



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE
HIDALGO

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN
CIENCIAS DE LA TIERRA

MAESTRÍA EN GEOCIENCIAS Y
PLANIFICACIÓN DEL TERRITORIO



“Análisis de la gestión del agua en comunidades rurales de Zamora, Michoacán, México.”

TESIS

Que presenta:

BIÓL. RENNÉ IBETH LÓPEZ CHACÓN

Como requisito parcial para obtener el título profesional de:

**MAESTRA EN GEOCIENCIAS Y
PLANIFICACIÓN DEL TERRITORIO**

Director de tesis: Dr. JORGE ALEJANDRO ÁVILA OLIVERA

MORELIA, MICHOACÁN, AGOSTO DE 2018

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor Alejandro: por su paciencia y apoyo en cada fase de este trabajo, ha sido un verdadero honor trabajar contigo. Gracias por tu sencillez y solidaridad.

A mis sinodales: Josefina Cendejas, Ruth Alfaro, Isabel Israde, María Alcalá y Ángel Figueroa, por todas sus atenciones para la culminación de esta meta.

A mis maestros, directivos y compañeros del INICIT, INIRENA y la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, por el aprendizaje compartido durante el curso de la maestría.

A la Dirección Local de CONAGUA: M. C. Silvia Yolanda Gómez Orozco, Jefa de Laboratorio; I. Q. Juan Rangel Camarena, Jefe del Departamento de Calidad del Agua y al Ing. Oswaldo Rodríguez Gutiérrez, Director Local de CONAGUA. Muchas gracias por su apoyo.

Al laboratorio de análisis de Calidad de Agua del Posgrado en Ingeniería Química, a cargo de la Dra. Ruth Alfaro, y a la M. C. Selene Valencia por su apoyo y colaboración.

A los miembros de las comunidades de La Rinconada, Cerrito de Catipuato, San Esteban y La Labor. Reconozco el apoyo que me brindaron para la culminación de esta investigación, estoy segura será en beneficio de todos los habitantes.

A las autoridades del H. Ayuntamiento de Zamora, que brindaron los permisos necesarios para la toma de muestras del Relleno Sanitario.

A mis padres Lael y Maribel, por todo su apoyo y afecto incondicional en esta etapa de mi vida. Gracias por siempre tomar mi mano. A mis hermanos José Lael y Marina, por seguir siendo mis cómplices de camino. Además de haberme dado la oportunidad de ser tía y amiga de Isaac, Nicolás y Gustavo. Los adoro.

A Rox, gracias por ser mi amiga incondicional, confidente y psicóloga particular. La vida ha sido muy buena conmigo al ponerte en mi camino.

A Dennise y Amayrani por todos sus consejos y salvadas académicas, además de la amistad que hemos forjado durante este tiempo. ¡Gracias!

Alan: There's not coincidences! All that I have with you has been amazing and full of lovely emotions. Thank you for all the things you say to me every day. I'm pretty sure that this adventure together will be more and more exciting. Luv u babe.

A mis amigos, amigas y familiares, por su acompañamiento y cariño en decisiones importantes que tomé, gracias por su cariño y palabras sabias. A Joaquín y Mary por el aprendizaje y el tiempo que tuve la dicha de compartir con ustedes. Siempre estaré agradecida por lo que pasamos juntos, buen viaje.

DEDICATORIA

A la vida, donde todo comienza y acaba. Donde no gana el más preparado, sino quien sepa aprovechar mejor las oportunidades; donde no importa cuántas veces te hayas caído, gana quien haya podido levantarse con el ímpetu de continuar. Donde luchar un día no te da la victoria, sino perseverar día a día. Donde dar la mano a tus semejantes te hace más fuerte, donde siempre será puesto a prueba tu instinto, y es gracias a éste que tomarás las mejores decisiones.

Por la valentía, seguridad y amor por encontrar en lo simple cosas más bellas, vivir a manos llenas, tomar las oportunidades y agradecer por ello. Por la alegría de saberme independiente, libre, inteligente, hermosa y radiante, con la seguridad en cada paso de mi vida. Gracias, Ibeth. Tu fuerza y perseverancia te seguirá llevando a horizontes maravillosos.



La vida me dijo:

**“No importa con quien estés o hacia donde vayas, lo que
importa es ser feliz”**

//

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS.....	I
DEDICATORIA.....	II
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	III
ÍNDICE DE FIGURAS.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
I. INTRODUCCIÓN	1
1. JUSTIFICACIÓN.....	4
2. HIPÓTESIS.....	5
3. OBJETIVOS	6
II. ANTECEDENTES	7
III. MARCO TEÓRICO.....	12
IV. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	16
1. Municipio de Zamora y sitios de estudio.	16
a. Fisiografía.....	17
b. Geología.	17
c. Edafología.....	18
d. HIDROLOGÍA.....	21
a) Presas.	21
b) Aguas superficiales.....	22
e. GEOHIDROLOGÍA.....	23
f. Clima.....	27
g. Uso de suelo y vegetación.....	27
V. METODOLOGÍA.....	29
a) Primera etapa.....	29
b) Segunda etapa.....	29
c) Tercera etapa.	31
d) Cuarta etapa.....	31

2.	Metodología para la elaboración de mapas.....	31
3.	Metodología de campo	32
a)	Visitas técnicas a comunidades y toma de evidencias	32
b)	Diseño y aplicación de entrevistas	33
c)	Elaboración de tabla de diagnóstico por comunidad.....	34
4.	Metodología para aplicación de cuestionarios.	35
a)	Elaboración del cuestionario.....	35
b)	Aplicación de cuestionarios en las comunidades.....	37
5.	Metodología para muestreo de agua.....	39
a)	Materiales para muestreo y parámetros de campo	39
6.	Muestreo de agua residual y lixiviados.	40
b)	Metodología agua de los pozos de extracción.....	42
6.	Metodología para análisis	43
c)	De agua de pozos	43
d)	De aguas residuales y lixiviados	45
7.	Metodología para lectura de elementos traza.....	47
8.	Metodología para proyección poblacional	48
a)	Análisis y procesamiento de datos.....	49
VI.	RESULTADOS	50
1.	Elementos sociales del estudio	50
a)	Procesamiento de los cuestionarios.	69
2.	Análisis de agua	77
a)	Agua de los pozos.....	77
b)	Agua residual.....	82
3.	Elementos traza.....	87
4.	Proyección poblacional	90
VII.	DISCUSIÓN.....	93
VIII.	CONCLUSIONES	95
IX.	REFERENCIAS.....	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
Figura 1.	Área de estudio.	14
Figura 2.	Geología.	16
Figura 3.	Edafología.	18
Figura 4.	Subcuenca del río Duero.	19
Figura 5.	Principales cuerpos y corrientes de agua presentes.	21
Figura 6.	Uso de suelo y vegetación.	26
Figura 7.	Esquema de la metodología.	28
Figura 8.	Pozo de extracción y depósito de agua en la comunidad de La Labor (a); Pozo de extracción de agua en la Comunidad de Cerrito de Catipuato (b); Pozo de extracción y depósitos de agua en la comunidad de La Rinconada (c); Pozo de extracción y depósito de agua en la comunidad de San Esteban (d).	30 y 31
Figura 9.	Primer acercamiento con los encargados del orden de las comunidades en estudio	31
Figura 10.	Cuestionario para conocer la percepción y condiciones de vida de los usuarios de agua en comunidades rurales.	34
Figura 11.	Materiales y equipos utilizados para muestreo de agua de los pozos, residual y lixiviados	38
Figura 12.	Muestreo de agua residual en la comunidad de San Esteban (a); Muestreo de lixiviados en la Laguna 1 del relleno sanitario (b).	39
Figura 13.	Muestreo bacteriológico en la Rinconada (a); toma de parámetros en Cerrito de Catipuato (b).	40
Figura 14.	Procedimiento seguido para el proceso de digestión ácida para aguas residuales y lixiviados.	44
Figura 15.	Espectrofotómetro de absorción atómica, utilizado para la lectura de elementos traza en las muestras.	45
Figura 16.	Vista panorámica de la comunidad de La Rinconada, desde los depósitos de agua (a); Croquis de calles de la comunidad (b); Escuela primaria (c); Preescolar (d); Cancha de fútbol (e); Descarga residual norte (f); Plaza de la comunidad (g).	60
Figura 17.	Iglesia de la comunidad (a); Consultorio y sala de usos múltiples (b); Preescolar de la comunidad (c); Escuela Primaria (d); Cancha de basquetbol (e); Cancha de fútbol (f).	61

Figura 18.	Descarga residual (a); Miembros de comité de agua (derecha a izquierda): encargado del orden, operador y suplente encargado (b); Hipoclorador descompuesto (c).	62
Figura 19.	Escuela primaria (a); Iglesia de la comunidad (b); Preescolar (c); Vista panorámica de la comunidad de La Labor (d); Pozo particular (e); Arroyo Blanco, donde descarga el agua residual (f).	63
Figura 20.	Vía de filtración en Cerrito de Catipuato para evitar lama suspendida en el agua.	65
Figura 21.	Percepción de la calidad del agua.	67
Figura 22.	¿Qué opina de la cuota que paga por el agua?	68, 69
Figura 24.	Problemas de salud detectados.	70
Figura 25.	¿Cree necesario tener un encargado/comité de agua?	71
Figura 26.	¿Le gustaría que el ayuntamiento administrara el pozo de agua?	71
Figura 27.	¿Por qué sí/no entregaría al ayuntamiento?	72, 73
Figura 28.	Sugerencias de mejora en el servicio	74
Figura 29.	Temperatura, pH y Oxígeno disuelto presente en pozos.	76
Figura 30.	Parámetros de campo	76
Figura 31.	Color y turbiedad.	77
Figura 32.	Coliformes fecales	78
Figura 33.	DBO ₅	78
Figura 34.	Sólidos Suspendidos Totales.	79
Figura 35.	Dureza total	80
Figura 36.	Sales	80
Figura 37.	Temperatura - pH - Oxígeno Disuelto.	81
Figura 38.	Parámetros tomados a las aguas residuales en campo.	82
Figura 39.	Turbiedad y color.	82
Figura 40.	Coliformes Fecales	83
Figura 41.	DBO ₅	83
Figura 42.	DQO	84
Figura 43.	Sólidos Suspendidos Totales	84
Figura 44.	Mapa de drenajes de la microcuenca del sitio de estudio.	87
Figura 45.	Proyección poblacional	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Título	Página
Tabla 1.	Principales problemas de contaminación en aguas superficiales (Jiménez, 2008).	6
Tabla 2.	Ubicación de localidades en estudio.	15
Tabla 3.	Datos generales del acuífero Zamora (1608).	22
Tabla 4.	Fortalezas y limitaciones del método de sondeo	35 y 36
Tabla 5.	Relación de cuestionarios aplicados por comunidad.	36
Tabla 6.	Parámetros analizados y método de análisis utilizado.	42
Tabla 7.	Habitantes cuantificados por evento censal en las comunidades en estudio.	46
Tabla 8.	Cuadro elaborado a partir de las entrevistas a encargados del orden y tomadores de decisiones en las comunidades.	49-59
Tabla 9.	Clasificación de aguas duras.	79
Tabla 10.	Origen de las muestras tomadas para análisis de agua residual.	81
Tabla 11.	Resultados obtenidos del análisis de elementos traza en aguas subterráneas de los pozos de las comunidades.	85
Tabla 12.	Elementos traza detectados en lagunas de Lixiviados.	86
Tabla 13.	Elementos traza detectados en las descargas residuales de las comunidades.	88
Tabla 14.	Proyección poblacional por método algebraico.	88

RESUMEN

La Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) fue definida por el Comité Técnico de la Asociación Mundial para el Agua (GWP) como "Un proceso que promueve la gestión y el desarrollo coordinados del agua, el suelo y los otros recursos relacionados, con el fin de maximizar los resultados económicos y el bienestar social de forma equitativa sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales".

Durante años, se han minimizado diversos factores de importancia en la toma de decisiones de la gestión de cuencas, donde el papel de la participación social y la planificación del recurso han figurado poco. Es importante contemplar estos elementos para gestionar adecuadamente el recurso hídrico disponible para las siguientes generaciones.

En las comunidades rurales de nuestro país, ha resultado difícil esta tarea debido a factores políticos, económicos, sociales, culturales, espaciales, etc. En las comunidades seleccionadas no hay un diagnóstico de sus fuentes de abastecimiento de agua. En este contexto, es importante determinar el estado actual del agua en las localidades y conocer su forma de gestión.

La crisis del agua se vincula con la reducción de la disponibilidad de agua potable, en cantidad y en calidad adecuadas, y con los problemas ambientales asociados al uso del agua, que están afrontando diversas zonas del planeta.

Uno de los problemas ambientales relacionados a la disminución del recurso hídrico disponible para uso y consumo humano es la contaminación, donde sus componentes físicos, químicos o microbiológicos se encuentran en concentraciones tales que su efecto es tóxico o limitante para la vida de otros organismos.

Se realizó un diagnóstico del estado de los recursos hídricos de las comunidades de La Rinconada, San Esteban, Cerrito de Catipuato y La Labor, que incluyó un cuestionario aplicado a los pobladores. Los resultados revelan datos respecto al manejo local del agua, donde la estructura de gestión se apega a la de "Comités locales de agua". El análisis permitió realizar recomendaciones a los comités de agua de las comunidades en estudio, lo que fortalecerá su sistema de gestión. También se realizó un análisis de calidad del agua de los pozos de extracción del agua subterránea y de las descargas residuales de cada comunidad. En los resultados del análisis resulta interesante la situación que se presenta en los pozos de extracción respecto a la concentración de coliformes fecales, parámetro de gran importancia para que pueda ser considerada apta para uso y consumo humano.

Palabras Clave. *Calidad de agua, agua rural, gestión hídrica integrada, comités rurales de agua, agua subterránea.*

ABSTRACT

Integrated Water Resources Management (IWRM) was defined by the Technical Committee of the World Water Partnership (GWP) as "A process that promotes the coordinated management and development of water, soil and other related resources, with the aim to maximize economic results and social welfare in an equitable manner without compromising the sustainability of vital ecosystems "

For years, several important factors have been minimized in decision-making in watershed management, where the role of social participation and resource planning have not figured much. It is important to contemplate these elements in order to properly manage the water resources available for the following generations.

In rural communities of our country, this task has been difficult due to political, economic, social, cultural, spatial factors, etc. In the selected communities there is no diagnosis of their sources of water supply. In this context, it is important to determine the current state of the water in the localities and know their management form.

The water crisis is linked to the reduction of the availability of drinking water, in quality and quantity, and with the environmental problems associated with the use of water, which are facing different areas of the planet.

One of the environmental problems related to the reduction of water resources available for human use and consumption is pollution, where its physical, chemical or microbiological components are found in concentrations such that their effect is toxic or limiting to the life of other organisms.

A diagnosis was made of the state of the water resources of the communities of La Rinconada, San Esteban, Cerrito de Catipuato and La Labor, which included a questionnaire applied to the residents. The results reveal data regarding local water management, where the management structure adheres to that of "local water committees". The analysis allowed making recommendations to the water committees of the communities under study, which will strengthen their management system. A water quality analysis was also carried out of the groundwater extraction wells and the residual discharges of each community. In the results of the analysis is interesting the situation that occurs in the extraction wells with respect to the concentration of fecal coliforms, a parameter of great importance so that it can be considered suitable for human use and consumption.

Keywords. Water quality, rural water, integrated water management, rural water committees, underground water.

I. INTRODUCCIÓN

Mucho se ha discutido de la importancia de los recursos naturales para el ser humano, pero en la última década, el más estudiado de ellos ha sido sin duda, el recurso agua. El escaso ordenamiento territorial de las ciudades, la contaminación de acuíferos, el limitado tratamiento de residuos, la sobreexplotación de recursos naturales, deforestación y otros factores de origen antropogénico, han sido causa de la actual crisis de agua que se vive a nivel mundial.

La población mundial actual se estima en más de 7 500 millones de personas, de la cuales, 825 millones no tiene acceso al agua potable, 32 millones sólo en Latinoamérica no tienen servicio de agua. El 80% de las enfermedades son causadas por agua contaminada, y 3.4 millones de muertes al año se relacionan con la contaminación de este recurso (**World Water Assessment Programme, 2003**).

El agua dulce es un recurso limitado y su calidad está bajo presión constante. Preservar la calidad del agua dulce es importante para el abastecimiento de agua potable, la producción de alimentos y el uso de aguas recreativas (**OMS, 2016**).

El agua, por ser un recurso de múltiples usos y aplicaciones, debe ser adecuadamente administrado para asegurar la demanda creciente. Para ello, debe hacerse uso de las diversas herramientas de gestión eficiente, equitativa y sostenible.

La Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) fue definida por el Comité Técnico de la Asociación Mundial para el Agua (GWP, por sus siglas en inglés) como "Un proceso que promueve la gestión y el desarrollo coordinados del agua, el suelo y los otros recursos relacionados, con el fin de maximizar los resultados económicos y el bienestar social de forma equitativa sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales" (**WWAP et al., 2009**).

Los gobiernos y entidades no gubernamentales han intentado gestionar adecuadamente los recursos hídricos, enfrentándose continuamente a conflictos tecnológicos, metodológicos y de índole social. Para ello, se han dispuesto altos

presupuestos para el mejoramiento no solo en la explotación del recurso, sino también en la gestión del mismo para alargar el tiempo de vida de los acuíferos del planeta.

México no se queda atrás, y en las últimas décadas se ha trabajado arduamente en el conocimiento en las tecnologías del agua, propiciando la creación de organismos operadores a nivel local, municipal, estatal, de cuencas y un plan hídrico nacional.

Sin embargo, y pese a las arduas investigaciones llevadas a cabo en el rubro de la gestión, aún queda mucho por conocer e implementar. La gestión integrada de los recursos hídricos es una meta reconocida en la legislación hídrica mexicana; en ella se establece la necesidad de una participación coordinada del Estado, los usuarios del agua y las organizaciones de la sociedad para promover e instrumentar una serie de medidas tendientes a lograr, lo que se conoce como Desarrollo Sustentable (**DOF, 2011**).

Uno de los mecanismos reconocidos para una gestión adecuada es la participación social en los distintos ámbitos donde han de adoptarse decisiones sobre el manejo del recurso. Esta participación ha de concretarse en la construcción de procesos incluyentes de toma de decisiones, como una estrategia para alcanzar una adecuada gobernabilidad del recurso (**Pimentel et al., 2012**).

Es bien sabido que en las comunidades donde no han tomado parte las instituciones gubernamentales, hay una preocupación común por mantener la estabilidad de sus recursos, habiendo una apropiación del recurso y, por ende, actuando conjuntamente ante las problemáticas que se presentan en su localidad. Las decisiones consensuadas pueden ayudar a reducir enfrentamientos ante intereses diversos, y coadyuvan al logro de un manejo sustentable del recurso (**Boelens, 1998**).

En la mayoría de las comunidades elegidas para este estudio, los pozos de extracción fueron construidos en la década de los setentas (**Pimentel-Equihua et**

al., 2012), son la única fuente de abastecimiento para uso doméstico, no se tiene un registro actualizado del estado de estos, y en algunos casos es inexistente.

En este contexto, parece de gran importancia determinar el estado actual del agua que comparten en las localidades, conocer su forma de gestión del recurso, y tener un referente del manejo que se hace en estas localidades, identificando problemáticas sociales que aún no han sido tomadas en cuenta para favorecer las vías de desarrollo local de estas comunidades.

1. JUSTIFICACIÓN

En las últimas décadas, el crecimiento de la ciudad de Zamora ha sido desordenado, lo mismo ha sucedido en las comunidades que forman parte del municipio. La falta de planeación ha propiciado la aparición de diversos problemas, uno de ellos es la gestión del agua. El Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de Zamora (SAPAZ) es el encargado de la gestión del recurso agua en gran parte del municipio, no así en varias comunidades rurales aledañas a la ciudad de Zamora.

Estas comunidades, desde la década de los setentas, han perforado y administrado localmente sus propios pozos para la extracción de agua subterránea, dando lugar a un sistema de autogestión que ha favorecido el manejo del recurso. Sin embargo, debido a la contaminación (agroquímicos, residuos sólidos y vertidos en cuerpos de agua), la falta de sistemas de tratamiento de aguas residuales e incluso la falta de cultura ambiental, vulneran la disponibilidad y calidad del agua de dichas comunidades.

Bajo este contexto, parece necesario hacer un diagnóstico actual del estado de los recursos hídricos superficiales y subterráneos, e indagar la percepción que se tiene del recurso en dichas comunidades, para tener una visión integral de la situación del agua que permita proponer acciones que resuelvan las problemáticas que aquejan a los pobladores, además de fomentar su manejo adecuado.

2. HIPÓTESIS

Para llevar a cabo una adecuada gestión del agua es necesario realizar un análisis integral de la situación de los recursos hídricos en la zona de interés, que permita identificar las principales problemáticas relacionadas con el agua que aquejan a los usuarios, para posteriormente proponer soluciones.

3. OBJETIVOS

General

Realizar un análisis integral de los recursos hídricos en comunidades rurales de Zamora, Michoacán.

Particulares

1. Reconocer el esquema de gestión del agua en las comunidades de La Rinconada, Cerrito de Catipuato, San Esteban y La Labor.
2. Identificar y realizar un diagnóstico del estado de los recursos hídricos en las comunidades en estudio: calidad y cantidad de los mismos.

II. ANTECEDENTES

Hoy, agua en el mundo es sinónimo de crisis, ya que el acceso a la misma es el desafío del siglo XXI, aunado a la pobreza, sobre población y otros problemas ecológicos, son ahora un reto que origina día a día un sinnúmero de esfuerzos de todas las naciones del mundo por revertir los efectos de dichos problemas (**Silva, 2010**).

Los efectos del cambio climático, combinados con el crecimiento poblacional y el aumento de los patrones de consumo de agua, colocan al país en una clara situación de estrés hídrico (**Mendoza et al., 2004**). En el último siglo la población se duplicó, pero la demanda de agua se incrementó seis veces (**Silva, 2010**); aunado a la precaria gestión del recurso, lo que se ve reflejado en los constantes conflictos sociales y políticos por la administración del agua.

Las prácticas actuales de manejo de recursos hídricos pueden no ser lo suficientemente robustas para hacer frente a los impactos del cambio climático, por lo tanto, las medidas de adaptación al cambio climático deberán diseñarse tomando en cuenta estrategias dirigidas a lograr un desarrollo económico sustentable, una conservación del medio ambiente y un mejoramiento de la salud pública (**Bates et al., 2008**).

En 1992 se emite una nueva ley de aguas nacionales, y la CONAGUA inicia los mercados de agua y promueve la inversión privada en los servicios de agua e incluso para la construcción de infraestructura como las presas hidroeléctricas (**Aboites et al., 2010**). En este proceso descentralizador, sin embargo, se olvidan de que, cerca de la mitad de las aguas para riego ya eran administradas por los propios usuarios (**Torregrosa et al., 2012**).

Cabrero (2011) señala que la Encuesta Municipal INEGI del 2009, arroja un crudo panorama de los municipios: son operadores de servicios públicos más que un orden de gobierno, y ni siquiera de todos los servicios públicos. Es el ámbito estatal quien podría orientar normativamente la actuación municipal en lo relativo a

los usos del suelo, pues el nivel federal invita, orienta, mas no ordena, que las acciones municipales sean sustentables y armónicas con el medio natural.

“Calidad del agua” es un término que sólo adquiere sentido práctico susceptible de ser medido cuando se asocia el agua a un uso determinado, estableciendo valores y parámetros que se deban cumplir a partir de ello (**Jiménez, 2001**). Al comparar atributos de agua con los requisitos definidos, se puede establecer si el agua es de buena o mala calidad según sea o no apta para el uso definido.

Los principales problemas de contaminación en aguas superficiales en México mencionados por el gobierno (**Tabla 1**), indican la importancia de conocer cuáles son los problemas de contaminación para determinar las acciones prioritarias para su control (**Jiménez, 2008**).

Tabla 1. Principales problemas de contaminación en aguas superficiales (Jiménez, 2008).

Año	1988	2000	2003	2007
Información que reporta	Patógenos	Coliformes fecales	Sólo reportan datos	Solo hay datos de
	Materia orgánica	Grasas y aceites	de materia	DBO, DQO y
	Nutrientes	Ortofósforatos	orgánica como	sólidos.
	Grasas y aceites	Sólidos disueltos	DBO* y/o DQO**	Detergentes

***DBO:** Demanda Biológica de Oxígeno

****DQO:** Demanda Química de Oxígeno

Respecto a las aguas subterráneas y su disposición domiciliaria para uso público, la Comisión Federal contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), indicó que para julio de 2009 la eficiencia de cloración en el país era, en promedio, de 90.5%, aunque para algunos estados como Chiapas y Michoacán estuvieron por debajo de este valor. También se ha reportado que, si bien el agua llega a los domicilios con una calidad medianamente aceptable, tras su paso por los tinacos y cisternas se deteriora significativamente. Por ende, la falta de un servicio continuo es causa también del deterioro de la calidad (**Jiménez et al., 2010**).

Sobre la calidad del agua potable en los domicilios, hay muy pocos estudios publicados, y los escasos datos que hay, sólo abarcan muestrazos puntuales y

ocasionales para evaluar coliformes fecales y cloro residual, y dejan de lado los 38 parámetros fisicoquímicos establecidos por la **NOM 127-SSA1-1994 (DOF, 2000)** (**Torregrosa et al., 2012**). Esto indica la falta de reglamentación a los organismos operadores de agua para que muestren y publiquen la información del agua que se les brinda a los usuarios.

El concepto de gestión del agua potable es definido por **Ávila (1996)**, como la forma en que un organismo o comité público, privado o independiente, controla o presta el servicio de agua potable a la población.

Los comités de agua comunitarios son organizaciones comunitarias autogestivas que se encuentran tanto en las comunidades indígenas como en las consideradas mestizas, con importante tradición organizativa y conocimiento local, que hacen funcionar los sistemas de abasto de agua para uso doméstico. Tienen una estructura social simple y de bajo costo, además de capacidad de autofinanciamiento, sin embargo, no son incluidos formalmente en la Comisión de Cuenca del Río Duero (**Pimentel et al., 2012**).

Los comités que se han fundado en las comunidades están influenciados por los atributos específicos de cada sistema físico, de las visiones culturales del mundo que poseen sus usuarios, y por las relaciones económicas y políticas que existen en su entorno. Estos comités definen las reglas y acuerdos que se establecen, así como la elección de las autoridades que administran la institución y, hagan cumplir las reglas y acuerdos (**Ostrom, 2000**).

