2)	
Cloruros	7.91 (± .72)	5.00 (± 2.5)	32.49 (± 8.66)	22.49	147.5 (mg/l) <sup>1</sup>
Dureza Total	20.00 (± 0)	15.00 (± 5)	125.00	150.00	
Dureza de Calcio	15.83 (±1.44)	10.00 (± 5)	78.33 (± 2.89)	108.33 (± 2.89)	
Dureza de Magnesio	4.17 (± 1.44)	5.00 (± 0)	46.67 (± 2.89)	41.67 (± 2.89)	
Alcalinidad Total	33.33 (± 7.64)	16.67 (± 11.55)	75.00	108.33 (± 2.89)	
Alcalinidad Parcial	0.00	0.00	0.00	0.00	
Acidez	8.33 (± 2.89)	8.33 (± 2.89)	10.00	10.00	
Fosforo Total	0.20 (±.06)	0.19 (± 0.18)	0.11 (± .03)	0.08 (± 0.01)	

Continuación apéndice 8b.					
Fosforo reactivo	0.07 (± .01)	0.07 (± 0.02)	0.07 .01 (±	0.05 (± 0.01)	
Fosforo orgánico	0.13 (± .05)	0.12 (± 0.15)	0.04 (± .04)	0.03	
Nitratos	1.05 (± .12)	0.69 (± 0.22)	6.83 (± .04)	6.45 (± 0.05)	
Nitritos	0.91 (± .27)	0.23 (± 0.11)	0.34 (± .29)	17.41 (± 0.29)	
Sulfatos	13.24 (± .77)	6.43 (± 1.27)	20.05 (± 0.27)	12.46 (± 1.04)	130.0 (mg/l) <sup>1</sup>
Sólidos sedimentables	0.33 (±.40)	0.27 (±.29)	0	0.1	NA

*Nota.* Se muestran promedios, desviación estándar y límites máximos permisibles de agua para uso agrícola de acuerdo al Acuerdo por el que se establecen los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua. CE-CCA-001/89.

***Apéndice 8c. Promedios, desviación estándar y LMP para las descargas de agua residual.***

	AGUA RESIDUAL		
PARAMETRO	PROMEDIO	$\sigma$	LMP (P.D)
Altitud	1886.00	0.00	
Materia Aparente/materia flotante	Presente	0.00	Ausente
Color	1.00	0.00	
Olor	1.00	0.00	
Temp agua	21.16	0.00	
Temp aire	25.00	0.00	
Conductividad E	813.67	12.22	
Solidos Totales D	397.33	6.11	
Salinidad	0.40	0.00	
pH	5.71	0.03	
REDOX	19.10	0.00	
Turbidez	198.00	35.93	
Coliformes Totales	Presente	0.00	
<i>E. coli</i>	Presente	0.00	
Distancia a huertas (m)	10.00	0.00	
Oxígeno disuelto	2.57	0.12	
Cloruros	51.65	1.44	
Dureza Total	113.33	12.58	
Dureza de Calcio	68.33	7.64	
Dureza de Mg	45.00	8.66	
Alcalinidad Total	50.00	0.00	

Continuación apéndice 8c.			
Alcalinidad Parcial	0.00	0.00	
Acidez	55.00	10.00	
Fosforo Total	2.61	0.08	30 (mg/l)
Fosforo reactivo	2.56	0.08	
Fosforo orgánico	0.05	0.06	
Nitratos	6.03	1.40	60 (mg/l)
Nitritos	24.13	0.60	
Sulfatos	105.02	4.29	
Solidos sedimentables (ml/l)	9	1	2 (ml/l)

*Nota.* Se muestra el promedio de las muestras tomadas en la planta de tratamiento de aguas residuales y se compara con los límites máximos permisibles de la NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.