Del área de estudio.

El Valle de Zamora ha sido bastante estudiado por su desempeño y potencial agrícola, y por ser sitio clave en la trayectoria del Río Duero, cuya cuenca lleva el mismo nombre. Hay diversos estudios que analizan el papel que representa el Río Duero como parte integral de la cuenca Lerma-Chapala, en los que se estudia, principalmente, el impacto por actividades agrícolas, la contaminación de las distintas fuentes de abastecimiento de agua, la gestión de recursos hídricos y los problemas locales por la disponibilidad del recurso.

En la zona de interés, se han realizado pocos estudios en relación con la calidad del agua para el uso y consumo humano. Los trabajos que se han llevado a cabo (**Pimentel, 2007; Pimentel y Velázquez. 2009; 2005, 2012**) muestran concentraciones elevadas de boro y metales pesados como el plomo, en las aguas subterráneas de la parte baja de la cuenca del Río Duero, además se identificaron casos de enfermedades renales en usuarios de los pozos contaminados.

Actualmente, en la Comisión de Cuenca del Río Duero persiste una estructura vertical de toma de decisiones que limita la capacidad ejecutiva para analizar y resolver los problemas de la cuenca, aunque se reconoce cierto nivel de participación social (**Pimentel y Velázquez, 2015**). El manejo integral y sustentable de esta cuenca es una necesidad social de organización eficaz y efectiva, y que en mucho depende del diseño organizativo adoptado (**Palacios y López, 2004**).

Los pueblos y comunidades que habitan en la zona de interés tienen en su haber un cúmulo de conocimientos tradicionales sobre su entorno ambiental; éstos son de importancia en los estudios de cuencas, porque ayudan a la identificación de procesos y elementos útiles en el manejo adaptativo, la resiliencia y la acción participativa para el sostenimiento de los ecosistemas (**Stanford y Pool, 1996, citado por Maass, 2004**).

En los estudios de **Pimentel et al. (2012)** se trabajó con comunidades rurales de menos de 5 000 habitantes ubicadas al norte de la ciudad de Zamora, se analizó la habilidad organizativa en torno a la gestión del agua, y entre otras cosas, destacaron varias capacidades: administrativa del recurso, financiera, rendición eficiente de cuentas, monitoreo y vigilancia en la frecuencia y calidad del abasto. Destaca también la importancia de que cuenten con mecanismos efectivos de participación social y democracia local, y sus sistemas son gestionados con mínima burocracia y conocimiento local.

Pimentel (2007), revela algunos casos donde se presenta estrés por la irregularidad en el tandeo, mala calidad del agua o incluso, la falta de pozos. A pesar de las medidas emergentes tomadas por los pobladores o por autoridades municipales, los pueblos “estresados” siguen sufriendo la escasez del recurso,

costos del almacenamiento, el cuidado de la infraestructura y el mantenimiento del sistema, obstaculizando con ello su desarrollo y participación en la posibilidad de una gestión sostenible del recurso hídrico de la cuenca del río Duero.

La gestión comunitaria puede ser una herramienta muy útil para los gobiernos municipales al elaborar mejores políticas públicas en materia de gestión del agua potable desde lo local, con niveles muy altos de participación y bajo agendas específicas. También puede mejorarse la eficiencia del servicio bajo la noción de sustentabilidad, ya que la responsabilidad de mantener los cuerpos de agua involucra sobre todo a los usuarios, quienes manejan los sistemas de agua potable (**Casas-Cervantes, 2015**).

Suponer que a mayor concientización automáticamente habrá más respuesta en los asuntos ambientales, se ha vuelto una postura ingenua. **Nieto-Carabeo (2003)**, en su contribución sobre el papel de la educación en la gestión de los recursos naturales, menciona que esta suposición no ayuda a diseñar programas efectivos; y que deben incluir, entre otras cosas, una identificación clara de los factores principales que limitan el involucramiento de la gente y su capacidad para incidir en las transformaciones requeridas para el asunto que se quiere abordar.

Por ello, es necesario conocer las formas de pensar de los distintos actores involucrados en la gestión e identificar las discrepancias para lograr el diseño efectivo de programas de educación ambiental (**Benez et al., 2010**).

III. MARCO TEÓRICO

Agua, crisis y contaminación.

El agua del subsuelo es un recurso de difícil manejo debido a su sensibilidad a la contaminación y a la sobreexplotación. Se encuentra ocupando las grietas del suelo y en su recorrido por las rocas, excava y crea cavernas, empapando materiales permeables que constituyen formaciones o niveles a los que se les llama acuíferos (**Silva, 2010**).

Los recursos de aguas subterráneas son sistemas hidrodinámicos recuperándose permanentemente como parte del ciclo hidrológico por ser recargados por agua de precipitación (**Werner, 1996**).

La crisis del agua se vincula con la disminución de la disponibilidad hídrica y con los problemas ambientales asociados al uso del agua; generalmente se relaciona con la reducción de la disponibilidad de agua potable, en calidad y en cantidad adecuadas, que están afrontando diversas zonas del planeta (**Santacruz de León, 2010; Rijsberman y Scott, 2005**).

Uno de los problemas ambientales relacionados a la disminución del recurso hídrico disponible para uso y consumo humano, es la contaminación. El término “contaminación” indica aquella condición de una fuente de agua donde sus componentes físicos, químicos o microbiológicos se encuentran en concentraciones tales que su efecto es tóxico o limitante para la vida de otros organismos (**Velázquez y Pimentel, 2005**).

La contaminación del agua puede originarse a partir de causas naturales, como la alteración física y química de las rocas y minerales en contacto con el agua. También pueden ser de origen antrópico, cuando los compuestos son generados como subproductos de las actividades humanas (**Chávez, 2010**). La exposición directa o indirecta de estos contaminantes en los seres vivos puede ser pauta de daño potencial o puntual en estos.

Los organismos enteropatógenos son responsables de diversas enfermedades en los seres vivos, por lo que su control y erradicación en fuentes de agua superficiales, subterráneas y residuales es de vital importancia.

Los metales pesados que pueden encontrarse en disolución en fuentes de agua superficiales y subterráneas fungen un papel destacado en procesos como la fotosíntesis, respiración y fijación del nitrógeno (**Kroneck, 2005**), sin embargo, en concentraciones excesivas son tóxicos para la biota (**Selinus, 2004**).

El crecimiento poblacional desordenado, la canalización de los drenajes agrícolas, aguas residuales domésticas e industriales sin tratamiento hacia los cuerpos de agua ha generado un fuerte deterioro en la calidad química y microbiológica del agua. En Michoacán se estima que cerca del 70% de las fuentes de agua se han perdido como consecuencia de azolve, sobreexplotación y contaminación (**Aguillón et al., 2005; Sandoval y Ochoa, 2010**).

La gestión y la problemática de la subcuenca del río Duero.

La falta de identificación y atribución de responsabilidades entre los usuarios de agua, la nula o incompleta aplicación de las disposiciones jurídicas de diverso nivel, así como el papel ineficiente y descoordinado de las instituciones pone en riesgo la sustentabilidad de los recursos hídricos en nuestro país (**González et al., 2009**).

Como proceso, en el manejo de cuencas se busca ordenar las acciones que se llevan a cabo en la cuenca superficial o subterránea para alcanzar dos objetivos centrales: lograr el desarrollo social y económico sostenibles en el tiempo, y conservar y/o mejorar la calidad medioambiental de los sistemas ecológicos (**González, 2004**).

La complejidad y dinámica de la gestión del agua, y de su calidad en la cuenca del río Duero obliga a realizar un esfuerzo sistemático y sostenido de la medición de indicadores, de aplicación de medidas correctivas, de evaluaciones y de seguimiento de acciones coordinadas y permanentes entre los sectores (**Pimentel-Equihua et al., 2011; Peña et al., 2012**).

En la cuenca del río Duero se registran actualmente 801 pozos de extracción de agua subterránea, los cuales presentan una superposición entre ellos, ya que hay más de cuatro pozos en un área de 4 km². Esto no es aceptable según el criterio establecido por la Comisión Nacional del Agua en 1993, donde señala que la distancia entre pozos debe ser mayor a 400 m (**Comisión Nacional del Agua-Instituto Politécnico Nacional, 2008**). Este hecho es muy evidente en las regiones centrales de la cuenca, correspondiente a los valles de Guadalupe y Zamora, donde se pueden encontrar agrupados hasta 20 pozos en 4 kilómetros cuadrados, acelerando la sobreexplotación del acuífero.

Por estas razones es que resulta necesario continuar expandiendo las capacidades del sistema para implementar la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH); lo que implica un proceso de modernización y desarrollo institucional orientado hacia la construcción de una gobernanza más participativa, corresponsable y democrática; el desarrollo institucional de los consejos de cuenca y sus órganos auxiliares como instancias deliberativas descentralizadas; y la continuación de los trabajos de coordinación interinstitucional para establecer a la política hídrica como una política trasversal (**Valencia et al., 2009**).

Autogestión en recursos hídricos.

De acuerdo con la definición de **Toledo (2005)**, entendemos el “saber local” como una gama de conocimientos de carácter empírico transmitidos oralmente, propios de las formas no industriales de apropiación de la naturaleza.

La importancia del saber local radica en que reproducen prácticas que no solamente conllevan a cuestiones relacionadas con el manejo del agua, sino que en ellos se contienen valores y experiencias fundamentales que sientan las bases y aportan pautas para una gestión probablemente más sustentable del vital líquido (**Sandoval y Günther, 2015**).

Se entiende la autogestión como un proceso de transformación de la realidad a partir de decisiones, acciones, capacidades y recursos de los propios actores

interesados en los cambios para el logro de sus objetivos valorados desde referentes propios (**Castro y Lacabana, 2005**).

Se asocia la autogestión del agua a la gestión social y a la gestión comunitaria (**Guzmán, 2009**), debido a que este enfoque permite una perspectiva de análisis más acorde con la realidad de las comunidades estudiadas, en contraste con la acumulación de capital de las instituciones (**Leff, 2005**).

La legitimidad de la autoridad en un sistema de autogestión enumera ocho principios (**Ostrom, 1999**), que considera estar presentes en las instituciones para el manejo de recursos o usos comunes. Principios que, al tiempo que garantizan la permanencia del recurso utilizado también revisten de legitimidad y dotan de autoridad a los encargados de administrar la institución, estos principios son:

Establecer límites claramente definidos; Congruencia entre las reglas de apropiación y de provisión y las condiciones locales; Acuerdos de acción colectiva; Supervisión; Sanciones graduales; Mecanismos de solución de conflictos; Reconocimiento mínimo de los derechos de la organización; Actividades complementarias (Ostrom, 1999).

Ostrom (1999) también identifica ocho amenazas potenciales para el funcionamiento de este tipo de instituciones:

Pensar según esquemas preconcebidos; Confianza excesiva en las reglas simples de votación; Cambios externos bruscos; Deficiencias en la transmisión intergeneracional de las reglas; Dependencia frecuente de la ayuda externa; Ayuda internacional que no toma en cuenta las instituciones y los conocimientos locales; Corrupción y otras formas de comportamiento oportunista; Carencia de instituciones de apoyo (Ostrom, 1999).

Es por ello por lo que, las comunidades de autogestión de recursos representan un inmejorable punto de partida para encontrar algunas de las explicaciones que ayuden a comprender la situación actual de la relación comunidades rurales-agua-organismos operadores (**Galindo y Palerm, 2007**).

IV. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

1. Municipio de Zamora y sitios de estudio.

La ciudad de Zamora se localiza al noroeste del estado de Michoacán, entre los paralelos 19°56' y 20°07' de latitud norte; los meridianos 102°07' y 102°25' de longitud oeste; altitud entre 1 600 y 2 400 m. Limita al norte con los municipios de Ixtlán y Ecuandureo; al este con Ecuandureo, Tlazazalca y Tangancícuaro; al sur con Tangancícuaro y Jacona; al oeste con Jacona, Tangamandapio, Chavinda e Ixtlán. Ocupa el 0.57% de la superficie del Estado. Cuenta con 166 localidades y una población total de 186 102 habitantes (**INEGI, 2010**). Para el área de estudio del presente trabajo (**Figura 1**), se eligió comunidades rurales del municipio de Zamora, con las características geográficas y poblacionales (**INEGI, 2010**) que se describen en la **Tabla 2**.

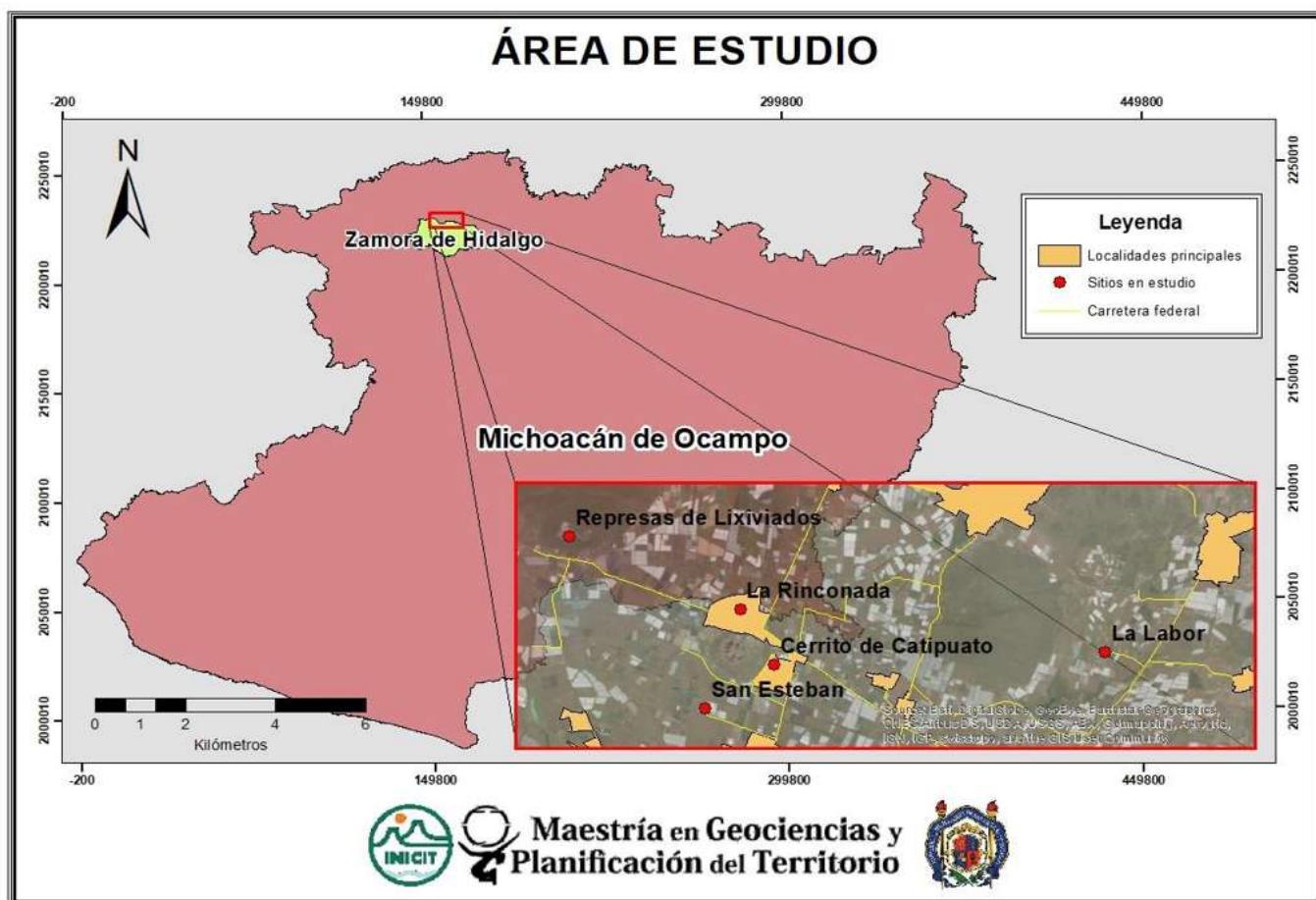


Figura 1. Área de estudio.

Tabla 2. Ubicación de localidades en estudio.

Localidad	Latitud	Longitud	Altitud	Número de habitantes
	N	O	(msnm)	
La Rinconada	20° 2' 36.90"	102°17' 20.51"	1 585	4 155
Cerrito de Catipuato	20° 1' 59.15"	102°16' 54.19"	1 577	533
San Esteban	20° 1' 23.96"	102°17' 47.90"	1 564	264
La Labor	20° 2' 10.85"	102°12' 41.31"	1 586	149

A. FISIOGRAFÍA.

La zona de estudio pertenece a la provincia del Eje Neovolcánico, y a su vez a la Subprovincia de Sierras y Bajíos Michoacanos. El Sistema de topoformas para los sitios de estudio se distribuye de la siguiente manera (**INEGI, 2010**):

1. Llanura aluvial: Comunidades de La Labor, San Esteban, Cerrito de Catipuato y La Rinconada.
2. Sierra volcánica de laderas tendidas con lomerío: Lagunas de lixiviados del relleno sanitario municipal.

B. GEOLOGÍA.

El periodo al que pertenece el origen geológico del municipio se remonta en mayor proporción (49.05%) al Plioceno-Cuaternario, seguido del Cuaternario (41.08%) y aún se tienen registros del Neógeno (1.38%).

Los cerros circundantes (La Beata, La Beatilla, La Mina, La Ceja, El Convento, Tacari, Grande, La Gloria, y El Encinal), son conformados por rocas ígneas extrusivas de composición basáltica, que se encuentran aflorando. Hay un pequeño porcentaje de rocas sedimentarias compuestas de limolitas-areniscas (1.38%), y el resto corresponde a suelos de tipos Aluvial (**INEGI, 2010**), coincidiendo con las zonas donde se desarrollan actividades agrícolas. En el Cerrito de Catipuato se ubica un banco material constituido de Brechas Volcánicas (**Figura 2**).

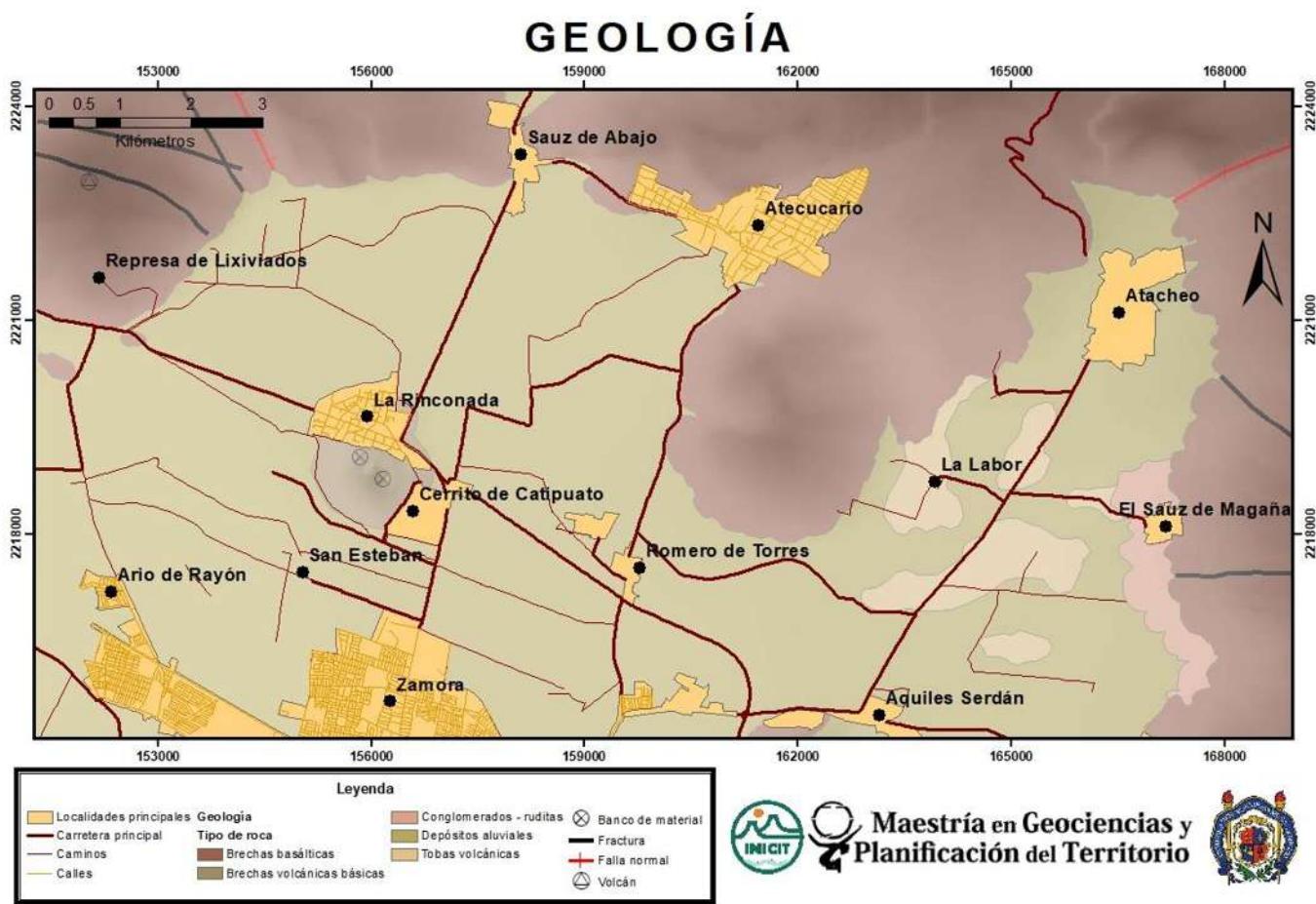


Figura 2. Geología.

C. EDAFOLOGÍA.

Zamora se encuentra en un valle, donde la agricultura es la principal actividad económica, la cual ha sido notablemente productiva por poseer suelos altamente ricos en nutrientes y con buena retención de agua.

El Vertisol es el principal tipo de suelo, generalmente de color negro, que ocasionan agrietamientos de moderados a intensos en época de secas. Son suelos de climas templados y cálidos, especialmente de zonas con una marcada estación seca y otra lluviosa. La vegetación natural va de selvas bajas a pastizales y matorrales. Se caracterizan por su estructura masiva y su alto contenido de arcillas expansivas (montmorillonitas), la cual es expandible en húmedo formando superficies de deslizamiento llamadas facetas. Por ser colapsables en seco pueden formar grietas en la superficie o a determinada profundidad (**INEGI, 2004**).

El segundo suelo dominante es el Phaeozem, es de profundidad muy variable y de color superficial pardo a negro, fértiles en magnesio, potasio, sin carbonatos en el subsuelo. Son suelos que se pueden presentar en cualquier tipo de relieve y clima, excepto en regiones tropicales lluviosas o zonas muy desérticas. Es el cuarto tipo de suelo más abundante en el país. Se caracteriza por tener una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes. Los Phaeozem son de profundidad muy variable. Cuando son profundos se encuentran generalmente en terrenos planos y se utilizan para la agricultura de riego o temporal, de granos, legumbres u hortalizas, con rendimientos altos. Los Feozems menos profundos, situados en laderas o pendientes, presentan como principal limitante la roca o alguna cementación muy fuerte en el suelo, tienen rendimientos más bajos y se erosionan con más facilidad, sin embargo, pueden utilizarse para el pastoreo o la ganadería con resultados aceptables. El uso óptimo de estos suelos depende en muchas ocasiones de otras características del terreno y sobre todo de la disponibilidad de agua para riego. (**INEGI, 2004**).

El Litosol es típico de afloramientos rocosos, de reciente origen. Los litosoles son comunes en toda América Central y México (**FAO-UNESCO, 1976**). Literalmente, suelo de piedra. Son los suelos más abundantes del país pues ocupan 22 de cada 100 hectáreas de suelo. Se encuentran en todos los climas y con muy diversos tipos de vegetación, en todas las sierras de México, barrancas, lomeríos y en algunos terrenos planos. Se caracterizan por su profundidad menor de 10 centímetros, limitada por la presencia de roca, tepetate o caliche. Su fertilidad natural y la susceptibilidad a la erosión es muy variable dependiendo de otros factores ambientales. El uso de estos suelos depende principalmente de la vegetación que los cubre. Cuando hay matorrales o pastizales se puede llevar a cabo un pastoreo más o menos limitado y en algunos casos se destinan a la agricultura, en especial al cultivo de maíz o el nopal, condicionado a la presencia de suficiente agua (**INEGI, 2004**).

Hay áreas de tipo Antrosol, atribuido a las zonas urbanas. Son suelos con características prominentes que resultan de la actividad humana. El material

parental es virtualmente cualquier material de suelo, modificado por cultivo o adición de materiales continuo y prolongado. Se encuentran en muchas regiones donde la gente ha practicado la agricultura por largo tiempo, la influencia de humanos normalmente está restringida a los horizontes superficiales; la diferenciación de horizontes de un suelo enterrado puede aún estar intacta a cierta profundidad (**WRB, 2007**).

El mapa de suelos se puede apreciar en la **Figura 3**

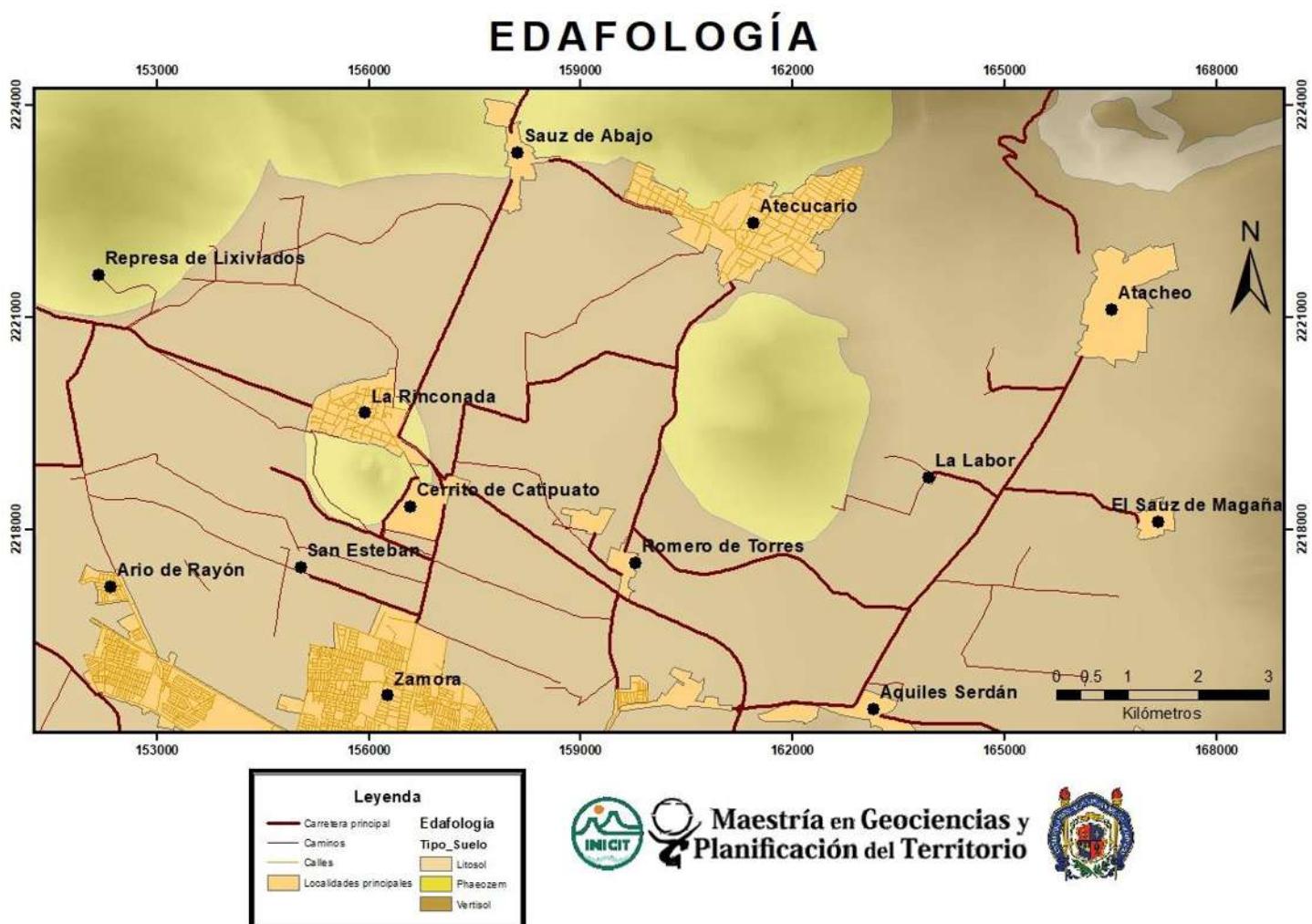


Figura 3. Edafología.

D. HIDROLOGÍA.

El área de estudio pertenece a la Región Hidrológica número 12 “Lerma-Santiago”, y a la región Hidrológico-Administrativa número VII “Lerma-Santiago-Pacífico”; y forma parte de la cuenca R. Lerma-Chapala en su totalidad. Se encuentra delimitada por las siguientes regiones y cuencas hidrológicas: al Norte y al Oeste por la cuenca Río Lerma, al Sur por la Región Hidrológica número 18 Balsas y, al Este por la cuenca Río Angulo (**H. Ayuntamiento de Zamora, 2008**). La subcuenca (**Figura 4**) a la que pertenece es la del Rio Duero (**INEGI, 2015**).

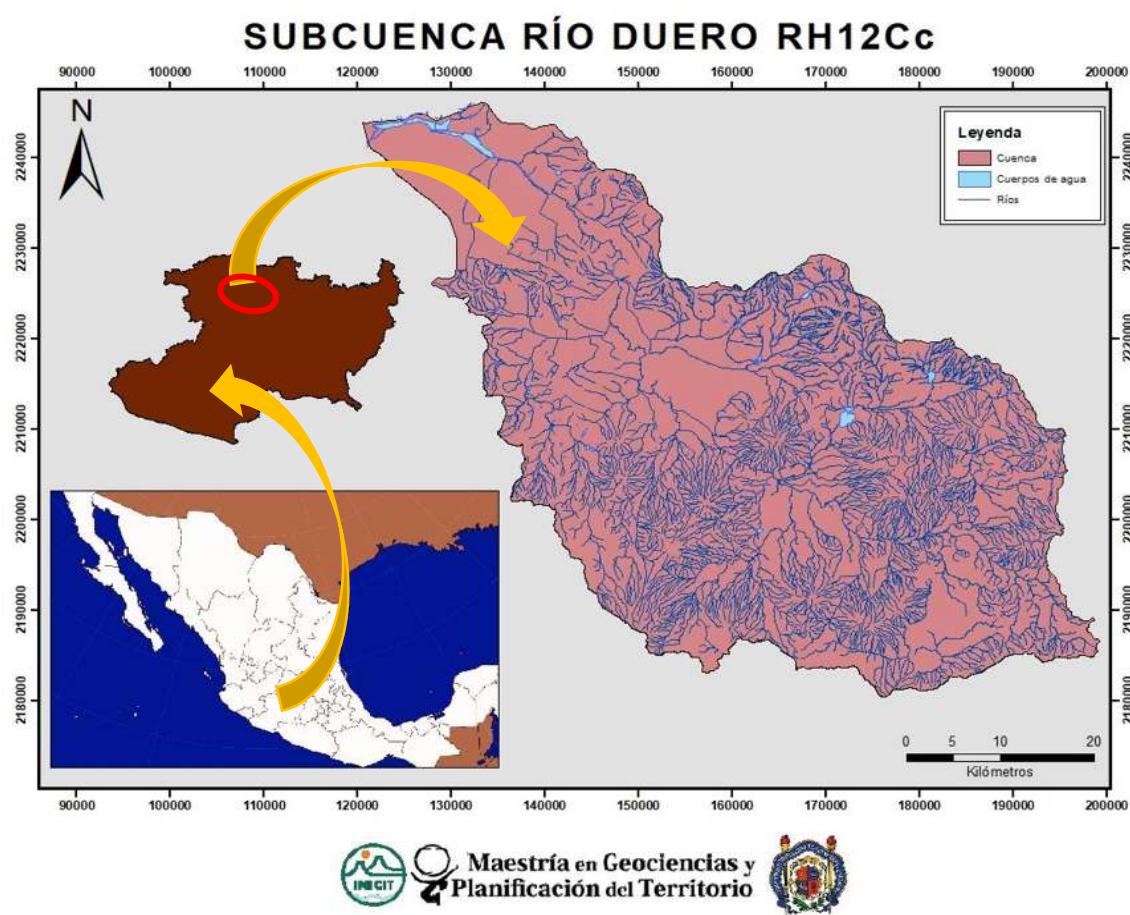


Figura 4. Subcuenca río Duero.

a) Presas.

En el municipio de Zamora hay un sistema de presas que contienen y regulan las corrientes fluviales, la de mayor importancia es la Presa de Álvarez, presente en el área de estudio, con capacidad nominal de 3'000,000 de m³, y los bordos de El

Potrero, El Colorín, El Cazahuate y El Lindero, con una capacidad en conjunto de 7'000,000 de m³ (**SEDATU- H. Ayuntamiento de Zamora- Grupo Edificador INCA SA de CV, 2013**).

b) Aguas superficiales.

Cruza el valle de Zamora una red de distribución de aguas superficiales de 274 km de longitud; 137.8 km de canales principales y 136.2 km de canales secundarios; 1,157 estructuras de control y manejo de agua. Un sistema de drenes de 234.40 km, 85% de ellos principales, 15% secundarios y, una red de caminos para dar mantenimiento a las estructuras y redes de 429.7 km de longitud.

La información reportada por **INEGI (2010)** respecto a la hidrografía superficial, señala en la zona un coeficiente de escurrimiento entre el 10 y 20%, presente en prácticamente la totalidad de esta extensión. Destaca en la zona la presencia de canales utilizados para el riego, cuyas secciones y caudales varían, los que se pueden destacar son (**Figura 5**) Blanco, Celio, El Patullo, El Convento, Hondo, La Barranca, Larreño, La Ceja, Vallado del Rey y Prieto.

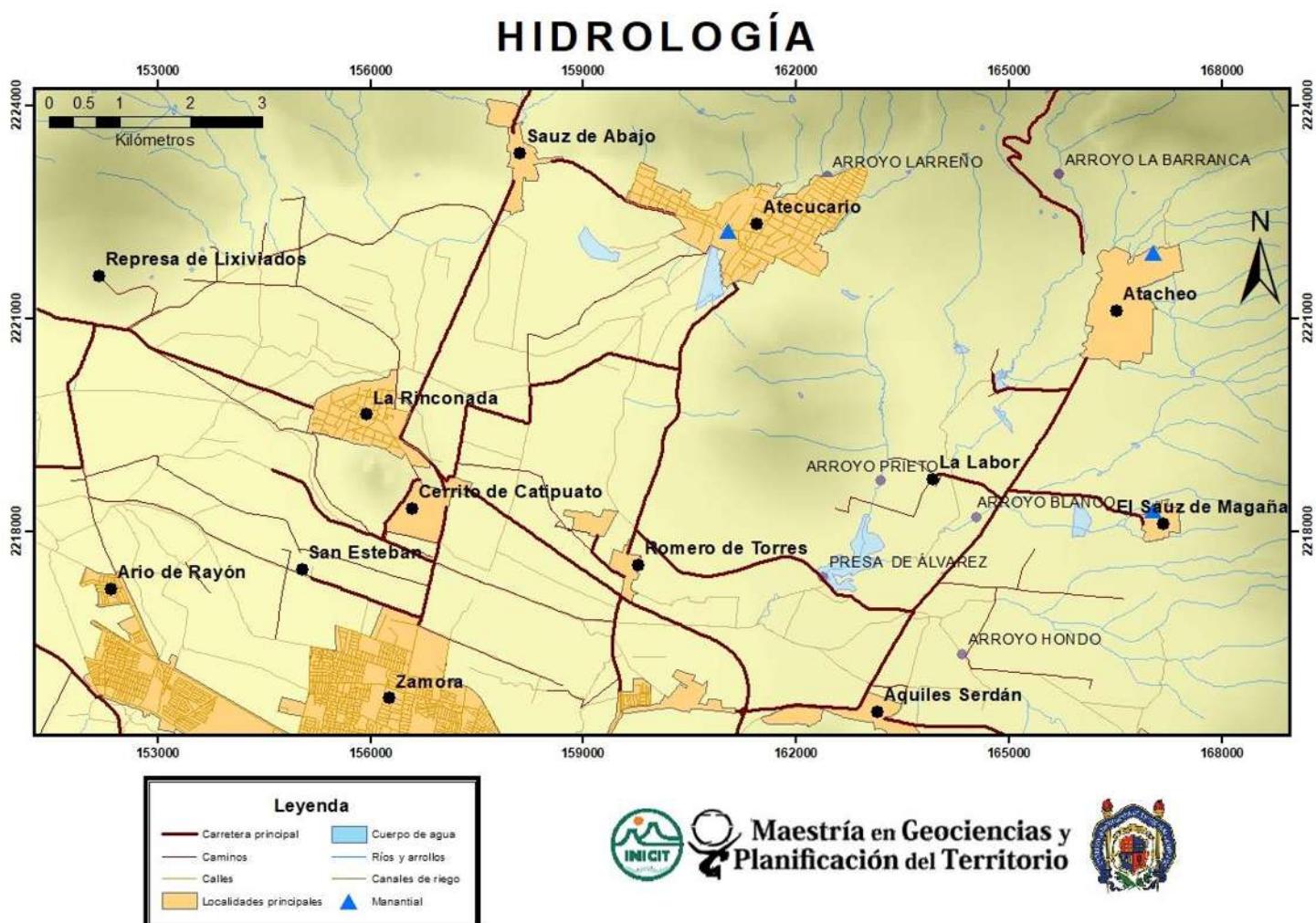


Figura 5. Principales cuerpos y corrientes de agua presentes.

E. GEOHIDROLOGÍA

Localización del acuífero

En el documento *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Zamora (1608) Estado de Michoacán*, publicado en el **DOF (2015)**, se hace la siguiente descripción detallada del acuífero presente en la zona de estudio:

La zona geohidrológica denominada “Zamora”, se encuentra ubicada en la porción nororiental del Estado de Michoacán. Colinda al norte con los poblados La Luz, Ixtlán de los Hervores, Colesio, Ecuandureo y Churintzio; y al sur con Charapan, Nurio, Paracho de Verduzco, Cheranzicurin y Cherán; al este con

Aguanato, Cauro de Guadalupe y Eréndira; y al oeste con Ciénega de Chapala, Pajacurán, Cerrito Colorado, San Antonio Guaracha y Aquiles Serdán.

Tiene una extensión superficial de 2 400 km² y ocupa las porciones alta y media de la subcuenca del Río Duero.

De acuerdo con el registro Público de Derechos de Agua (REPDA), con fecha al 30 de junio de 2014, se tiene la siguiente información correspondiente al acuífero de la zona de estudio:

Tabla 3. Datos generales del acuífero Zamora (1608).

DXXII REGIÓN HIDROLÓGICO-ADMINISTRATIVA “LERMA-SANTIAGO-PACÍFICO”	
(Cifras en millones de metros cúbicos anuales)	
Clave	1608
Acuífero	ZAMORA
Recarga media anual	308.5
Descarga natural comprometida	180.2
Vol. concesionado de agua subterránea	137.058019
Vol. extracción de agua subterránea consignado en estudios técnicos	107.1
Disponibilidad media anual de agua subterránea	0
Déficit	-8.734019

Dentro de la zona de estudio se encuentra el Distrito de Riego 061 Zamora el cual se compone de cuatro módulos de usuarios.

Usuarios mayores del agua subterránea.

El volumen anual concesionado según los registros del balance hídrico de este acuífero, a diciembre de 1999 es de 107 144 mm³, siendo los principales usuarios para uso agrícola, los diversos productores del valle de Zamora; dentro del uso público urbano los principales usuarios son: los organismos operadores de los diversos municipios que forman parte del acuífero; dentro del uso industrial están principalmente las empacadoras de frutas; en el uso de servicios se encuentran

como principales usuarios los hospitales del IMSS, diversas empacadoras y gasolineras.

Geomorfología.

La zona en estudio está ubicada en la provincia geológica de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM), que constituye una franja volcánica que cruza transversalmente la República Mexicana a la altura del paralelo 20°, con una orientación este-oeste.

Entre las principales características de esta “provincia”, está el alineamiento sensiblemente este-oeste que presentan cuencas estructurales o fosas tectónicas que ocurren en ella y de ahí toma nombre, tales como la de los lagos de Chapala, Cuitzeo y Yuriria, y valles como los del Bajío, Queréndaro, Ciénega de Chapala y Zamora entre otros, que corresponden a antiguas áreas lacustres. Otra de las características de esta provincia es la de estar constituida por una gran variedad de rocas y aparatos volcánicos, donde son abundantes los derrames y productos piroclásticos de composición basáltica y andesítica, aunque existen numerosas unidades dacíticas, riocacíticas y manifestaciones locales aisladas de vulcanismo riolítico. La predominancia de las dos etapas geomórficas a nivel regional se refleja fielmente a nivel local en el área estudiada, en donde los valles de Guadalupe, Zamora y Chavinda, exhiben una etapa geomórfica de madurez temprana; las áreas que los bordean presentan las etapas de juventud temprana y tardía, acentuada la primera de ellas en las porciones sur y oriente, en donde en esta última existen algunos valles construccionales como los de Tlazazalca y Purépero.

Describiendo el área en forma particular, se tiene lo siguiente:

El desnivel se lleva a cabo en sentido SE-NO, al igual que la dirección del río Duero, corriente principal del área; los valles existentes se presentan escalonados, teniendo el escalonamiento una dirección NE-SO.

En la porción oriente y nororiente del área, al sur del poblado de Purépero, se localiza el valle de Ichán, el cual, junto con los ubicados al sur de Carapan, son de tipo construccional, formados al ser rellenadas las depresiones por materiales

volcánicos del Cuaternario, y observan alturas medias entre 2 000 y 2 200 m. Al poniente de los mismos valles se ubican, mencionándolos de sur a norte, la barranca de los “Once Pueblos”, labrada por el río Chilchota, en materiales volcánicos del Cuaternario. En esta parte el sentido del río es E-O y al cambiar de rumbo sale de la barranca y entra a una amplia planicie, denominada Valle de Guadalupe por su margen derecha y Valle de Tangancícuaro por la izquierda. Ambos valles presentan altitudes entre 1 650 y 1 800 m.

El valle de Guadalupe tiene una cabecera en la presa Urepetiro, que regula las avenidas del río Tlazazalca el cual, antes de entrar al vaso, cruza un estrecho valle de igual nombre, labrado en basaltos del Terciario Superior. El río Tlazazalca después de atravesar el valle de Guadalupe, se une al Chilchota al norte del poblado de Tangancícuaro y forman el Duero, que escurre por la barranca del Platanal, formada por rocas del Terciario Superior y entra al valle de Zamora por su extremo suroriente.

El valle de Zamora, con altitudes entre 1 530 y 1 600 m es el de mayor amplitud y está desarrollado en una antigua cuenca lacustre, cuyos depósitos presentan espesores mayores a unos 300 m.

El paisaje semiplano del valle de Zamora es interrumpido por algunos conos cineríticos, que sobresalen del piso del valle, el cual termina en un estrechamiento localizado a la altura del poblado de La Estanzuela, en donde el río Duero se abre paso a través de coladas basálticas. Pasando el estrechamiento, el río entra a la denominada Ciénega de Chapala.

Las principales elevaciones de la cuenca se localizan en las porciones sur y oriente, en donde alcanzan alturas hasta de 2 500 m, como en el caso del cerro Patamban, ubicado en el límite S-SO, siendo las alturas de los restantes cerros entre 2 800 y 3 000 m. Además, dichas elevaciones presentan fuertes pendientes y formas arredondeadas, coronadas por un crestón correspondiente al tapón del conducto volcánico.

El Cerrito de Catipuato constituye una importante área de recarga de los mantos freáticos, y no se localizan asentamientos humanos con riesgo de inundación (**Secretaría de Gobierno del Estado de Michoacán, 2014**).

F. CLIMA.

La temperatura media oscila entre los 20°C, con una mínima de 12.2°C y una máxima de 29.1°C. La precipitación media anual es de 826.7 mm (**CONAGUA, 2016**). Predomina el clima templado semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad, presente en las comunidades de San Esteban, Cerrito de Catipuato y La Rinconada; seguido de semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media, presente en la comunidad de La Labor (**INEGI, 2016**).

G. USO DE SUELO Y VEGETACIÓN.

Debido a los depósitos aluviales, en el 50.39% del área del municipio de Zamora, el uso de suelo es para agricultura de riego y de temporal. El cultivo de riego aprovecha los canales y ríos que pasan por el municipio, cultivando las parcelas en repetidas ocasiones con: fresa, maíz, sorgo, frijol, trigo, cebolla, papa, chile, tomate verde, jitomate, brócoli, coliflor, col, entre otros, lo que propicia que haya fuentes de ingreso para la población (**SEDATU- H. Ayuntamiento de Zamora- Grupo Edificador INCA SA de CV, 2013**).

Respecto a la vegetación (**Figura 6**), predomina la Selva caducifolia, cuyas principales especies representadas son las burseras, guamúchiles, tepehuajes, acacias y otras leguminosas.



Figura 6. Uso de suelo y vegetación.

También se encuentran pastizales pertenecientes a los géneros: *Poaceae*, *Asteraceae*, y *Cyperaceae*, los cuales están embebidos en algunos lugares dentro de la selva baja, o combinándose con matorral subtropical, el cual se caracteriza por tener estratos herbáceos, arbustivos y arbóreos. El estrato más importante es el arbustivo, con alturas máximas de crecimiento de 4 m y representados por especies de los géneros: *Acacia*, *Opuntia*, *Fouquieria*, *Prosopis* y *Mimosa*.

Las zonas urbanas están creciendo sobre llanuras aluviales, en áreas donde originalmente había suelos *Vertisol* y *Phaeozem*, y están creciendo sobre terrenos previamente ocupados por agricultura y selvas (**INEGI, 2010**).

V. METODOLOGÍA

Las comunidades rurales en esta investigación han sido seleccionadas bajo el criterio de encontrarse fuera del régimen de gestión de aguas municipales que administra el Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de Zamora (SAPAZ). La metodología del proyecto se dividió en cuatro etapas de trabajo, que fusionan investigación documental, trabajo en campo y laboratorio (**Figura 7**).

a) Primera etapa.

Consiste en la revisión documental exhaustiva de información referente a cada una de las comunidades en estudio, para ello se consultaron diversas fuentes federales, institucionales, estatales, municipales y acervo comunitario. Esta información permitió tener los antecedentes necesarios y conocer a fondo las diferentes problemáticas que han enfrentado los pobladores, así como los recursos de los que se puede valer para poder proponer soluciones.

Dicha consulta permitió elaborar mapas de la zona de estudio, y en ellos se identificaron las distintas fuentes de abastecimiento de agua, tanto superficiales como subterráneas. Para el análisis de los recursos presentes y la elaboración de mapas se utilizó un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Esta información fue validada en campo para asegurar la veracidad y actualización de la información y, de este modo, tener certeza del material generado.

b) Segunda etapa.

Con base en los mapas previamente generados y visitas de campo, se realizó un diagnóstico de las fuentes de abastecimiento superficiales y subterráneas de las comunidades, con la finalidad de conocer el estado actual de cada una de ellas. Para ello, se midió la calidad de agua en las mismas.

El análisis químico, fisicoquímico y microbiológico de las fuentes de agua, permitió establecer un diagnóstico inicial, comparar los resultados obtenidos con las

normas de calidad de agua establecidas y, fijar estrategias que permitan resolver las problemáticas de cada una de las comunidades.

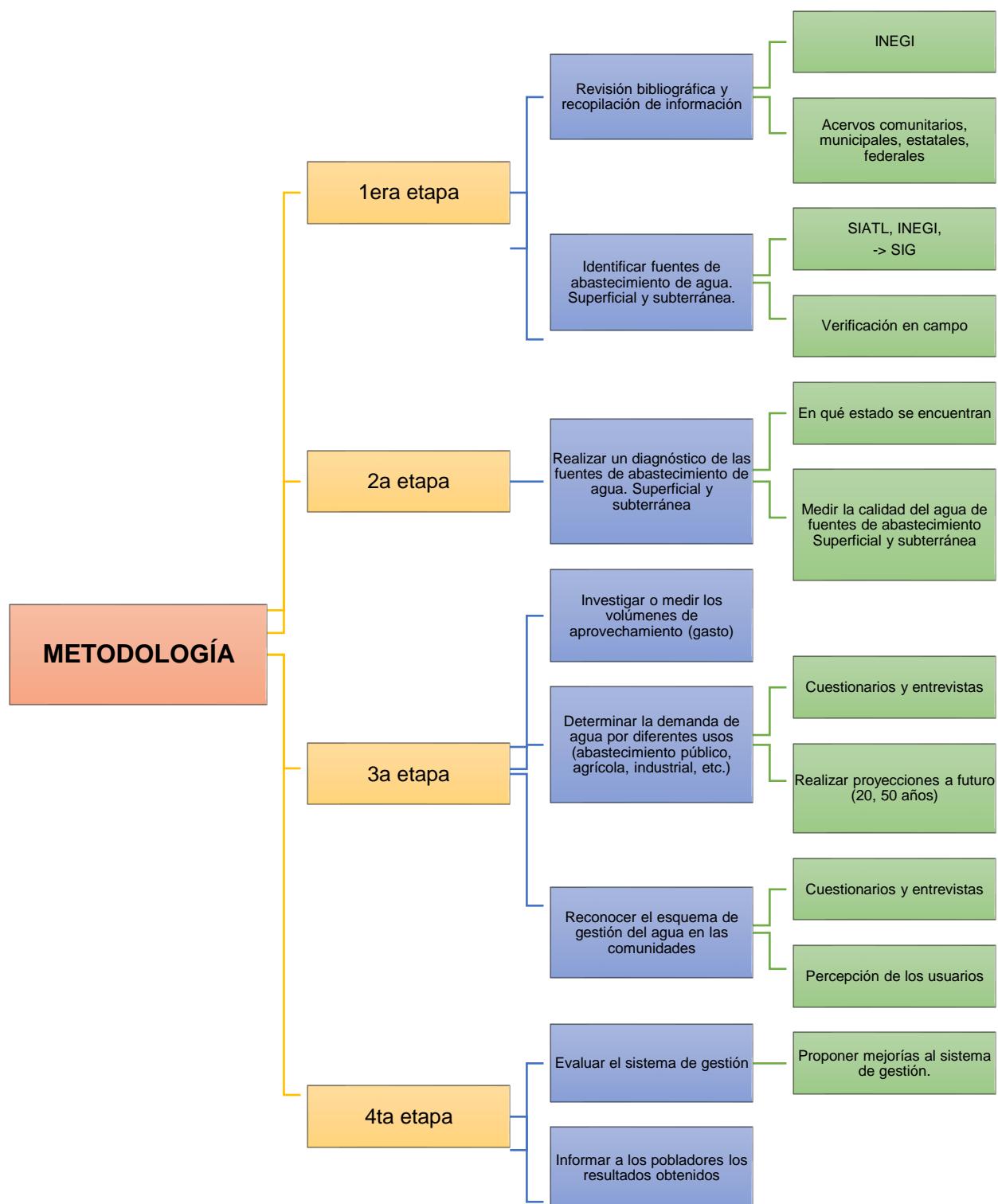


Figura 7. Esquema de la metodología.

c) Tercera etapa.

Posteriormente, se midieron los volúmenes (gasto) de aprovechamiento de agua de cada una de las fuentes de abastecimiento, con el propósito de generar un registro de estos y poder compararlos con la demanda de agua de los pobladores para cada uno de los usos de la comunidad (agrícola, doméstico, comercial, ganadería o crianza, etc.).

También, se realizaron encuestas a los habitantes, así como entrevistas a los encargados del orden o jefes comunales. Se indagó la percepción que tienen los usuarios de la disponibilidad y problemática del agua en sus comunidades. Esto permitió conocer el sistema de gestión que tienen dentro de la comunidad, así como la frecuencia de suministro, operación de los pozos, formas de pago, multas, problemas técnicos, etc.

Con los resultados anteriores, se elaboraron gráficos de proyecciones a futuro, a plazos de 20 y 50 años, que permitirán tener un panorama amplio de lo que será la demanda futura del vital líquido, denotando la importancia de su adecuada gestión para no ver vulnerada su disponibilidad en las décadas venideras.

d) Cuarta etapa.

Con base en los resultados obtenidos en la fase previa, se procedió a hacer una evaluación del sistema de gestión de cada uno de los sitios.

1. Metodología para la elaboración de mapas

Para la elaboración de la cartografía del sitio de estudio, se descargaron los mapas necesarios de diversos servidores, incluidos INEGI y la base de imágenes de World Imagery, de ArcGis. Con estos datos, se trabajó en el programa ArcMap 10.3 del software ArcGis 10.3 (ESRI) en la elaboración de los mapas de geología, edafología, uso de suelo y la ubicación espacial de los sitios de estudio.

2. Metodología de campo

a) Visitas técnicas a comunidades y toma de evidencias

Se realizaron visitas de reconocimiento de los sitios clave en las comunidades como cuerpos de agua, pozos de extracción de agua, descargas de aguas residuales, escuelas, consultorios médicos, elementos recreativos, entre otros. Se hicieron recorridos en las comunidades para conocer la ubicación de los depósitos de agua y los sitios de extracción, con la finalidad de hacer un prediagnóstico del estado actual de las instalaciones. Se tomó también evidencia fotográfica de los diferentes elementos de las comunidades (**Figura 8**).





Figura 8. Pozo de extracción y depósito de agua en la comunidad de La Labor (a); Pozo de extracción de agua en la Comunidad de Cerrito de Catipuato (b); Pozo de extracción y depósitos de agua en la comunidad de La Rinconada (c); Pozo de extracción y depósito de agua en la comunidad de San Esteban (d).

b) Diseño y aplicación de entrevistas

Para poder hacer un abordaje apropiado a las comunidades, se hizo un primer acercamiento con las autoridades de cada comunidad (**Figura 9**), se realizaron talleres donde se incluyeron los principales objetivos de la investigación, así como la justificación y principales productos esperados de la misma. Una vez hecha la presentación y resolución de dudas, se acordaron posteriores reuniones para realizar entrevistas con cada uno de los encargados y personas de importancia en la toma de decisiones respecto al agua de cada una de las comunidades y, de esta manera, obtener información que permitiera elaborar el diagnóstico inicial en las comunidades y así conocer los principales aspectos que les han permitido gestionar sus recursos hídricos.



Figura 9. Primer acercamiento con los encargados del orden de las comunidades en estudio.

Cada entrevista se grabó en audio para no perder detalle de la información. En la comunidad de San Esteban se realizó un grupo focal con los miembros de la encargatura del orden y personas del comité de agua con la finalidad de tener mejor cobertura en las respuestas dadas; en Cerrito de Catipuato, La Rinconada y La Labor se hicieron entrevistas de manera individual.

Las preguntas abordadas incluyeron temas como: actividades económicas realizadas, infraestructura en las comunidades y porcentaje de cobertura de los diversos servicios (alumbrado, drenaje, transporte público, servicios médicos, etc.), percepción de la calidad de agua y organización social para resolución de problemas colectivos.

El tema principal fue conocer los pormenores de la forma en que se fundaron los pozos, actores sociales involucrados, causas por las cuales se perforaron pozos, calidad del agua percibida por las personas y, principales problemas a los que se han enfrentado como comunidad.

c) Elaboración de tabla de diagnóstico por comunidad

Derivada de estas reuniones, se elaboró un primer cuadro comparativo cuyo objetivo principal fue hacer comparaciones y semejanzas pertinentes para la elaboración posterior de los cuestionarios que se aplicarían en las comunidades. En este cuadro se puntualizaron cada uno de los aspectos de importancia para el diagnóstico, logrando la compilación de una tabla de diagnóstico de nueve rubros principales: a) Infraestructura dentro de la comunidad, b) Aspectos en torno al agua, c) Infraestructura de relativos al agua, d) Aspectos con relación al pozo de extracción, e) Costos y sanciones, f) Organización social, g) Drenaje, h) Residuos sólidos, e i) Interacción con otras comunidades- municipio- estado. Federación. Algunos de estos datos fueron verificados en campo para asegurarse de la veracidad de estos.

3. Metodología para aplicación de cuestionarios.

a) Elaboración del cuestionario.

Para conocer la opinión y percepción de los pobladores de las comunidades con respecto al recurso hídrico, así como los hábitos y estilo de vida presente en las mismas, se diseñó un cuestionario breve, de aproximadamente 12 min de tiempo de aplicación. Los tópicos abordados en el mismo fueron los siguientes (cuestionario a detalle en **Figura 10**):

- 1) Datos de ubicación de la vivienda, para saber si hay homogeneidad de opiniones con respecto al agua o hay fragmentación por zonas, y así poder determinar posibles causas de servicio deficiente.
- 2) Datos socioeconómicos y de vivienda, para considerar la calidad de vida de las personas en la comunidad y el acceso que tienen a los servicios básicos.
- 3) Agua dentro de la vivienda, saber los hábitos de uso de agua, volúmenes y calidad de la misma percibida por el usuario.
- 4) Suministro de agua, permitió conocer la opinión del usuario referente a los horarios y cantidad de agua que es recibida en su hogar.
- 5) Agua de consumo y problemas de salud detectados; es muy importante conocer qué tipo de agua está bebiendo la población, ya que en una de las comunidades (La Labor), algunas familias acostumbran a beber agua del pozo. Al saber estos parámetros, podemos ver si algunos de los problemas de salud referidos tienen alguna relación con el agua que consumen.
- 6) Aspectos sociales y de organización comunitaria. Este rubro dará información de importancia para conocer el sistema de gestión que llevan a cabo en las comunidades, saber la opinión del servicio prestado por las autoridades comunitarias y, la percepción de la organización que llevan los usuarios para resolver problemas comunes.

Cuestionario Comunidades Norte de Zamora, Mich. Encuestador: _____

Nombre encuestado _____

1. **Datos de ubicación**

a) Domicilio _____ b) Col/Fracc. _____
 c) Manzana ____ d) Lote ____ e) AGEB _____ f) Comunidad _____

2. **Datos estadísticos**

a) Jefe de familia (SI) (NO) b) Lugar de origen _____
 c) Tiempo de residencia _____ d) Ocupación _____
 c) Escolaridad jefe familia (S/E) (Prim) (Sec) (Prep) (Carr-Téc) (Lic) (Pos)
 f) No. Hombres ____ g) No. Mujeres ____ h) Personas dependientes del jefe de familia _____
 j) Además del jefe familiar, ¿cuántas personas perciben ingresos? _____
 k) Ingreso familiar mensual aproximado en \$ (1-2,250) (2,251-3,500) (3,501-4,500) (4,501-6,500)
 (6,501-8,500) (8,501-10,000) (>10,000)

3. **Datos de vivienda**

a) Agua entubada dentro de casa (SI) (NO) b) Drenaje entubado dentro de la casa (SI) (NO)
 c) Tipo de piso _____ d) No. de autos/camionetas _____
 c) No. habitaciones (no baños, cocina o pasillos) _____ f) Estufa de gas (SI) (NO)
 g) No. de Focos (1-5) (6-10) (11-15) (16 o +) h) Jardín o huerto de traspatio (SI) (NO)
 i) Animales domésticos/granja (SI) (NO) j) ¿Cuáles? _____
 k) No. de baños _____ l) Regaderas funcionales (SI) (NO)
 m) Lavadora (SI) (NO) n) Mangueras para riego (SI) (NO)

4. **Aqua dentro de la vivienda**

a) Cisterna, depósito o tinaco (SI) (NO) b) Volumen de la cisterna _____
 c) Material de la cisterna/tinaco _____ d) Hermeticidad (SI) (NO)
 e) Mantenimiento (SI) (NO) f) Tambores, pilas o aljibes (SI) (NO) g) ¿Cuántos? _____
 h) Volumen de contenedores _____ i) Hermeticidad (SI) (NO)
 j) Tipo de uso (Diario) (1/semana) (1/quincena) (1/mes) (Otro) k) Mantenimiento (SI) (NO)
 l) Filtros en tinacos o tarjas (SI) (NO) m) Fugas detectadas (SI) (NO) n) Manejo de fugas (SI) (NO)
 o) Reúso de agua (SI) (NO) p) Tipo de reúso _____
 q) Costo mensual del agua \$ _____ r) ¿Le parece adecuado el costo? (SI) (NO)
 s) ¿Por qué? _____

5. **Aqua de consumo**

i) Habitantes por edad (INEGI)

0 a 14 años
15 a 24 años
25 a 54 años
55 a 64 años
65 y más
Total

 t) Percibe olor, color o sabor en el agua? (SI) (NO)
 u) ¿Cuál? _____
 v) ¿De qué calidad califica el agua que consume? (Pésimo) (Malo) (Regular) (Aceptable) (Buena) (Excelente)
 w) ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar mensualmente? (10-20) (21-30) (31-40) (41-50) (51-70)
 x) ¿Por qué? _____ (70-100) (100 o +)

6. **Problemas de salud relacionados con agua**

() Alteraciones cutáneas () Pérdida inusual de cabello
 () Olor perceptible en la piel, cabello o ropa () Infecciones recurrentes en ojos
 () Infecciones estomacales recurrentes () Parásitos intestinales

7. **Suministro agua**

a) Horario de suministro (Pésimo) (Malo) (Regular) (Bueno) (Excelente)
 b) Cantidad de suministro (Insuficiente) (Medianamente suficiente) (Suficiente)
 c) Sanciones por incumplimiento de pago (Inadecuadas) (Adecuadas) (Pueden mejorar)**
 d) ** ¿Córrido? _____

8. **Aspectos sociales y de organización comunitaria**

a) Opinión del comité de agua? (o encargado del orden) (P) (M) (R) (B) (E)
 b) ¿Es necesario tener un comité o encargado del agua? (SI) (NO)
 c) ¿Por qué? _____
 d) Como habitante de la comunidad, le gustaría ceder su pozo de agua al SAPAZ? (SI) (NO)
 e) ¿Por qué? _____
 f) Opinión acerca de cómo se organizan para resolver problemas de agua (P) (M) (R) (B) (E)

Figura 10. Cuestionario para conocer la percepción y condiciones de vida de los usuarios de agua en comunidades rurales.

b) Aplicación de cuestionarios en las comunidades

Para la aplicación de cuestionarios se empleó parte de la metodología de SONDEO (**Michael, 2012**):

Es un método rápido de reconocimiento o evaluación rápida de aprendizaje sobre las situaciones, experiencias, problemas y perspectivas de las personas locales, directamente de las propias personas. Genera ideas e información raramente obtenida en una encuesta formal en un período relativamente corto de tiempo. Se utiliza para obtener más información sobre un hogar, comunidad, población u organización.

Para los propósitos de la investigación cualitativa (conocer la dinámica de las comunidades y elaborar un diagnóstico del hallazgo), el método de sondeo resultó un método eficiente con visibles ventajas, puesto que permitió acceder a información detallada que, por un método estadístico, sería difícil conocer (**Tabla 4**).

Tabla 4. Fortalezas y limitaciones del método de sondeo.

FORTALEZAS	LIMITACIONES
Puede proporcionar una comprensión profunda de la situación o problema específico	No se puede generalizar a población grande
Tiene capacidad para diversos orígenes y experiencias (enfoque de equipo)	No involucra una muestra aleatoria
"Bottomup" o micro perspectiva	No es adecuado para el análisis estadístico
Puede disminuir el sesgo individual	Requiere un buen liderazgo, organización y orientación del equipo
Recuperación rápida de datos	No se pueden generar todas las respuestas
Aplicación de audiencia intercultural / de bajos ingresos	Puede no ser posible identificar ciertos hallazgos con entrevistados / grupos específicos
Puede ser rentable	Si no está enfocado, puede no proporcionar ideas necesarias
Facilita una amplia participación y comunicación	No se puede asegurar que todas las perspectivas y situaciones se reflejan

Cualitativo (riqueza de datos)	No puede garantizar un trato igualitario a todos los encuestados (pero ayuda al equipo)
Construye la relación entre profesionales y la gente local	No puede garantizar la confidencialidad, Depende de la ética de los miembros del equipo
Puede fortalecer vínculos organizacionales y de clientes	Los procesos de recopilación y análisis de datos de los grupos requieren un compromiso de tiempo del equipo total
Puede fomentar una fuerte apropiación de la comunidad si, desde el principio, se alienta a los grupos locales a asumir la mayor responsabilidad en el diseño, la implementación, el análisis y la presentación de los hallazgos	El análisis cualitativo de datos es difícil para las personas capacitadas en análisis cuantitativo
La recopilación y análisis de datos no se deja a una sola persona	Puede frustrar a los investigadores cuantitativos en que los datos pueden parecer carecer de precisión y previsibilidad
Sondeos enfocados se pueden utilizar como seguimientos	Si se aplican descuidadamente, pueden fallar en desarrollar una relación con la comunidad local, dejando la impresión de que los entrevistados estaban simplemente siendo "usados"

Se seleccionaron personas al azar, rescatando la opinión de mujeres, personas de la tercera edad y jóvenes, principalmente. Respecto a la distribución espacial se procuró cubrir todas las manzanas de la comunidad, ayudados con mapas interactivos del INEGI.

La cantidad de cuestionarios realizados se determinó acorde a: 1) Número de habitantes de la comunidad, 2) Calidad de respuesta de las personas entrevistadas e, 3) Identificación de cobertura de información objetivo de la investigación. Por lo que, para cada una de las comunidades, la relación de cuestionarios aplicados fue la siguiente:

Tabla 5. Relación de cuestionarios aplicados por comunidad.

Comunidad	Número de habitantes 2012 (INEGI)	Cantidad de cuestionarios aplicados
La Labor	149	15
San Esteban	264	23
Cerrito de Catipuato	533	51
La Rinconada	4 155	51

4. Metodología para muestreo de agua

Los muestreos de agua para realizar los análisis químicos, fisicoquímicos y bacteriológicos fueron llevados a cabo el día 20 de noviembre de 2017, en cada una de las comunidades en estudio.

a) Materiales para muestreo y parámetros de campo

Los materiales utilizados para llevar a cabo el muestreo (**Figura 11**), fueron preparados con anticipación: se calibraron equipos, etiquetado y empaquetado de bidones y frascos, se prepararon los insumos necesarios para agilizar en lo posible el proceso de muestreo en campo.

Una vez en campo, se realizaron mediciones puntuales de los parámetros fisicoquímicos correspondientes a cada tipo de muestra (residual, de pozo o lixiviados). A continuación, se muestran los principales parámetros tomados en campo para cada una de las muestras.

- | | |
|-------------------|------------------------------|
| 1. No. de muestra | 8. Conductividad Eléctrica |
| 2. Sitio | 9. Oxígeno disuelto |
| 3. Tipo de agua | 10. Potencial Redox |
| 4. Hora | 11. Temperatura del agua |
| 5. Color | 12. Temperatura del ambiente |
| 6. Olor | 13. Observaciones |
| 7. pH | |

Muestras bacteriológicas <ul style="list-style-type: none">• Frascos para muestra bacteriológica• Algodón• Alcohol• Encendedor• Pinzas para crisol• Hipoclorito de sodio concentrado• Guantes y cubrebocas• Piceta con agua desionizada• Cronómetro• Bolsas herméticas• Etiquetas• Hielera con congelantes	Muestras residuales <ul style="list-style-type: none">• Frascos para muestra bacteriológica• Bidones de plástico de 1 y 2 L.• Cubeta de plástico de 19 L.• Frascos de plástico de 150 ml.• Lazo• Ácido sulfúrico como fijador• Guantes y cubrebocas• Piceta con agua desionizada• Agua limpia para enjuagar• Bolsas herméticas• Etiquetas• Hielera con congelantes
Muestras Lixiviados <ul style="list-style-type: none">• Frascos para muestra bacteriológica• Cubeta de plástico de 19 L.• Lazo• Guantes y cubrebocas• Agua limpia para enjuagar• Bolsas herméticas• Etiquetas• Hielera con congelantes	Muestras Pozo de extracción <ul style="list-style-type: none">• Frascos para muestra bacteriológica• Bidones de plástico de 1 y 2 L.• Frascos de plástico de 150 ml• Ácido sulfúrico como fijador• Guantes y cubrebocas• Bolsas herméticas• Etiquetas• Hielera con congelantes
Equipo para medir parámetros <ul style="list-style-type: none">• Termómetro• Multiparamétrico HANNA• Equipos individuales HANNA para pH y conductividad eléctrica• GPS	

Figura 11. Materiales y equipos utilizados para muestreo de agua de los pozos, residual y lixiviados.

5. Muestreo de agua residual y lixiviados.

Se realizó acorde a la norma **NMX-AA-3-1980 PARA MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES** (**Diario oficial de la Federación, 1992**), la cual establece los lineamientos generales y recomendaciones para muestrear las descargas de aguas residuales, con el fin de determinar sus características físicas y químicas. Esta misma norma se usó como base para tomar las muestras de lixiviados de las dos lagunas del relleno sanitario del municipio de Zamora, Michoacán.

En las comunidades de La Labor, San Esteban y Cerrito de Catipuato fue necesario ser cautelosos para obtener las muestras de las descargas, debido a la vegetación, cercanía con el cuerpo de agua o por ser zona escarpada, sin embargo,

se lograron tener una por comunidad (**Figura 15**). En el caso de La Rinconada, que tiene dos descargas residuales, sólo fue posible muestrear la descarga de la zona suroeste de la comunidad, ya que la de la zona noroeste resultó ser inaccesible por la vegetación que la rodeaba, además de encontrarse en una zona escarpada. En el caso de los lixiviados, al igual que en las comunidades, se tuvo precaución para la toma de la muestra, haciéndolo acorde a la **NMX-AA-3-1980 (Diario oficial de la Federación, 1992)** (**Figura 12**).



Figura 12. Muestreo de agua residual en la comunidad de San Esteban (a); Muestreo de lixiviados en la Laguna 1 del relleno sanitario (b).

In situ, se tomaron los parámetros descritos en el apartado viii/a. del presente capítulo. Ambos tipos de muestras se colocaron en bolsas herméticas y se conservaron en una hielera con congelantes para preservarlos hasta su llegada al laboratorio donde fueron analizados.

b) Metodología agua de los pozos de extracción.

Para el muestreo de agua, se tomó como base la **NOM-014-SSA1-1993 (DOF, 1994)**.

Se inició con las muestras bacteriológicas (**Figura 13**), ya que se requirió hacer esterilización de la llave de desagüe para poder tomar el agua necesaria para la misma. Posterior a la toma de las bacteriológicas, se prosiguió con el llenado de bidones, uno de ellos se conservó con ácido nítrico y el otro bidón se quedó sin fijador. Se tomaron parámetros fisicoquímicos de campo y posteriormente se colocaron los bidones dentro de la hielera con congelantes.



Figura 13. Muestreo bacteriológico en la Rinconada (a); toma de parámetros en Cerrito de Catipuato (b).

6. Metodología para análisis

c) De agua de pozos

Una vez hecho el muestreo de los pozos y descargas residuales, debidamente etiquetados, preservados y transportados, se llevaron al Laboratorio Estatal de Calidad de Agua, perteneciente al departamento de Calidad de Agua de la Comisión nacional del Agua (**CONAGUA**), en Morelia, Michoacán; donde fueron puestos a disposición del Jefe de Laboratorio, quien realizó los análisis pertinentes a cada una de las muestras bajo los métodos descritos en la **Tabla 6**. Una vez procesados por el laboratorio antes mencionado, se recibieron los resultados listos para su procesamiento.

PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO DE ANÁLISIS
Temperatura del agua	°C	NMX-AA-007-SCFI-2013 (DOF, 2013)
Temperatura del ambiente	°C	
Oxígeno disuelto	mg/ L	NMX-AA-012-SCFI-2001 (DOF, 2001)
Conductividad electrolítica	µS/cm	NMX-AA-093-SCFI-2000 (DOF, 2000)
pH	u	NMX-AA-008-SCFI-2011 (DOF, 2011)
Turbiedad	UTN	NMX-AA-038-SCFI-2001 (DOF, 2001)
Color	Pt-Co	NMX-AA-045-SCFI-2001 (DOF, 2001)
Dureza total	mg/ L	NMX-AA-072-SCFI-2001 (DOF, 2001)
Dureza de calcio	mg/ L	NMX-AA-072-SCFI-2001 (DOF, 2001)
Dureza de magnesio	mg/ L	CÁLCULO
Alcalinidad total	mg/ L	NMX-AA-036-SCFI-2001 (DOF, 2001)
Alcalinidad a la fenolftaleína	mg/ L	NMX-AA-036-SCFI-2001 (DOF, 2001)
Carbonatos	mg/ L	CÁLCULO
Bicarbonatos	mg/L	CÁLCULO
Cloruros	mg/ L	NMX-AA-073-SCFI-2001 (DOF, 2001)
Sulfatos	mg/ L	NMX-AA-074-SCFI-2014 (DOF, 2014)
Calcio	mg/ L	CÁLCULO
Magnesio	mg/L	CÁLCULO
Sodio	mg/ L	CÁLCULO
Sólidos totales	mg/ L	NMX-AA-034-SCFI-2015 (DOF, 2015)
Sólidos suspendidos totales	mg/ L	NMX-AA-034-SCFI-2015 (DOF, 2015)
Sólidos disueltos totales	mg/ L	CÁLCULO
Sólidos sedimentables	mg/L	NMX-AA-004-SCFI-2013 (DOF, 2013)
DQO	mg/L	NMX-AA-030/2-SCFI-2011 (DOF, 2011)
DBO ₅	mg/ L	NMX-AA-028-SCFI-2001 (DOF, 2001)
Carbono Orgánico Total	mg/L	EPA 4153-2003 (DOF, 2005)
Nitratos	mg/ L	MX-AA-079-SCFI-2001 (DOF, 2001)
Nitrógeno amoniacial	mg/ L	NMX-AA-026-SCFI-2010 (DOF, 2001)
Coliformes fecales	UFC/100 mL	NMX-AA-102-SCFI-2006 (DOF, 2006)

Tabla 6. Parámetros analizados y método de análisis utilizado.

d) De aguas residuales y lixiviados

Se realizaron digestiones de cada una de las muestras, cuatro residuales y dos de lixiviados. Se siguió la norma **3005A: ACID DIGESTION OF WATERS FOR TOTAL RECOVERABLE OR DISSOLVED METALS FOR ANALYSIS BY FLAME ATOMIC ABSORPTION (FLAA) OR INDUCTIVELY COUPLED PLASMA (ICP) SPECTROSCOPY**, de la United States Environmental Protection Agency (EPA, 1994). Los pasos se describen a continuación y se ilustran posteriormente (**Figura 14**):

1. En una probeta graduada, se miden 100 mL de agua residual o lixiviados, según sea el caso.
2. Se vacían en un vaso de precipitados de 150 mL.
3. Con las medidas de seguridad y en la campana de extracción, al vaso de precipitados se adicionan 2 mL de HNO₃ y 5 mL de HCl ultra puros.
4. Se agita un poco la mezcla, se tapa con un vidrio de reloj.
5. Se pone el vaso de precipitados en la parrilla de 200-290 °C, hasta reducir el volumen a 15 mL o menos.
6. Poner especial atención a que no hierva la mezcla, si esto ocurre, retirar del fuego y dejar enfriar. Repetir el procedimiento del paso 5.
7. Dejar enfriar la mezcla y filtrar con un embudo de vidrio de talle corto y papel filtro fino.
8. Aforar a 100 mL en un matraz adecuado para tal fin.
9. Vaciar el filtrado en un frasco de plástico y conservar en refrigeración hasta su posterior lectura en el espectrofotómetro.

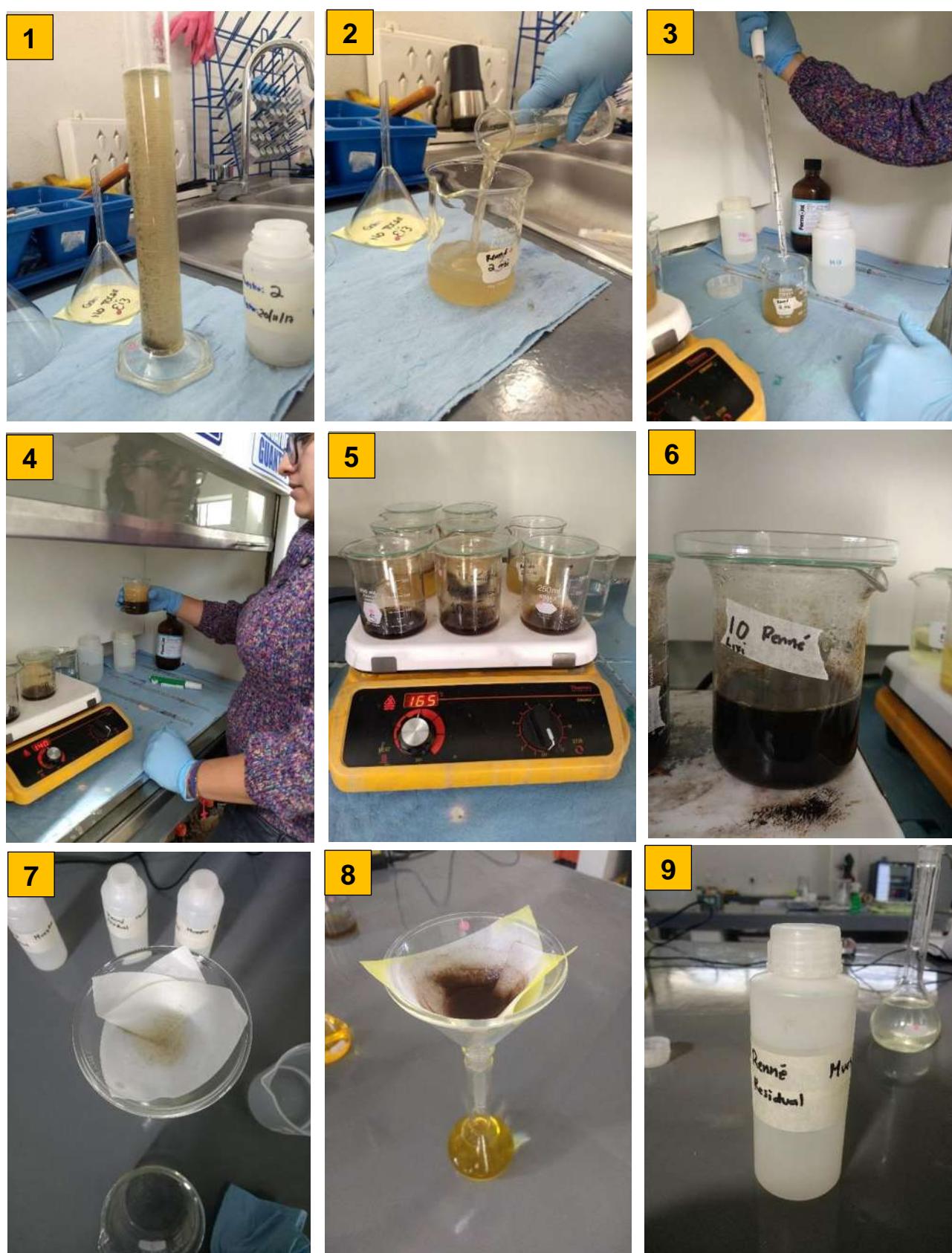


Figura 14. Procedimiento seguido para el proceso de digestión ácida para aguas residuales y lixiviados.

7. Metodología para lectura de elementos traza

Las muestras fueron preparadas acorde al método **3005A: ACID DIGESTION OF WATERS FOR TOTAL RECOVERABLE OR DISSOLVED METALS FOR ANALYSIS BY FLAME ATOMIC ABSORPTION (FLAA) OR INDUCTIVELY COUPLED PLASMA (ICP) SPECTROSCOPY**, de la United States Environmental Protection Agency (**EPA, 1994**).

De manera particular, fueron respectivamente sometidas a la lectura en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica (**Figura 20**), y los parámetros analizados por medio de las lecturas fueron los siguientes:

- Arsénico
- Cadmio
- Calcio
- Cromo
- Cobre
- Hierro
- Magnesio
- Níquel
- Plomo
- Zinc



Figura 15. Espectrofotómetro de absorción atómica, utilizado para la lectura de elementos traza en las muestras.

Los resultados obtenidos fueron organizados mediante tablas, y posteriormente en gráficos para comparar visualmente si había alguna anomalía o relación entre ellos.

8. Metodología para proyección poblacional

Se recopilaron los datos provenientes del registro histórico del INEGI (**Tabla 7**), se colocaron en tablas de Excel (Microsoft Office) para su mejor análisis y comparación. Posteriormente se calculó el incremento poblacional por el MÉTODO ARITMÉTICO, el cual considera asume que el cambio poblacional anual (o por unidad de tiempo considerada), en un área o región específica, es constante. Si la población en el tiempo 0 es P_a y la población, en la misma área, n años después es P_f . Entonces, la fórmula para obtener el incremento anual (I) está dada por:

$$P_f = P_a + IN; \quad I = (P_a - P_i) / n$$

Donde:

P_f = población futura

I = Incremento

P_a = población actual

n = # de años transcurridos desde el primer censo

P_i = Población inicial

N = # de años a los que se proyectará

Tabla 7. Habitantes cuantificados por evento censal en las comunidades en estudio.

Fuente (INEGI)	Evento Censal	Total de Habitantes			
		La Rinconada	Cerrito de Catipuato	San Esteban	La Labor
Censo	1900	233	134	131	-
Censo	1910	553	362	72	58
Censo	1921	520	271	15	64
Censo	1930	463	212	26	176
Censo	1940	618	185	112	169
Censo	1950	849	175	-	132
Censo	1960	966	245	-	151
Censo	1970	1 420	280	248	115
Censo	1980	1 898	289	278	238
Censo	1990	2 796	281	338	250
Conteo	1995	3 418	468	287	202

Censo	2000	3 445	411	214	193
Conteo	2005	3 420	936	265	112
Censo	2010	4 155	528	264	149

a) Análisis y procesamiento de datos

Los datos recopilados por los cuestionarios, análisis de agua y lixiviados, fueron organizados por comunidad, para posteriormente, generar gráficos que ayudaran a una mejor comprensión, comparación y análisis de la información.

Los resultados de las pruebas de bombeo se ordenaron y vaciaron en un programa especial para comparar los tiempos de abatimiento de los pozos. Se realizaron gráficos para puntualizar las diferencias pertinentes.

VI. RESULTADOS

1. Elementos sociales del estudio

Mediante las entrevistas realizadas a las personas a cargo de la toma de decisiones dentro de las comunidades, fue posible realizar un diagnóstico exhaustivo de los sitios en estudio (**Tabla 8**). Este diagnóstico incluye, evidencia fotográfica de la infraestructura presente en las comunidades y entrevistas en audio. Para su mejor análisis, la información fue organizada en cinco categorías, en las cuales se desglosan los detalles detectados en las comunidades.

Tabla 8. Cuadro elaborado a partir de las entrevistas a encargados del orden y tomadores de decisiones en las comunidades.

PARÁMETRO	LOCALIDAD	LA RINCONADA	CERRITO DE CATIPUATO	SAN ESTEBAN	LA LABOR
Fecha de visita	23 de febrero 2017	20 de febrero 2017	22 de febrero 2017	22 de febrero 2017	21 y 24 de febrero 2017
Forma de interacción	Entrevista al Jefe de Tenencia y presidente del Comité de Agua	Entrevista al encargado del orden y ex encargada	Grupo focal y suplente del encargado del orden	Entrevista a encargado y operador del pozo	
Actividades económicas realizadas	Empleados que van a Zamora a trabajar, jornaleros, embalaje de túneles agrícolas, empleados en congeladoras.	Jornaleros, empleados en congeladoras, empleados en Zamora, empleados en talleres de laminería y pintura automotriz.	Campesinos y jornaleros, empleados en Zamora, empleados en congeladoras.	Campesinos y jornaleros.	
Transporte público	Entra a la comunidad, proveniente de Zamora	Pasa a 1 km de la comunidad	Pasa a 3 km de la comunidad	Pasa a 2 km de la comunidad, proveniente de Atacheo rumbo a Zamora	
Infraestructura dentro de la comunidad	Calles pavimentadas (% de cobertura)	70%	20%	90%	100%
	Alumbrado público (% de cobertura)	Insuficiente en algunas calles del sur de la localidad 80%	Insuficiente en un par de calles 80%	Insuficiente en la entrada de la carretera hasta la comunidad 70%	Insuficiente en la entrada de la carretera hasta la comunidad 70%
	Escuelas	Preescolar, primaria (ambos turnos), Telesecundaria.	Preescolar y primaria (un turno).	Preescolar y primaria (un turno).	Escuela primaria.

AGUA	Consultorio médico	Consultorio privado con farmacia.	Sí cuentan con consultorio (inhabilitado).	Sí cuentan con consultorio (inhabilitado).	No tienen.
	Centros religiosos	Iglesia Católica y evangélica.	Iglesia católica	Iglesia católica.	Iglesia católica.
	Elementos recreativos	Cancha de fútbol, cancha de básquetbol. Plaza con kiosco.	Cancha de fútbol y básquetbol (otra más en la primaria). Pequeño parque con un par de juegos infantiles y bancas (en mal estado).	Cancha de fútbol y básquetbol (otra más en la primaria).	Cancha de fútbol y básquetbol (otra más en la primaria). Pequeño jardín fuera de la iglesia, jaripeo para eventos.
	Cuerpos de agua	Un arroyo "Las Canteras", canales de riego, pozo de extracción.	Pozo de extracción.	Dren de riego, pozo de extracción.	Un arroyo "Arroyo Blanco", pozo de extracción.
	Usos del cuerpo de agua	El arroyo es usado para conducir el drenaje, los canales son usados para riego de parcelas. Pozo usado para agua potable.	Agua potable.	El dren es usado para desaguar el drenaje, aguas arriba y aguas abajo es usado para riego. Pozo es usado para agua potable.	Arroyo solo para desagüe, pozo para agua potable.
	Calidad percibida por el entrevistado (1-10)	6	8	4	7
	Origen de agua de consumo	Pipas y purificadoras, además de agua de venta comercial.	Pipas y purificadores locales.	Pipas y purificadoras.	Del pozo, excepto personas enfermas, toman de purificadora o de venta comercial.
	Percepción calidad de consumo (1-10)	9	10	10	9
	Problemáticas con el agua	Disminución en la disposición debido al	Disminución de la calidad de agua,	Desperdicio de agua por parte de los	Disminución en la disposición debido al

		aumento poblacional, disminución en la calidad de agua. Agua con arena, por lo que usan desarenadores una vez al mes. Desperdicio por parte de los usuarios	tomas nuevas irregulares hechas por anteriores encargados. Desperdicio de agua por parte de los usuarios.	usuarios, contaminación del agua del dren.	aumento poblacional, disminución en la calidad de agua.
INFRAESTRUCTURA AGUA Y DEPÓSITO	Tiempo aproximado de implementación	25 años	25 años	19 o 20 años	30 años
	Condiciones actuales de tubería	Mejorable	Mejorable	Aceptable	Aceptable
	Cobertura (%)	90%	90%	95%	95%
	Mantenimiento	Se acaban de cambiar por tubos hidráulicos. De ahí en fuera, solo remedial.	Sólo remedial.	Sólo remedial.	Sólo remedial.
	Fugas	Solo al interior de algunas casas.	Esporádicamente, pero se reparan de inmediato.	Esporádicamente, pero se reparan de inmediato.	Solo al interior de algunas casas.
	Infraestructura faltante	Falta otro pozo de extracción, aumenta el desabasto.	Actualización a tubos hidráulicos.	Cisterna de mayor capacidad.	Actualización a tubos hidráulicos.
	Planos de la red	En Jefatura de tenencia	No hay, cada persona sabe por dónde pasan	No hay, cada persona sabe por dónde pasan	No hay, cada persona sabe por dónde pasan
	Problemáticas con tuberías de agua	Acabar la actualización a tubos hidráulicos.	Actualización a tubos hidráulicos.	Actualización a tubos hidráulicos.	Actualización a tubos hidráulicos.
	Material del depósito	Mampostería	Mampostería	Cisterna de aluminio	Mampostería
	Capacidad aproximada (L)	160 000 y 94 000	52 000	35 000	65 000
	Mantenimiento	Se lava y desinfecta con cloro y jabón una vez al mes	Se lava y desinfecta con cloro cada dos o tres meses	Se lava y desinfecta con cloro y jabón una vez al mes	Se lava y desinfecta con cloro cada mes.

	Problemáticas con el depósito	Relacionado con sedimentos, acumulados	Debe regularizarse el mantenimiento.	Necesitan cisterna de mayor capacidad	Poca capacidad, debe elevarse más para aumentar la presión.
	Hipoclorador	Sí tienen, no lo usan.	Sí tienen, descompuesto.	Sí tienen, descompuesto.	Sí tienen, descompuesto.
	Cantidad/Frecuencia	No lo usan	No lo usan	No lo usan	No lo usan
	Mantenimiento	No hay cloro para hacer la cloración.	No se ha hecho, ya que está descompuesto	No se ha hecho, ya que está descompuesto	No se ha hecho, ya que está descompuesto
	Problemáticas con la cloración/desinfección	A la fecha de la entrevista, no se llevaba a cabo	A la fecha de la entrevista, no se llevaba a cabo	A la fecha de la entrevista, no se llevaba a cabo	A la fecha de la entrevista, no se llevaba a cabo
	Tiempo aproximado de perforación del pozo	Hace 25 años	Hace 22 años	Hace 25 años	Hace 55 años
	Estudio de diagnóstico e idoneidad	Se extravió	Se extravió	Desconocido	Desconocido
POZO	Profundidad (m)	120	110	50	200
	Capacidad de extracción	Pendiente	6"	4"	6 L/s
	Manual/Automático	Manual	Automático	Manual	Manual
	Organización social	Recursos hidráulicos	Motivados por Sra. Seferina y María.	Hacendado	Hacendado
	Actores	Impulsado por un ingeniero residente de la comunidad, gestionó en Morelia la perforación del nuevo pozo, y en Zamora en el área de recursos hidráulicos.	Gestionado por Seferina Ramírez y apoyada por la comunidad, principalmente el encargado del orden. Los apoyó el municipio y CONAGUA.	Banrural	Perforado por Victorino Ortiz, posteriormente lo regaló a la comunidad.

	Participación económica	Comunidad, Municipio, estado. Partes iguales	Comunidad, Municipio, estado. Partes iguales	Comunidad, Municipio, Partes iguales	El hacendado pagó
	Estatus legal	PROPIEDAD DE LA COMUNIDAD	CONAGUA	PROPIEDAD DE LA COMUNIDAD	PROPIEDAD DE LA COMUNIDAD
	Horario del suministro	De 6 am a 7 pm, por lapsos de 3 a 4 horas a cada sector	7:00 am- 8:00 pm	De 7 a 11 y de 4 a 7 pm.	4 horas diarias, cada tercer día.
	Operador	Sí	No	Sí	Sí
	Pago/Frecuencia	\$1000 semanales	No	\$250 al mes, no paga el agua.	No recibe pago, debe de pagar agua.
	Causas de interrupciones de suministro	Reparaciones de la bomba o reemplazo de tubos.	Reparaciones de la bomba o reemplazo de tubos.	Reparación de la carretera, reparaciones de la bomba o reemplazo de tubos.	Reparaciones de la bomba o reemplazo de tubos.
	Duración máxima de interrupción	Una semana	Un mes	Dos meses	Tres años
	¿Quién repara desperfectos?	Tienen una persona en la comunidad que les ayuda en reparaciones. En última instancia llaman al SAPAZ	Intentan hacerlo por la comunidad misma, si no lo logran llaman a algún mecánico, o dependiendo del problema. En última instancia llaman al SAPAZ	Intentan hacerlo por la comunidad misma, si no lo logran llaman a algún mecánico, o dependiendo del problema. En última instancia llaman al SAPAZ	Intentan hacerlo por la comunidad misma, si no lo logran llaman a algún mecánico, o dependiendo del problema. En última instancia llaman al SAPAZ
	Problemáticas con el pozo	Gastan mucha luz, sale un poco sucia el agua.	Sale sucia el agua.	Sale un poco sucia el agua.	No da suficiente abasto, sale un poco sucia.
	De luz (mensual).	\$30,000.00 aproximadamente.	\$8,000.00 aproximadamente.	\$3000 aproximadamente.	\$600.00 aproximadamente.

COSTOS Y SANCIONES	¿Concesión? CONAGUA	No hay, son propietarios.	Tienen una concesión, pero no saben quién la tiene.	Tienen una concesión, pero no saben quién la tiene.	No hay, son propietarios.
	Costo anual a usuarios	\$450.00	\$480.00	\$300.00	\$240.00
	Costo mensual a usuarios	\$45.00	\$40.00	\$30.00	\$20.00
	Sanción por incumplimiento de pago	Reducción con válvulas, corte.	Reducción con válvulas, corte (no se aplican).	Multa de \$5 pesos por tardarse	No adeudan más de dos meses.
	Porcentaje de morosos	40%	40%	20%	2%
	Por reparaciones	Cuentan con un miembro de la comunidad que los auxilia en las reparaciones.	Depende de la falla, pagan del fondo y se cooperan para completar.	Depende de la falla, pagan del fondo y se cooperan para completar.	Depende de la falla, pagan del fondo y se cooperan para completar.
	Cloración	Solo lo que se usa en lavar el depósito	Solo lo que se usa en lavar el depósito	Solo lo que se usa en lavar el depósito	Solo lo que se usa en lavar el depósito, se deja con una botella de 1 litro de cloro
	Problemáticas con costos y sanciones	Hay adeudos, y se retrasan en los pagos. Una de las causas detectadas, son que las anteriores jefaturas se dieron a conocer por ser corruptos y tomar dinero para intereses personales, por lo cual decidieron no pagar hasta que se regularizara la	Hay adeudos, y se retrasan en los pagos. Una de las causas detectadas, son que las anteriores jefaturas se dieron a conocer por ser corruptos y tomar dinero para intereses personales, por lo cual decidieron no pagar hasta que se	Son pocos los adeudos, se les llama la atención, se perifonean los nombres de los deudores para que se pongan al corriente. No adeudan más de tres meses. Se plantea hacer corte, pero no se ha llevado a cabo.	No ha sido necesario sancionar a nadie, debido a que realmente solo se retrasan por un par de meses, por lo que una advertencia por teléfono o personalmente es suficiente. A la gente le da mucha pena quedar

		situación. Las sanciones no se han implementado al 100%, ya que cuando se coloca una válvula de reducción de flujo de inmediato la quitan los afectados.	regularizara la situación. Apenas se está planteando hacer corte a partir de tres meses de retraso en los pagos.		a deber, no les gusta estar en chismes ni que se sepa que son deudores.
ORGANIZACIÓN SOCIAL	Miembros de encargatura del orden/Jefatura de tenencia	Jefe de tenencia, suplente, secretaria y operador.	Encargado del orden y suplente.	Encargado del orden, suplente, secretario, tesorero, auxiliares (incluido el operador, que se renueva con cada encargatura. Si hace bien su trabajo se reelegir).	Encargado del orden, suplente, secretaria, tesorera (cobra el agua), operador.
	Forma de elección y duración	Hacen asamblea y se eligen por votación.	Hacen asamblea y se eligen por votación.	Hacen asamblea y se eligen por votación, (el suplente lleva muchos años en puestos de importancia).	Hacen asamblea y se eligen por votación.
	Sanciones por incumplimiento	No se elige de nuevo. Desconocimiento social.	No se elige de nuevo. Desconocimiento social.	No se elige de nuevo. Desconocimiento social.	No se elige de nuevo. Desconocimiento social. Si no cumple, se elige a alguien que sí lo haga.
	Organización de asambleas	Se perifonea, si la asistencia es escasa, se pospone una semana y se prosigue con la orden del día.	Se perifonea, se convoca hora y fecha.	Se perifonea, se convoca hora y fecha.	Se perifonea, se convoca hora y fecha.

	Toma de decisiones	En asambleas, por mayoría de votos. Aunque el jefe debe tomar muchas decisiones sin consultar, ya que es motivo de disputa.	En asambleas, por mayoría de votos. El encargado debe tomar muchas decisiones sin consultar, cuando no hay asistencia a las juntas.	En asambleas, por mayoría de votos. Asiste la mayoría de la gente.	En asambleas, por mayoría de votos. Asiste la mayoría de la gente.
	Comité de agua	No tiene	No tiene	Lo arman de acuerdo con las necesidades. Recientemente hicieron uno para el reemplazo de unos tubos.	La tesorera cobra el agua, y se organizan faenas para las limpiezas del depósito. Excelente organización social.
	Labores del comité de agua	-	-	Desde cobrar cuotas para reparaciones, comprar insumos, realizar reparaciones, limpiar depósito.	Organizar las faenas para la limpieza del depósito, toda la gente participa con sus escobas y mano de obra.
	Problemáticas con organización social	Escasa participación en la toma de decisiones, nula organización para comité de agua (hace 6 años aún existía, y se realizaba bien esta comisión; pero a partir de dos administraciones	Siempre asiste la misma gente a las asambleas, poca participación en la toma de decisiones, anteriores encargados dejaron adeudos exorbitantes respecto al agua.	Son las mismas personas las que asisten a las juntas, los últimos encargados no hicieron corte de caja, así que no se sabe cuánto hay de fondos.	Ninguno
	Tiempo aproximado de implementación	23-25 años	20-23 años	15-18 años	Hace 20 años
	Condiciones actuales de tubería	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable

DRENAJE	Cobertura de drenaje (%)	90%	90%	90%	90%
Ubicación del colector	No hay colector, es descarga directa. En el arroyo que pasa cerca de la comunidad	Cerca de la carretera	No hay colector, es descarga directa. A 10 metros después de la última casa, desagua en el dren a un lado de la comunidad.	En el arroyo que pasa cerca de la comunidad	
Tratamiento previo a descarga	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	
Mantenimiento/ Frecuencia	Una vez cada 6 meses, desazolve para evitar inundaciones.	Solo remedial.	Solo remedial	Solo remedial.	
Infraestructura faltante	Cambiar algunos tubos que faltan. Planta de tratamiento.	Planta de tratamiento.	Cambiar algunos tubos. Planta de tratamiento.	Planta de tratamiento.	
Fugas	No	No	No	No	
¿Quién repara desperfectos?	Los asesora un miembro de la comunidad, en casos delicados solicitan ayuda de SAPAZ.	Buscan a alguien de la comunidad, si es delicado llaman a un especialista, en última instancia al SAPAZ.	Buscan a alguien de la comunidad, si es delicado llaman a un especialista, en última instancia al SAPAZ.	Buscan a alguien de la comunidad, si es delicado llaman a un especialista, en última instancia al SAPAZ.	
Plano de la red	En Jefatura de tenencia tienen copia.	Cada dueño sabe la red interna, y a que parte de la calle da.	Cada dueño sabe la red interna, y a que parte de la calle da.	Cada dueño sabe la red interna, y a que parte de la calle da.	
Problemáticas con drenaje	Hay que desazolvar cada 6 meses a 1 año máximo. Se tapan las coladeras debido a la basura. Desagua sin tratamiento previo	Hace falta un colector de aguas pluviales a la entrada de la carretera, ya que se estanca el agua en época de lluvias.	El dren que pasa a un lado de la comunidad, la alta contaminación y mal olor del mismo, posible foco de enfermedades.	Falta red de drenaje en algunas casas recién fincadas. Una de las casas se encharca en lluvias, debido a que se	

					encuentra por debajo de la red.
RESIDUOS SÓLIDOS	Fecha en que entró el servicio de recolección	24 años aproximadamente	Hace 24 años aproximadamente	Hace 24 años comenzó	Hace 1 año apenas se regularizó, ya que entraba una vez al mes.
	Frecuencia de recolección	Diario	2 a 3 veces por semana	2 a 3 veces por semana	2 a 3 veces por semana
	Costo	Gratis	Gratis	Gratis	Gratis
	Depósitos para basura	Algunos tambos proporcionados por el municipio	Había algunos, pero el anterior encargado se los llevó para uso personal.	Algunos tambos proporcionados por el municipio	Algunos tambos proporcionados por el municipio
	Quema/tira de basura	Algunos	Pocos	Pocos.	Pocos.
	Compostaje	No	No	No	No
	Reciclaje	Recolección y venta de PET y aluminio por algunas personas de la comunidad	Recolección y venta de PET y aluminio por algunas personas de la comunidad	Recolección y venta de PET y aluminio por algunas personas de la comunidad	Recolección y venta de PET y aluminio por algunas personas de la comunidad
	Problemáticas con residuos sólidos	Mucha gente no tira la basura en su sitio, no hacen compostaje ni separación de residuos.	La gente no tira la basura en su sitio porque no hay contenedores donde tirarla, no hacen compostaje ni separación de residuos.	No hacen compostaje ni separación de residuos.	La excesiva fauna canina hace desperfectos, no hacen compostaje ni separación de residuos.
INTERACCIÓN COMUNIDADES-MUNICIPIO-ESTADO-FEDERACIÓN	Programas sociales dentro de la comunidad	PROSPERA, red gratuita de internet en escuela	PROSPERA, red gratuita de internet en escuela	PROSPERA	PROSPERA
	Interacción con otras comunidades	Se comparte un área de terrenos con Atecucario, hay un	Comparten una porción de terreno con la rinconada,	Solo con los ejidatarios, pero no tienen problemas,	Van a Atacheo a consultas médicas. Con los ejidatarios,

		conflicto porque, aunque son personas de la comunidad, viven en terreno de Atecucario y quieren agua de La Rinconada.	gente de la comunidad de asentó ahí y quieren agua, pero deben pedirla a la otra comunidad.		pero no tienen problemas,
	Participación de cabecera municipal en la comunidad	En algunas ocasiones, pero nunca cumplen lo que prometen. También cuando regalaron cobijas a 5 familias de la comunidad.	Solo cuando pusieron asfalto y pavimentaron una de las calles, o para regalar cobijas a 5 familias de la comunidad.	Escasa o nula, solo cuando pavimentaron algunas calles o arreglaron la carretera. También cuando regalaron cobijas a 5 familias de la comunidad.	Escasa o nula. También cuando regalaron cobijas a 5 familias de la comunidad.
	Participación de SAPAZ en la comunidad	Sólo cuando requieren desazolve o equipo especializado para reparar algo, ya que por lo general llegan muy tarde o no llegan, además cobran mucho.	Sólo cuando requieren desazolve o equipo muy especializado para reparar algo, ya que por lo general llegan muy tarde o no llegan, además cobran mucho.	Sólo cuando requieren desazolve o equipo muy especializado para reparar algo. Pero por lo general llegan muy tarde o no llegan, además cobran mucho.	Sólo como emergencia, ya que por lo general llegan muy tarde o no llegan, además cobran mucho.

La Rinconada

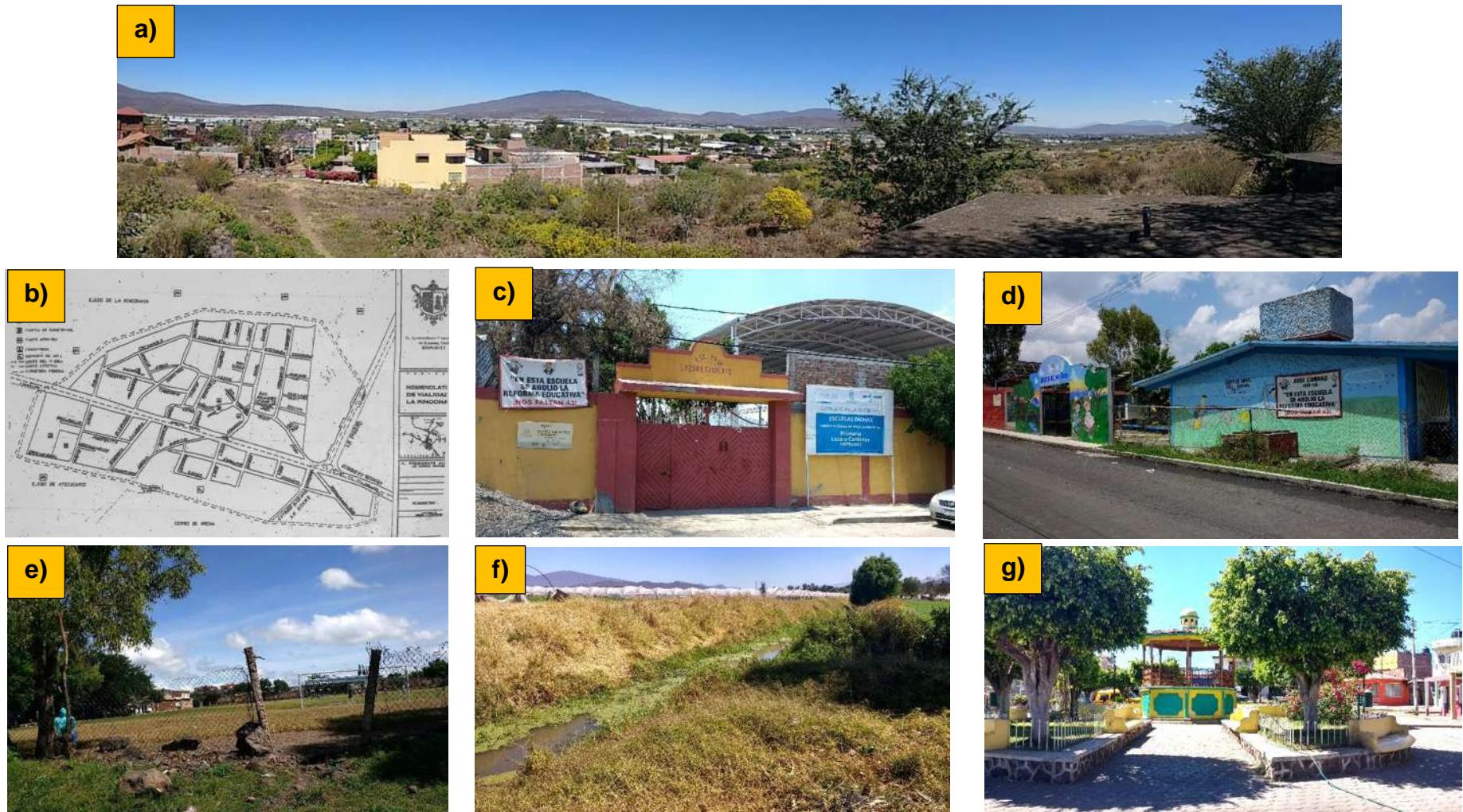


Figura 16. Vista panorámica de la comunidad de La Rinconada, desde los depósitos de agua (a); Croquis de calles de la comunidad (b); Escuela primaria (c); Preescolar (d); Cancha de fútbol (e); Descarga residual norte (f); Plaza de la comunidad (g).

Cerrito de Catipuato

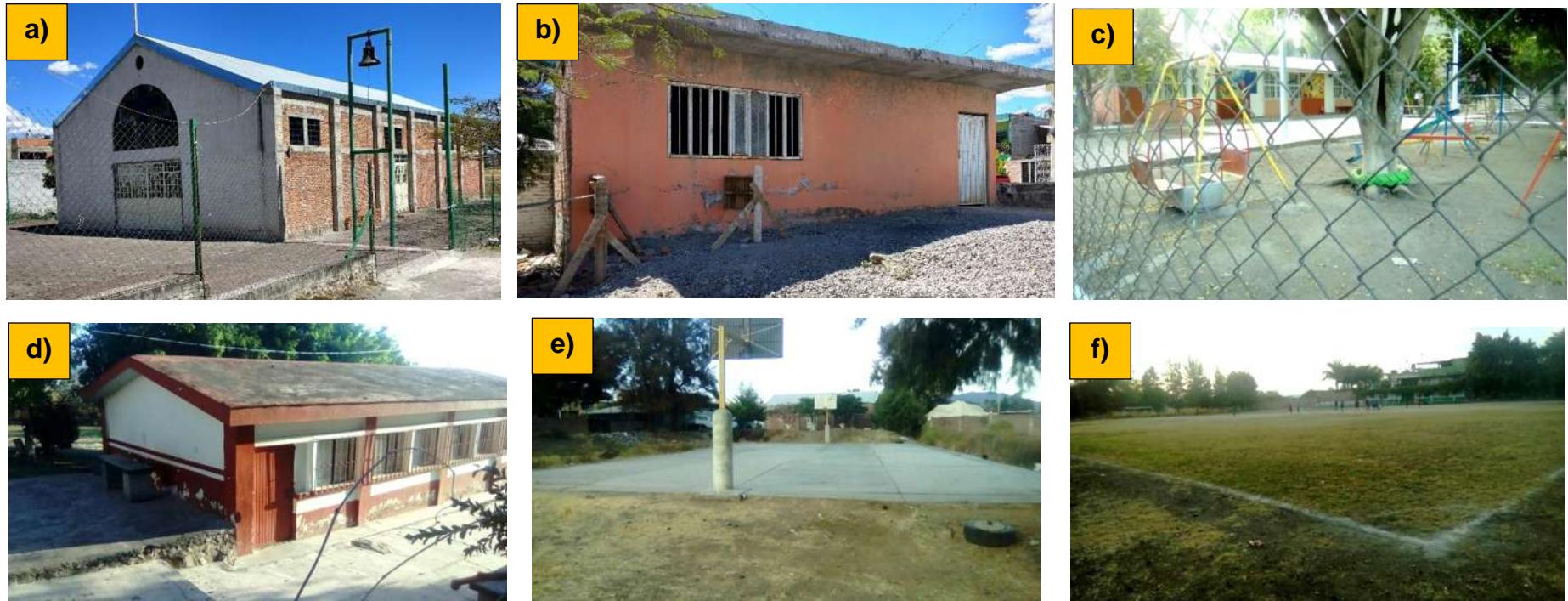


Figura 17. Iglesia de la comunidad (a); Consultorio y sala de usos múltiples (b); Preescolar de la comunidad (c); Escuela Primaria (d); Cancha de basquetbol (e); Cancha de futbol (f).

San Esteban



Figura 18. Descarga residual (a); Miembros de comité de agua (derecha a izquierda): encargado del orden, operador y suplente encargado (b); Hipoclorador descompuesto (c).

La Labor

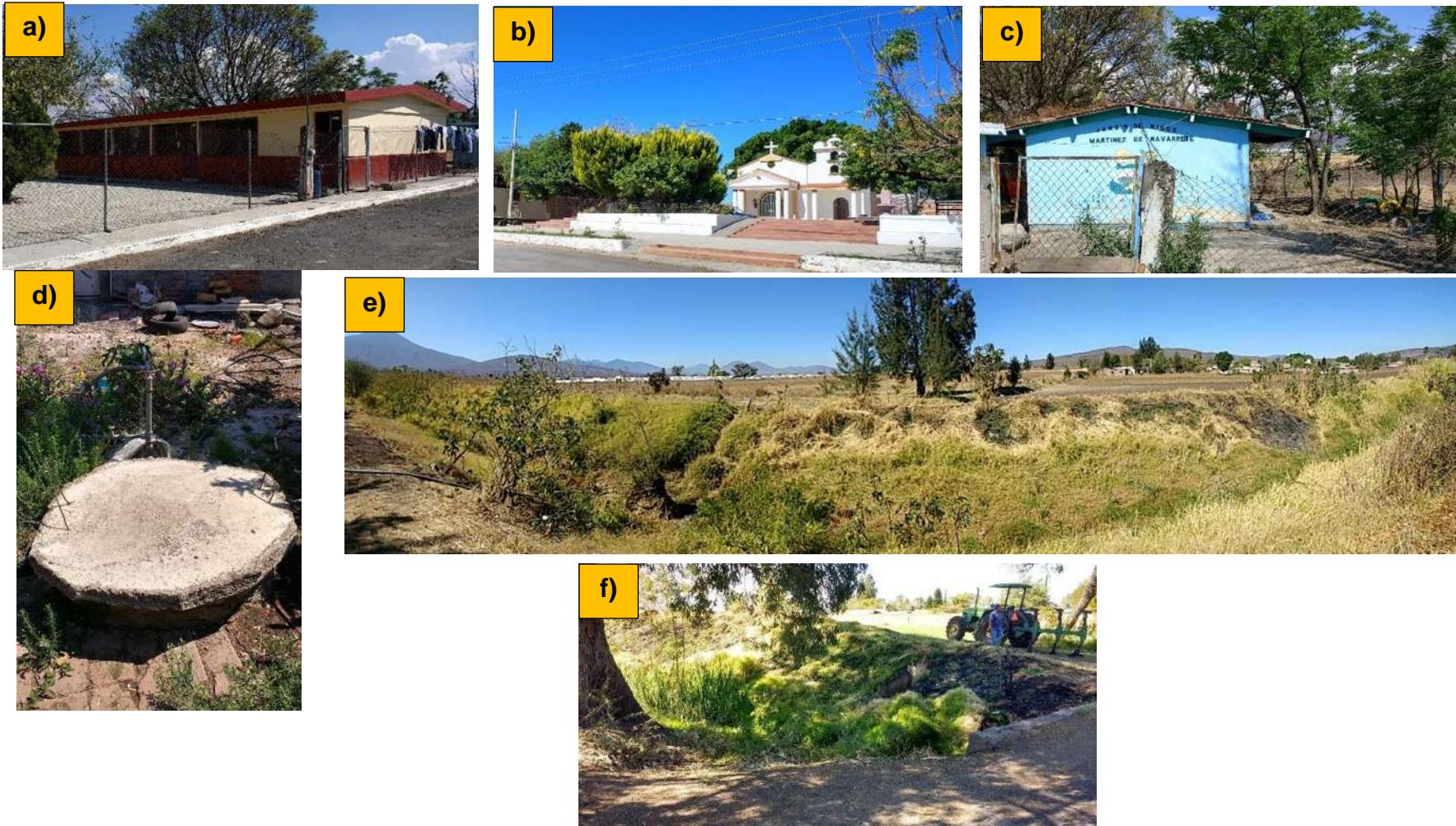


Figura 19. Escuela primaria (a); Iglesia de la comunidad (b); Preescolar (c); Vista panorámica de la comunidad de La Labor (d); Pozo particular (e); Arroyo Blanco, donde descarga el agua residual (f).

Cobertura de servicios básicos.

En general, las cuatro comunidades cuentan con los servicios básicos, aunque algunos de ellos no son 100% funcionales o periódicos, lo cual indica que aún puede mejorarse. Las causas atribuidas por los pobladores al descuido o falta de mantenimiento de dichos servicios básicos, son el abandono de las autoridades municipales, estatales y federales, lo que deriva en la falta de mantenimiento de pozos o tuberías por la falta de capacitación en esos rubros, lo que ayudaría a prevenir situaciones emergentes, así como mejorar la calidad del agua que reciben en sus hogares.

Corrupción y tráfico de influencias de los anteriores encargados del orden.

A la par que las administraciones municipales, los encargados del orden son cambiados por elección de los mismos habitantes, por consenso se sugiere (o se auto-nomina) a una persona elegible para el puesto de encargatura del orden. El periodo laborable de dicha persona es por tres años, donde debe fungir como administrador de los recursos que entran a la comunidad, gestionar los mismos y entregar resultados a los habitantes de cada poblado.

En San Esteban, Cerrito de Catipuato y La Rinconada, aseguran que las administraciones anteriores no fueron del todo claras, ya que no se hicieron cortes de caja adecuados de los ingresos y egresos de los respectivos ciclos. También hicieron tomas irregulares de agua, beneficiando a personas o empresas (familiares, procesadoras de alimentos o fábricas de túneles de cultivo) beneficiándose al no cobrar (o cobrar demasiado, dependiendo del solicitante).

Incluso, en una de ellas (Cerrito de Catipuato) se asegura el enriquecimiento ilícito por uso de recursos destinados a programas sociales, los cuales no llegaron a los pobladores, recibiendo el encargado dichos beneficios para uso personal o de sus familiares cercanos.

Aseguran que este comportamiento ha degradado la identidad de la comunidad e impide el fortalecimiento de lazos entre vecinos para la colaboración

colectiva y resolución de problemas de la comunidad, por temor a que los recursos económicos o materiales gestionables, paren en personas que no aportarán beneficios a la comunidad.

Disminución en la calidad del agua.

Al menos dos encargados aseguraron que la calidad del agua ha disminuido en los últimos cinco años, y lo perciben debido al mal olor, material suspendido en el agua (**Figura 21**) y color de la misma. Esto afecta más a la comunidad de La Labor, donde la mayoría de los pobladores aún usan el agua del pozo para beber y preparar sus alimentos sin algún método de desinfección. Cabe mencionar, que en ninguna de las comunidades se encuentra funcionando el hipoclorador de agua debido a falta de mantenimiento o descompostura del aparato, por lo cual no llevan a cabo la cloración correspondiente dictada por las **Normas Oficiales Mexicanas 127-SSA1-1994 (DOF, 2000), 002- ECOL- 1996 (DOF, 1998) y 001-ECOL-1996 (DOF, 1997)**.



Figura 20. Vía de filtración en Cerrito de Catipuato para evitar lama suspendida en el agua.

Disminución en la disponibilidad del agua.

En las cuatro comunidades se refiere a este problema como algo que sucede más frecuente, sobre todo en temporada de secas. Aunado a ello, aseguran que el desperdicio que se hace por algunos miembros de la comunidad es desmedido y propicia el desabasto para quienes menos tienen.

Los habitantes y los mismos encargados del orden refieren que, por la infraestructura presente actualmente en las comunidades, así como por la topografía del terreno, hacen que algunas zonas reciban mayor cantidad de agua, con mayor presión, lo que causa descontento entre los afectados. Conciben la importancia de hacer un cambio en la red de distribución como algo indispensable, sin embargo, no se cuenta con los recursos económicos necesarios para dicha obra. Cabe destacar que las reparaciones o mantenimiento que realizan en estas comunidades es atendido directamente por las personas de la comunidad (en general los hombres), quienes se organizan en faenas y comisiones para resolver la problemática presentada.

Otro factor que afecta la disponibilidad, y al que hizo énfasis el encargado de la comunidad de La Labor y el jefe de tenencia de La Rinconada, es el aumento de población. Consideran que a pesar de la migración de los pobladores al vecino país Estados Unidos de América, el número de habitantes ha aumentado considerablemente, y con ello, las necesidades básicas de las personas que ahí residen. El pozo de la comunidad de La Labor es uno de los más viejos, instaurado por el hacendado Victorino Ortiz en la década de 1960 (según referencias de los pobladores), en el cual el mantenimiento recibido ha sido relativamente limitado solo a reparaciones emergentes. El resto de los pozos datan de hace aproximadamente 25 años, pero se encuentran en la misma situación.

Problemas con los pagos y sanciones aplicadas al rezago.

Los cuatro encargados coinciden en la necesidad de instaurar sanciones más estrictas para el rezago en los pagos de las cuotas de agua e instalaciones nuevas, ya que el porcentaje de morosos ha aumentado en los últimos seis años. Aunque consideran que, la situación económica de cada familia debe tomarse en cuenta para llegar a un acuerdo y evitar la sanción, también están conscientes de la desconfianza de la comunidad debido a las malas acciones de los anteriores encargados del orden, lo que ha ocasionado que solo pague el 50% de la población (San Esteban, Cerrito de Catipuato, La Rinconada). Los castigos propuestos por los mismos habitantes incluyen, desde una multa, llamada de atención, poner carteles

con los nombres de los deudores, hasta el corte de la toma mediante instalación de válvulas.

Cabe mencionar que en las comunidades (a excepción de La Rinconada), aún se hace uso de la desaprobación social, donde al ser expuesto ante los demás pobladores, se hace una presión moral para exigir se pongan al corriente en los pagos. En La Labor, este comportamiento es socialmente aceptado y ejercido entre los pobladores. El encargado menciona con franqueza que para ellos no hay peor castigo que el ser expuesto por no pagar un servicio. Debido a la vergüenza y el descontento general de los pobladores, las personas se regularizan a la brevedad, por lo que no ha sido necesario instaurar otro tipo de sanción.

a) Procesamiento de los cuestionarios.

Con los gráficos elaborados, se hicieron comparaciones entre las respuestas que proporcionaron los encuestados, con la finalidad de identificar los principales aspectos que los aquejan, así como los hábitos de consumo y percepción de calidad del mismo.

Percepción de los usuarios sobre el recurso.

De acuerdo con los resultados de los cuestionarios aplicados a los usuarios del agua en cada una de las comunidades, la mayoría piensa que el agua que usan tiene una calidad regular (**Figura 21**).

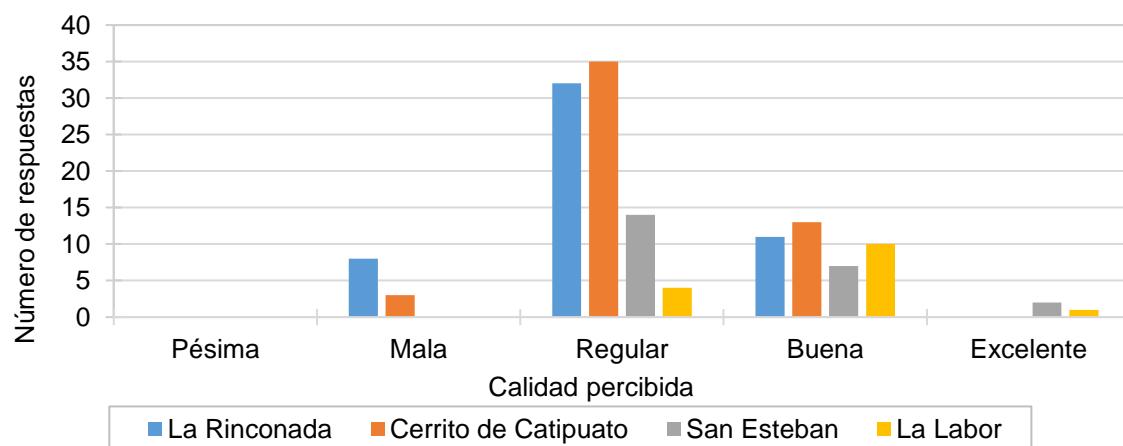


Figura 21. Percepción de la calidad del agua

Costos del servicio

Con respecto al costo, hubo diversidad de respuestas al respecto, las cuales principalmente se refieren al bajo costo del servicio y buen volumen suministrado comparado con otras comunidades (**Figura 22**).



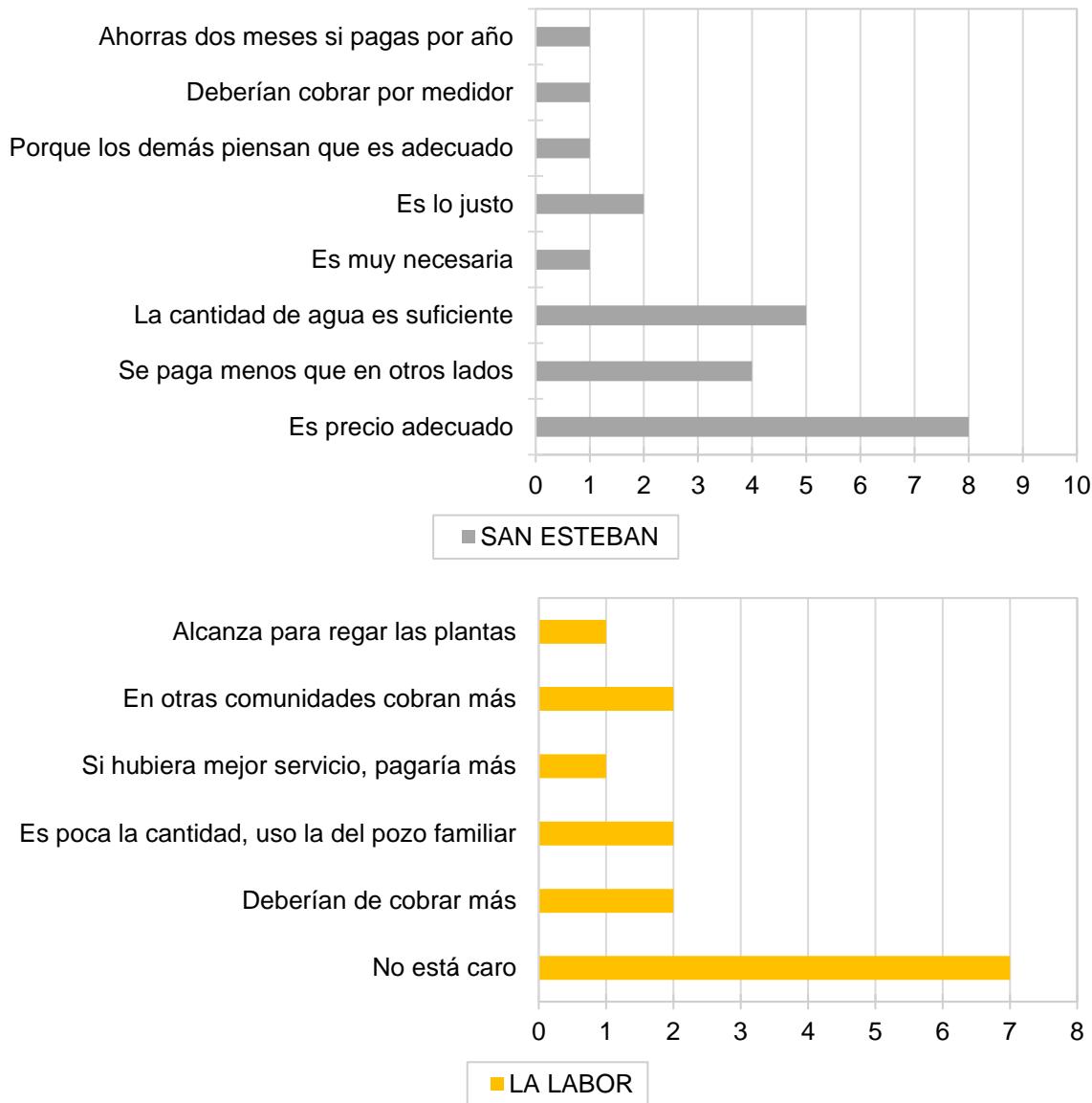


Figura 22. ¿Qué opina de la cuota que paga por el agua?

Algunas pocas personas consideran que deberían aumentar el cobro por el servicio, ya que creen recibir más agua de la que están pagando (**Figura 23**).

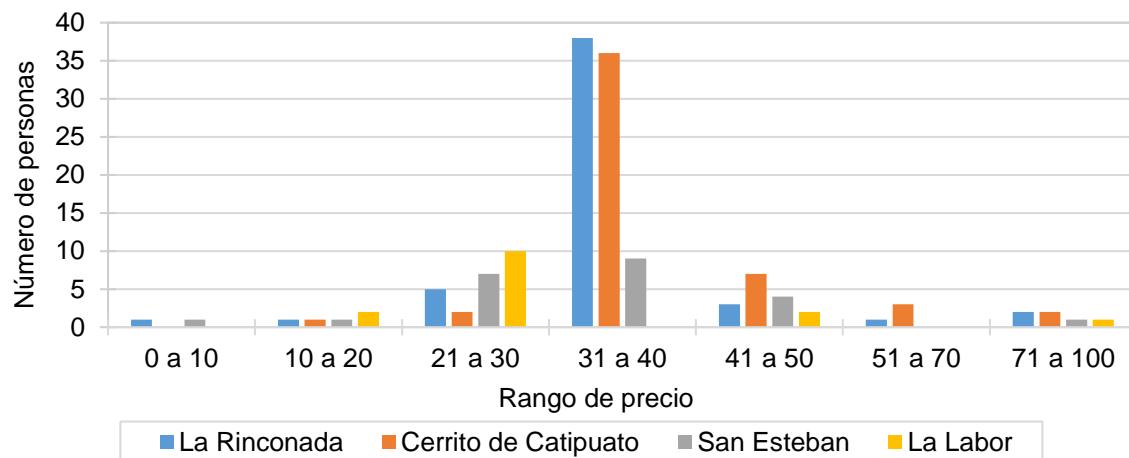


Figura 23. ¿Cuánto pagaría por el servicio de agua al mes?

Problemas de salud detectados.

Con referencia a los problemas de salud posiblemente atribuidos al uso de agua, los consumidores detectaron los siguientes (**Figura 24**):

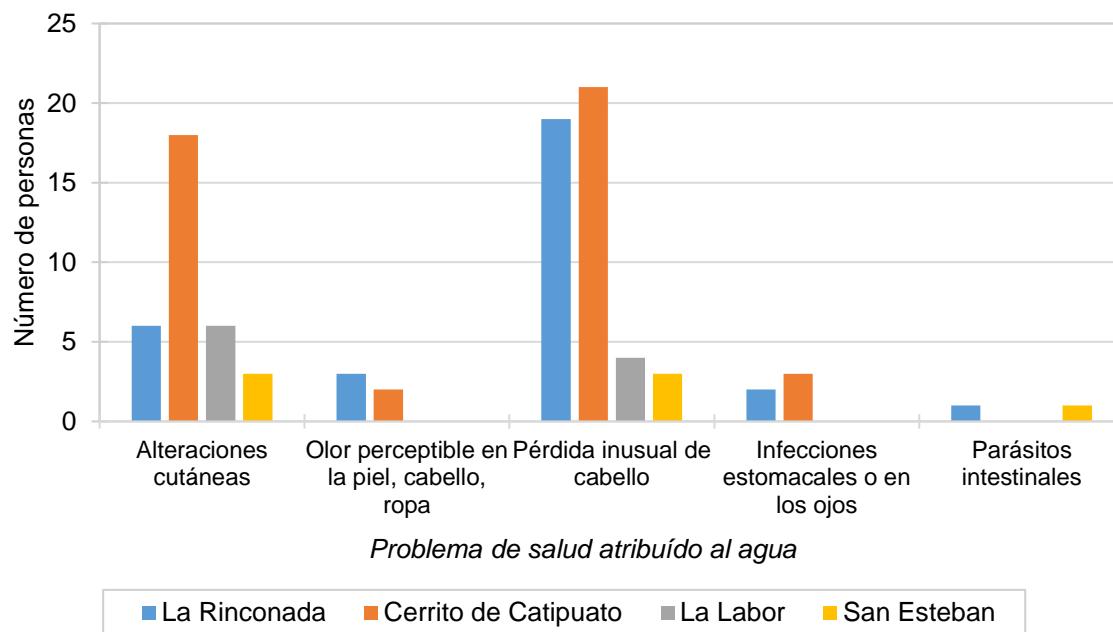


Figura 24. Problemas de salud detectados

Administración del recurso hídrico.

En este aspecto, la gente coincidió en la importancia de tener uno o varios representantes que se hagan cargo de la administración del agua en su comunidad (**Figura 25**), las razones principales de ello, es que, en caso de alguna aclaración, desperfecto o pago pendiente, se dirigen con una sola persona. También opinan que cuando se tiene un comité, las labores se comparten entre los integrantes, haciendo la tarea más equitativa, justa y mejor elaborada.

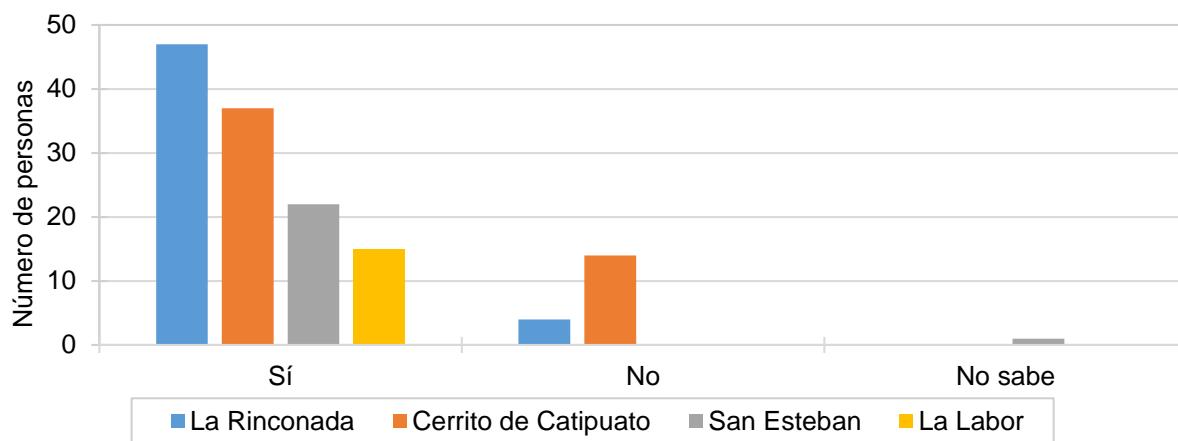


Figura 25. ¿Cree necesario tener un encargado/comité de agua?

También se les preguntó que, en base a sus anteriores respuestas, respondieran si les parece apropiado que el organismo operador de agua en el municipio, administrara sus recursos hídricos (**Figura 26**).

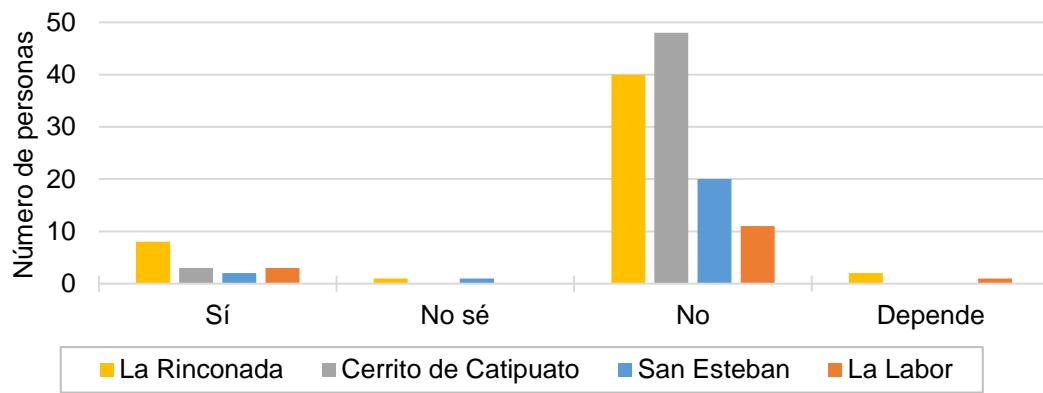
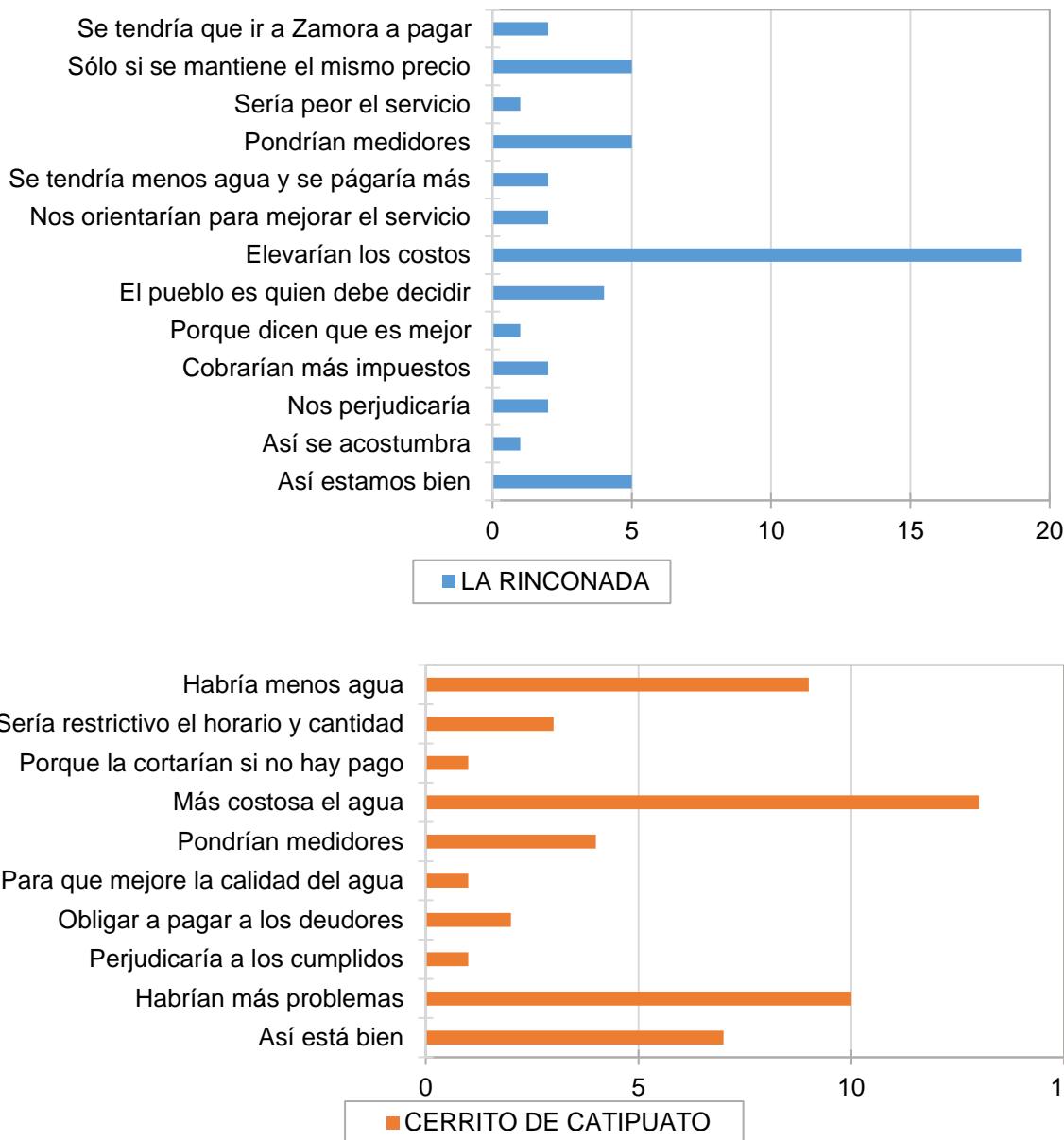


Figura 26. ¿Le gustaría que el ayuntamiento administrara el pozo de agua?

Las personas que respondieron “sí”, refieren su respuesta a una necesidad de organización mayor, para que los adeudos disminuyan y la calidad del servicio aumente. Por el contrario, los que respondieron “No”, reflejan una diversidad interesante de respuestas que se presentan a continuación en la **Figura 27**.



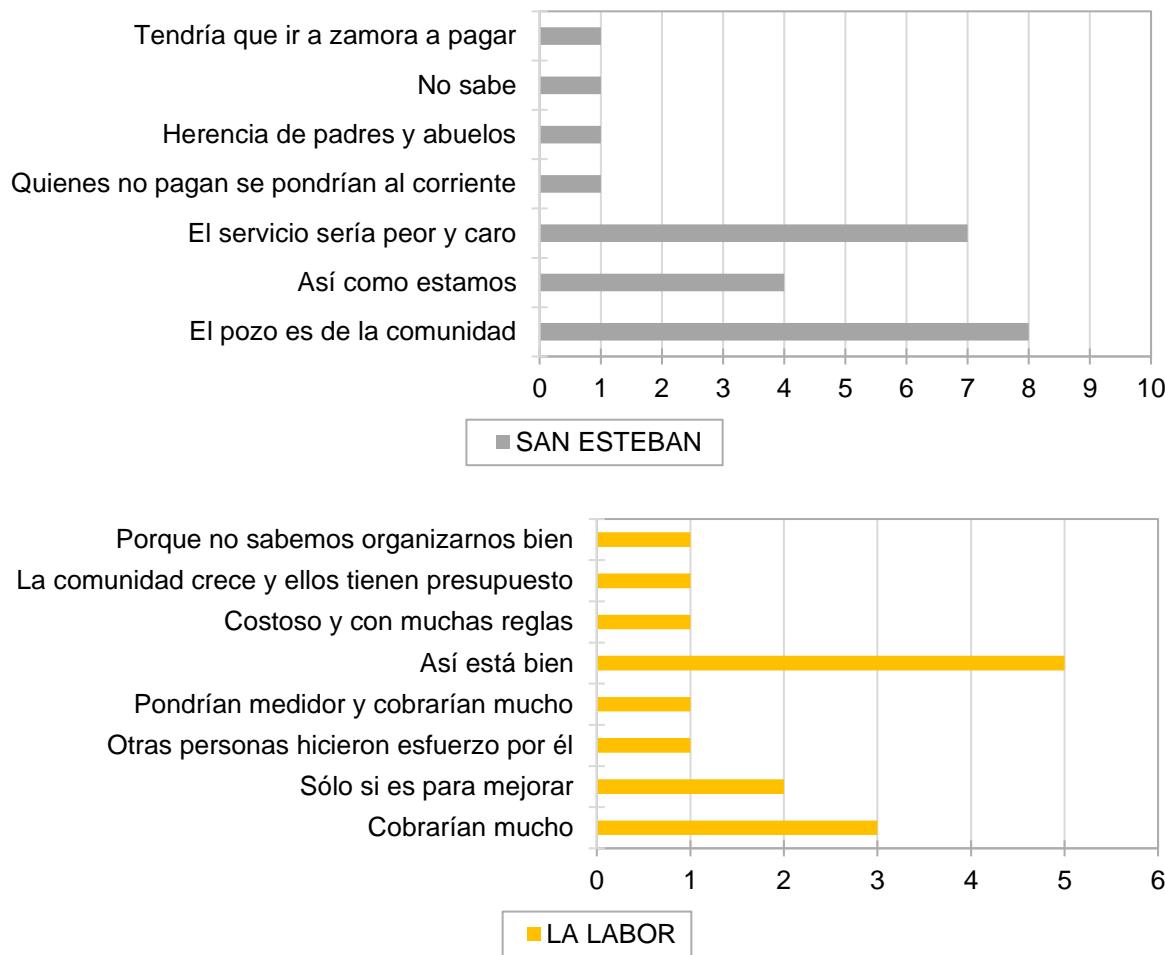


Figura 27. ¿Por qué sí/no entregaría al ayuntamiento?

Sugerencias de los usuarios para mejorar el servicio de agua.

También se indagó sobre las soluciones que ellos propondrían a los problemas que han detectado. Las respuestas, también han sido heterogéneas (**Figura 28**), aunque las que más fueron mencionadas fue lavar los depósitos y dar mantenimiento a las tuberías. Hubo otra respuesta frecuente, fue que no cambiarían nada a su servicio de agua, tan solo piden que salga más limpia.

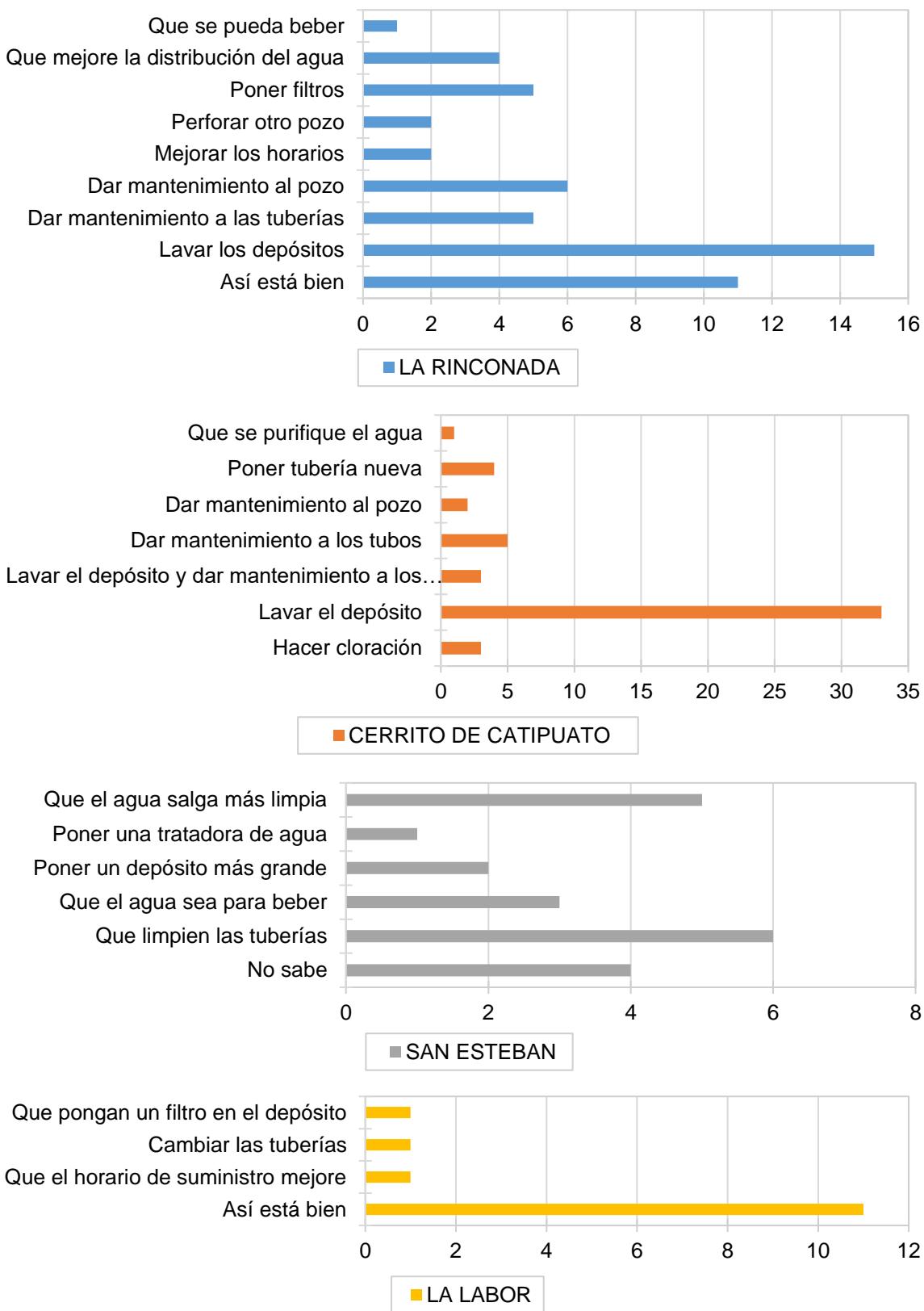


Figura 28. Sugerencias de mejora en el servicio

2. Análisis de agua

La información recabada de los resultados de los análisis de agua, se graficaron para una mejor comprensión y síntesis.

a) Agua de los pozos

El método más común para extraer agua subterránea es el pozo, un agujero taladrado en la zona de saturación. Los pozos sirven a modo de pequeños depósitos a los cuales migra el agua subterránea y de los cuales puede bombearse a la superficie. La utilización de pozos se remonta a muchos siglos y sigue siendo un método importante para la obtención de agua en la actualidad. El nivel freático puede fluctuar considerablemente a lo largo de un año, descendiendo durante las estaciones secas y elevándose tras los períodos de lluvia. Por consiguiente, para asegurar un abastecimiento continuo de agua, un pozo debe penetrar debajo del nivel freático. Cuando se extrae agua de un pozo, el nivel freático alrededor del pozo se reduce. Este efecto, denominado descenso de nivel, disminuye al aumentar la distancia desde el pozo (**Tarbuck et al., 2005**).

Temperatura, pH, Oxígeno disuelto y Conductividad Eléctrica

El pH, la temperatura y el oxígeno disuelto guardan una relación muy cercana, ya que muchos de los parámetros en estudio dependerán de los niveles y dinámica que guarden estos tres. En la **Figura 29**, se observa que los niveles de pH son similares en los 4 sitios de muestreo, manteniéndose dentro de los límites máximos permisibles de la **NOM-127-SSA-1994 (DOF, 2000)**, que especifica que no debe exceder 8.5 unidades de pH, ni ser menor a 6.5 unidades de pH.

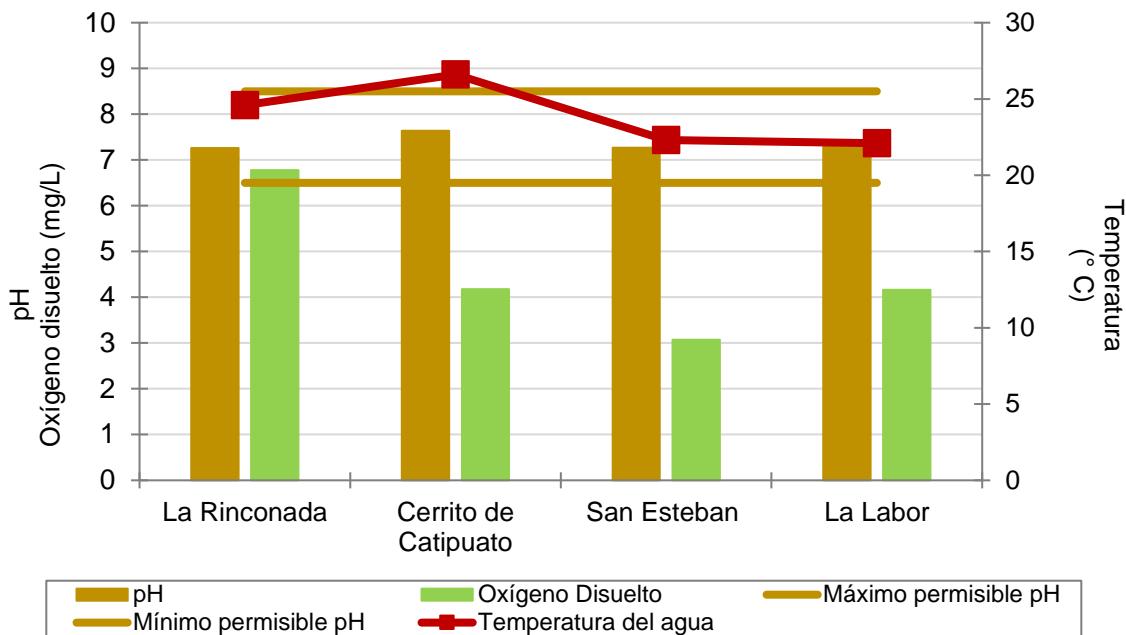


Figura 29. Temperatura, pH y Oxígeno disuelto presente en pozos.

Respecto a la temperatura osciló en los sitios desde los 22 hasta los 26°C. Sin embargo, el oxígeno disuelto si resultó ser heterogéneo en los sitios, siendo el de La Rinconada el más alto de los tres, y en San Esteban el que menor oxígeno disuelto tuvo. Respecto a la conductividad eléctrica, se presenta con el resto de los parámetros de campo en la **Figura 30**.

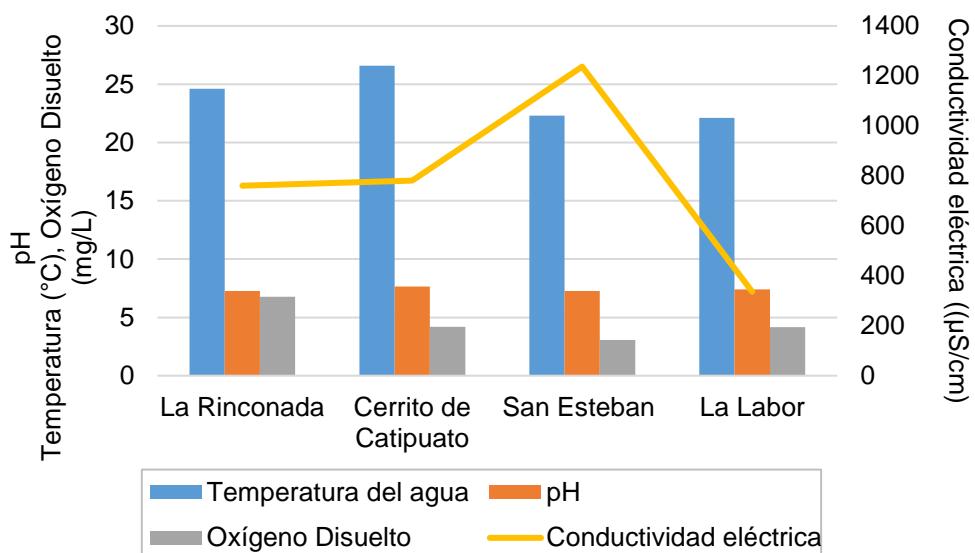


Figura 30. Parámetros de campo

Turbiedad

El color del agua dependerá tanto de las sustancias que se encuentren disueltas, como de las partículas que se encuentren en suspensión. Se clasifica como “color verdadero” al que depende solamente el agua y sustancias disueltas. La turbidez depende de los materiales en suspensión en la columna de agua (como sedimentos, microorganismos, jabón), que atenúan y absorben la luz incidente (**Goyenola, 2007**).

Los valores de turbiedad y color dan partida a un criterio visible sobre calidad de agua potable. Para que una muestra de agua se considere óptima, no debe exceder las unidades de color Platino-Cobalto y Nefelométricas de Turbiedad.

No fue el caso para la comunidad de La Labor (**Figura 31**), donde se excedió del límite máximo permisible en turbiedad.

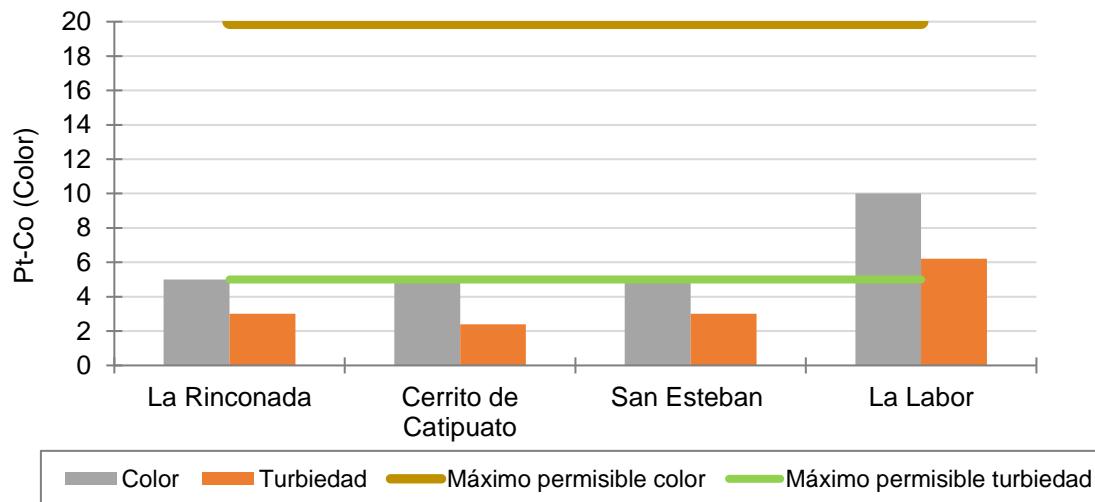


Figura 31. Color y turbiedad.

Coliformes fecales

Los coliformes fecales fueron detectados en cada una de las muestras de los pozos; la cuantificación más alta fue en la comunidad de San Esteban (**Figura 32**), con 45 Unidades Formadoras de Coliformes por cada 100 mL de muestra. La norma **NOM-127-SSA1-1994 (DOF, 2000)** indica que no debe haber alguno, así que aquí todas las comunidades excedieron los límites que la norma establece.

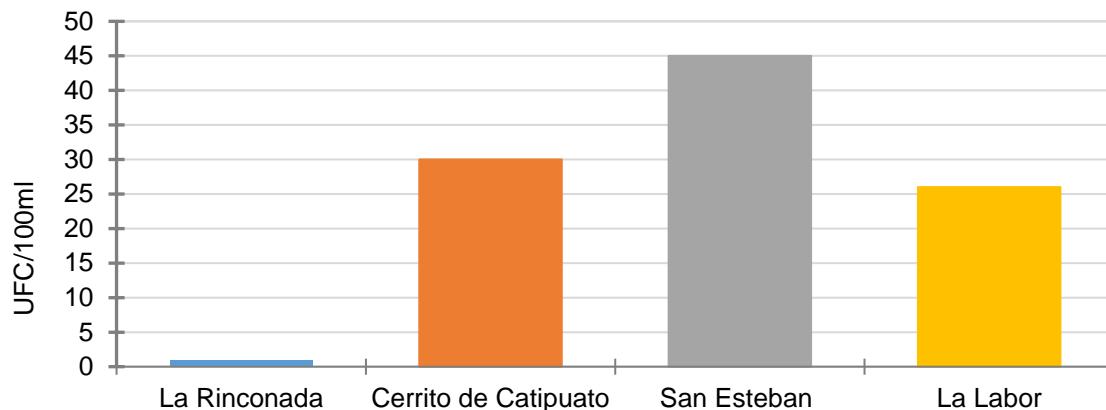


Figura 32. Coliformes fecales

DBO_5

Para agua potable, en México se considera de excelente calidad si presenta una DBO_5 menor a 3 mg/L, buena calidad entre 3 y 6 mg/L, aceptable entre 3 y 30 mg/L, contaminada entre 30 y 120 mg/L, y fuertemente contaminada si es mayor a 120 mg/L (**CONAGUA-SEMARNAT, 2012**).

En el caso de los sitios de estudio (**Figura 33**), se consideran de una calidad excelente, y se refiere que no está contaminada. Aunque la comunidad de San Esteban se encuentra apenas en el límite máximo permisible.

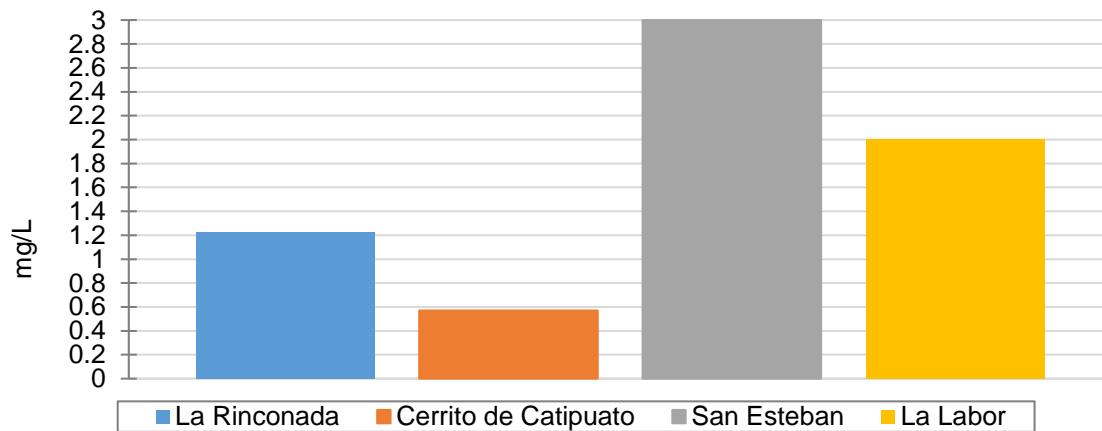


Figura 33. DBO_5

Sólidos Suspendidos Totales

El incremento de los sólidos en los cuerpos de agua provoca aumento en la turbidez y disminución de calidad en los mismos. Para las comunidades en estudio (**Figura 34**), la cantidad de sólidos suspendidos totales no excede la norma, aunque hay que poner especial cuidado en la comunidad de San Esteban.

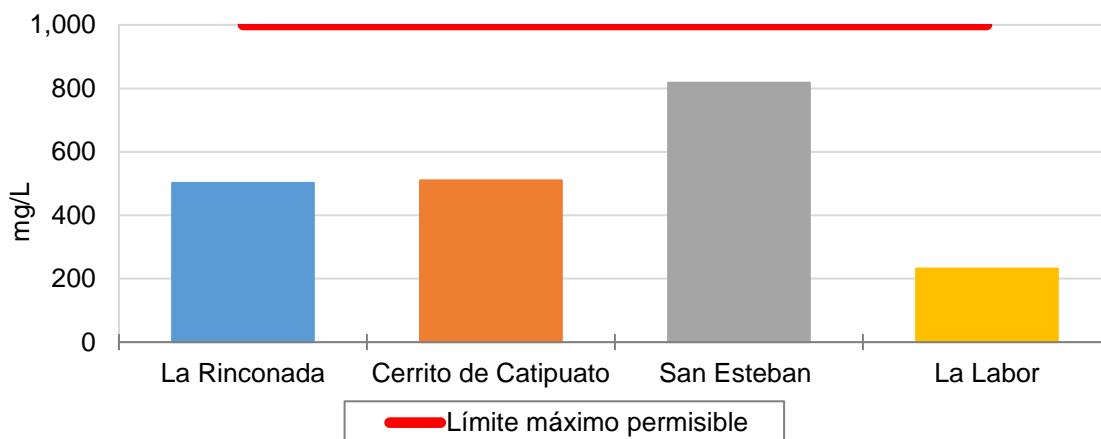


Figura 34. Sólidos Suspendidos Totales.

Dureza total

Según la clasificación presentada por Jairo (2002) (**Tabla 9**), en los sitios se tienen aguas duras a excepción de la comunidad de La Labor (**Figura 35**). Aunque no rebasan los límites de la norma, es de significancia saber que las aguas duras requieren más jabón que las aguas blandas para producir espuma, además de depositar lodo e incrustaciones sobre las superficies donde es calentada, como en calderas y tuberías.

Tabla 9. Clasificación de aguas duras

Concentración (Ca + Mg) (mg/L)	Características
0 – 75	Blanda
75 - 200	Moderadamente dura
200 - 300	Dura
>300	Muy dura

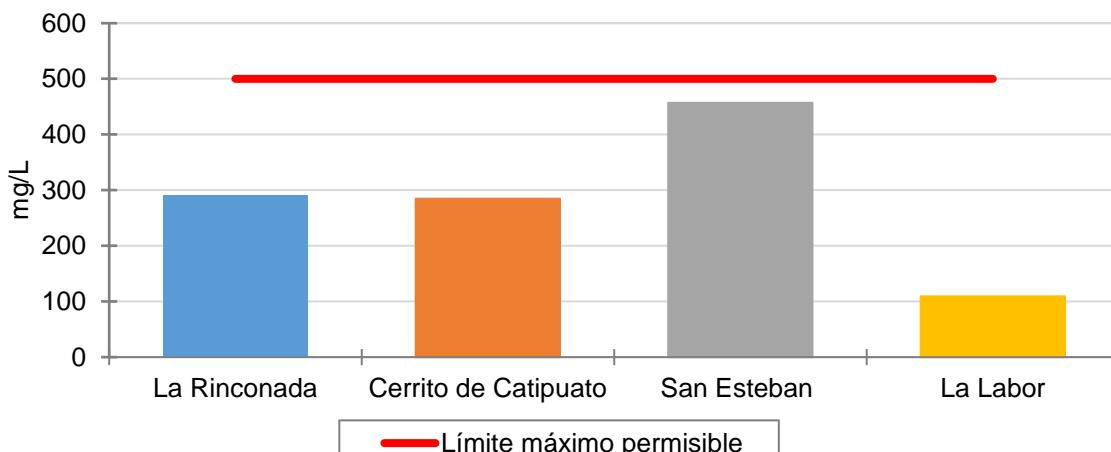


Figura 35. Dureza total

Sales

La sal predominante en las comunidades en estudio (**Figura 36**) es el calcio, responsable de la dureza previamente descrita. El alto contenido de estas sales influye directamente en la alta conductividad eléctrica (**Figura 30**).

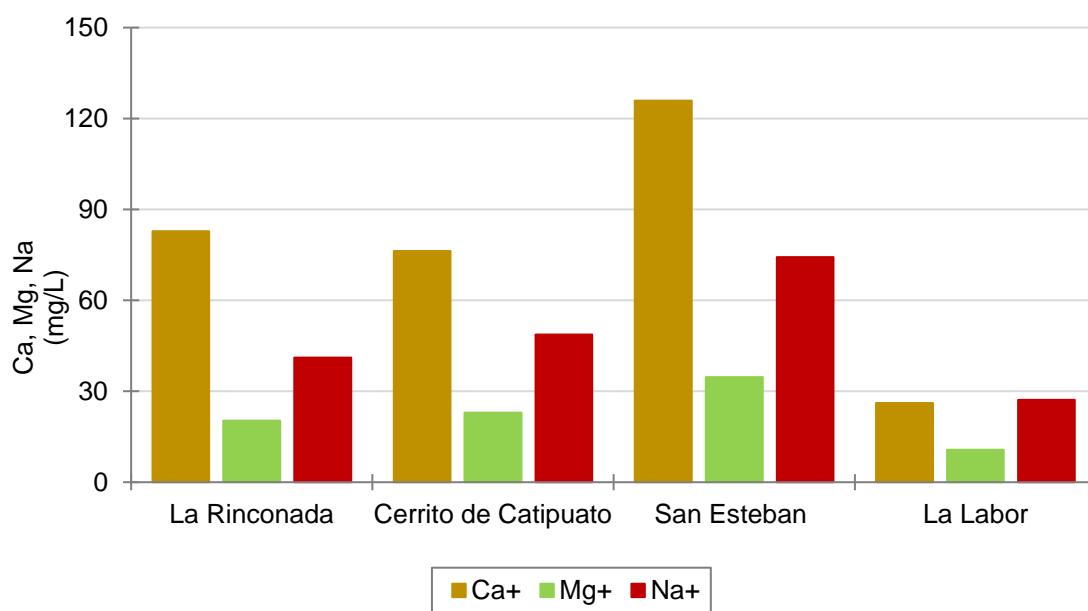


Figura 36. Sales

b) Agua residual

Los efluentes residuales son regidos en nuestro país por la **NOM-002-SEMARNAF-1996 (DOF, 1998)**, que establece los límites máximos permisibles de

contaminantes en las descargas a cuerpos de agua y alcantarillado urbano. A continuación, se explican algunos parámetros con sus respectivos límites dentro de la normativa vigente. De esta manera se conocerá qué efluentes están cumpliendo y cuáles no, así como las medidas necesarias para su cumplimiento. Las muestras de agua residual se tomaron del siguiente origen en cada uno de los sitios (**Tabla 10**).

Tabla 10. Origen de las muestras tomadas para análisis de agua residual.

Comunidad	Origen de la muestra
La Labor	Descarga situada en Arroyo Blanco.
San Esteban	Descarga situada en el Dren.
Cerrito de Catipuato	Alcantarillado principal de la comunidad.
La Rinconada	Descarga aislada antes de incorporarse a canal de riego.

Temperatura, pH y Oxígeno disuelto

En el agua residual, la relación entre oxígeno disuelto y pH es determinante para la supervivencia del consorcio bacteriano, que permitirá la degradación de la biomasa presente en el efluente residual.

En la **Figura 37**, se observa que, en La Rinconada, por ser la comunidad más grande, se espera haya menos oxígeno disuelto debido a los requerimientos de la biomasa aerobia. El pH se mantiene dentro de la norma, permitiendo el desarrollo oportuno de biomasa aerobia que facilitará la degradación de materia orgánica.

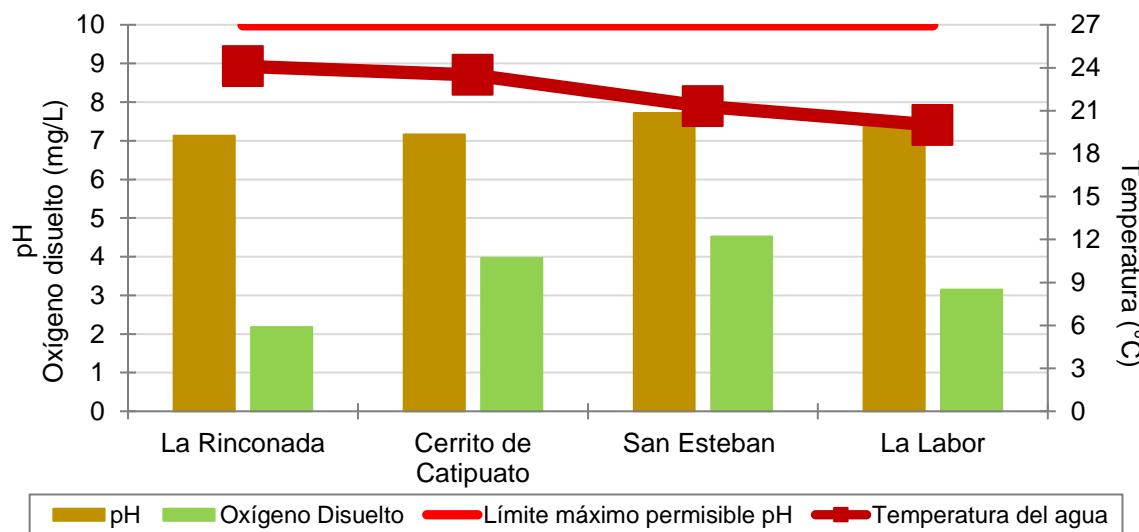


Figura 37. Temperatura - pH - Oxígeno Disuelto.

El resto de los parámetros observados en campo se presentan en la **Figura 38**.

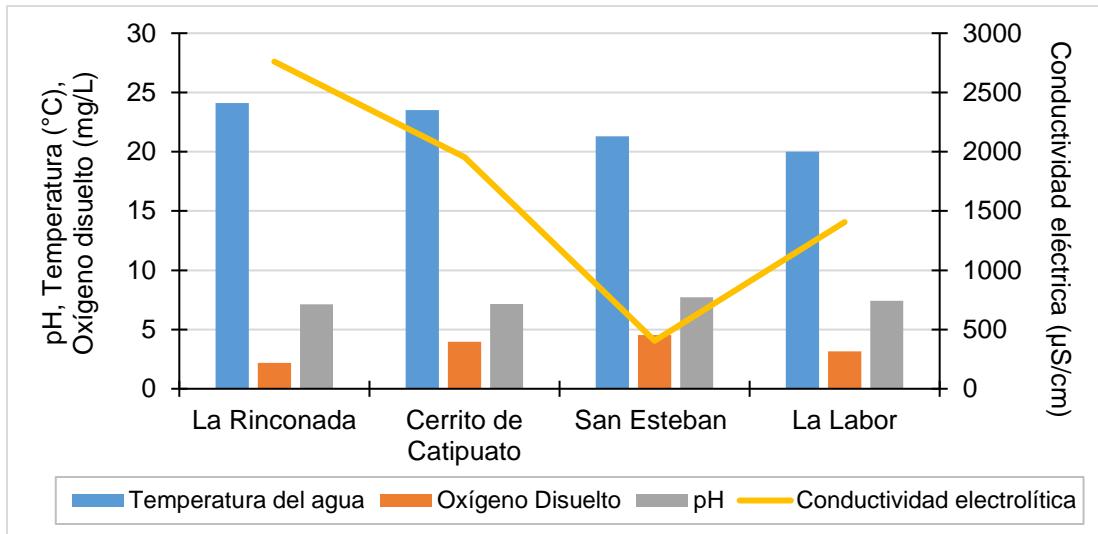


Figura 38. Parámetros tomados a las aguas residuales en campo.

Turbiedad

Los niveles de turbiedad y color que se muestran en la **Figura 39**, coinciden con la carga orgánica aparente de cada una de las comunidades, la cual está dada por el número de pobladores.

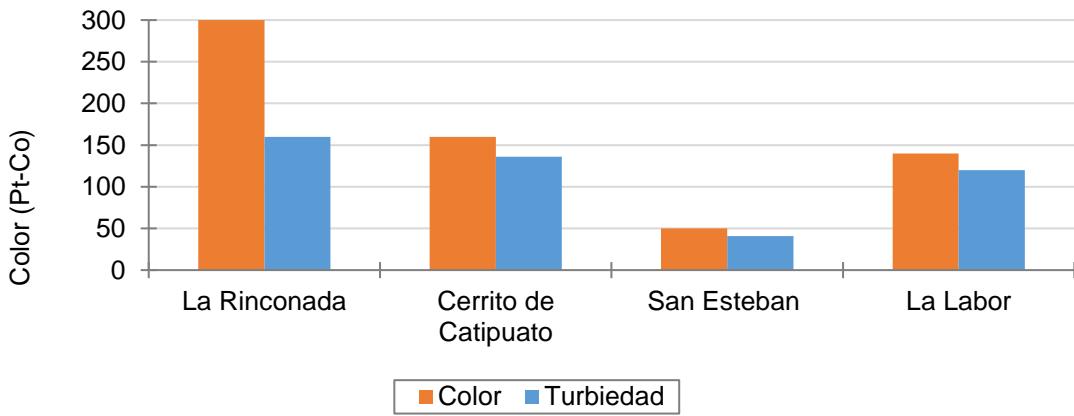


Figura 39. Turbiedad y color.

Coliformes fecales

El límite máximo permisible para coliformes fecales en efluentes residuales es de máximo 1,000 UFC/100 mL según la **NOM-001-ECOL-1996 (DOF, 1997)**. En

todas las comunidades rebasa la norma (**Figura 40**). En San Esteban, el valor bajo (2,500 UFC/100 mL) puede ser atribuible a la dilución por haber tomado la muestra de agua directo del dren donde desagua.

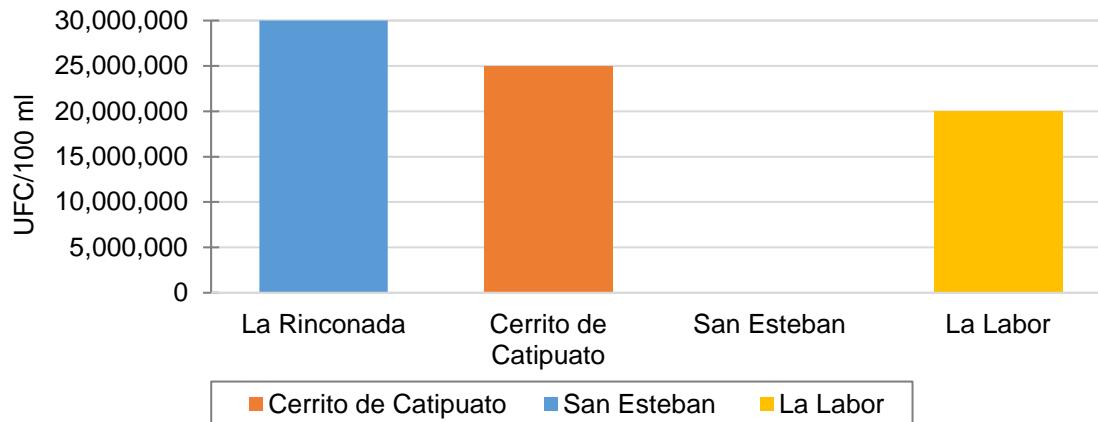


Figura 40. Coliformes Fecales

DBO_5

La demanda bioquímica de oxígeno a cinco días (DBO_5) es un indicador indirecto de la cantidad de materia orgánica biodegradable presente en el agua. En ese margen, La Rinconada y Cerrito de Catipuato rebasan la norma **NOM-001-ECOL-1996 (DOF, 1997)** (**Figura 41**), mientras que La Labor apenas queda por debajo de los límites máximos; San Esteban queda muy por debajo de los mismos.

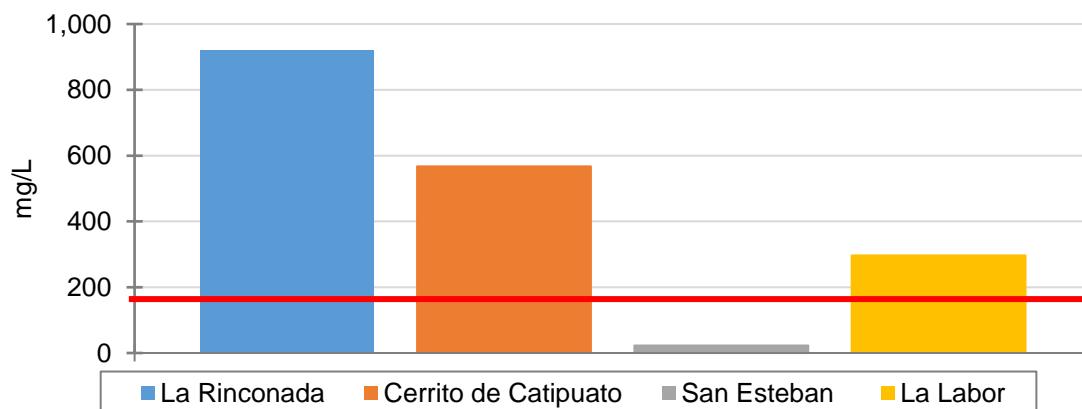


Figura 41. DBO_5

DQO

La Demanda Química de Oxígeno se utiliza como indicador de la presencia de sustancias provenientes de descargas no municipales. La cantidad de DQO presente en (**Figura 42**) La Rinconada, Cerrito de Catipuato y La Labor se consideran de alto impacto según la **NOM-001-ECOL-1996 (DOF, 1997)** por rebasar los 200 mg/L, y se clasifican como efluentes fuertemente contaminados (**CONAGUA-SEMARNAT, 2012**).

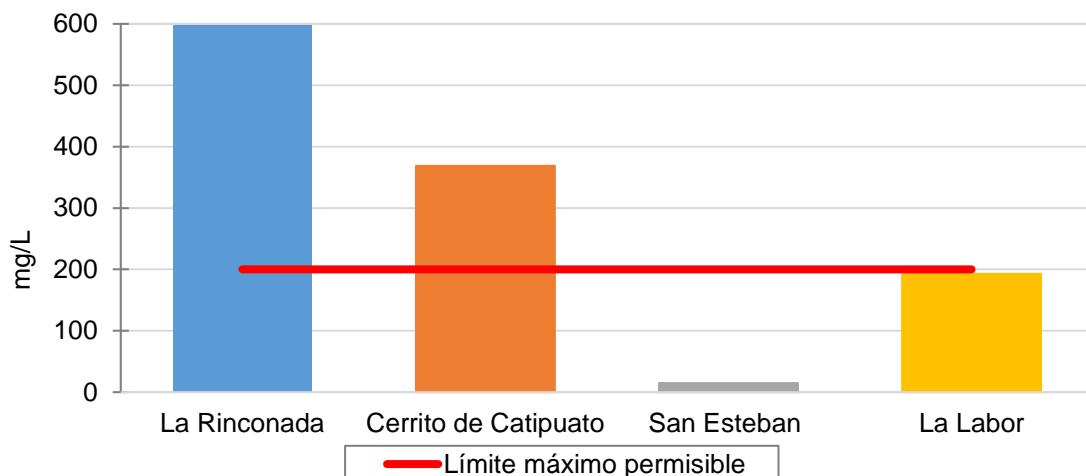


Figura 42. DQO

Sólidos suspendidos totales

Para las comunidades en estudio, la única muestra que sobrepasó los límites permitidos por la norma **NOM-001-ECOL-1996 (DOF, 1997)**, fue la comunidad de La Labor (**Figura 43**), excediendo los 200 mg/L permitidos por la misma.

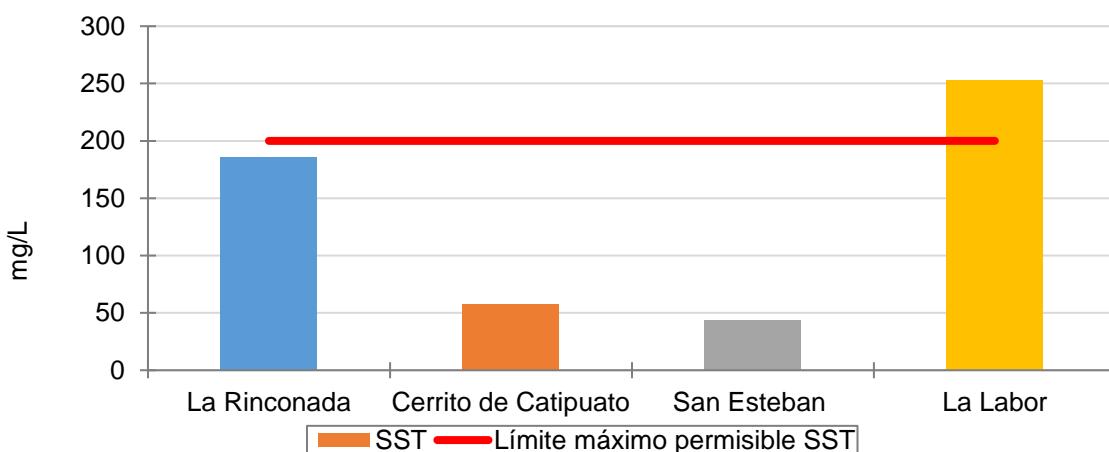


Figura 43. Sólidos Suspendidos Totales

3. Elementos traza

Los resultados obtenidos de los análisis de elementos traza, han sido organizados en tablas para su comparación respecto a los límites máximos permisibles de los parámetros de las Normas Oficiales Mexicanas siguientes:

- **Agua de los pozos de extracción: NOM-127-SSA1-1994 (DOF, 2000) (Tabla 11).**

De acuerdo con los resultados obtenidos, se muestra elevado el Plomo en el agua extraída del pozo de agua, en la comunidad de San Esteban, donde el nivel de abatimiento del pozo es tan cercano a la superficie, que podría influir en la cantidad de contaminantes encontrados en el agua.

El resto de los parámetros en las localidades se encuentran dentro del límite máximo permisible, incluso en algunos ni siquiera se detectó en las pruebas realizadas.

Tabla 11. Resultados obtenidos del análisis de elementos traza en aguas subterráneas de los pozos de las comunidades.

Parámetro Sitio	As (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Pb (mg/L)	Zn (mg/L)
Pozo La Rinconada	0.0010 ± 0.0051	0.133 ± 0.0051	3.624 ± 0.032	<1/d	<1/d
Pozo Cerrito de Catipuato	0.0005 ± 0.0231	0.159 ± 0.0231	3.701 ± 0.0176	<1/d	<1/d
Pozo San Esteban	0.0070 ± 0.0141	0.747 ± 0.0141	3.917 ± 0.0839	0.211 ± 0.0523	0.002 ± 0.005
Pozo La Labor	0.0029 ± 0.019	0.184 ± 0.019	3.524 ± 0.0743	<1/d	<1/d
Límite máximo permisible	0.025			0.01	5.0
Cd, Cr, Cu, Fe, Ni= No Detectado					

- **Aguas residuales y lixiviados: NOM-001-ECOL-1996 (DOF, 1997), (Tabla 12 y 13).**

Tabla 12. Elementos traza detectados en lagunas de Lixiviados.

Parámetro Sitio	As (mg/L)	Ca (mg/L)	Cr (mg/L)	Cu (mg/L)	Fe (mg/L)	Mg (mg/L)	Ni (mg/L)	Pb (mg/L)	Zn (mg/L)
Lixiviados R-I	0.4322 ±0.0123	1.152 ±0.0099	1.239 ±0.0061	0.143 ±0.0037	10.995 ±0.1776	4.057 ±0.0108	0.72 ±0.0925	0.099 ±0.004	1.725
Lixiviados R-II	0.3846 ±0.0135	1.516 ±0.0056	<1/d ±0.0056	0.034 ±0.0254	5.952 ±0.0616	4.088 ±0.022	0.441 ±0.0013	<1/d ±0.359	0.359
Límite máximo permisible	0.4	1.5	6.0			4.0	1.0	20	
Cd= No Detectado									

Respecto a la **Tabla 12**, correspondiente a la cantidad de contaminantes en forma de elementos traza presentes en ambas Represas de lixiviados, se aprecia la presencia elevada de Níquel, rebasando lo permitido en la **NOM-001-ECOL-1996 (DOF, 1997)**, al igual que los niveles de Arsénico en la **Represa I**.

Por la naturaleza de construcción de las represas de lixiviados, se espera que la geomembrana que cubre el suelo, así como la infraestructura general del relleno sanitario del Municipio de Zamora, impida que contaminantes se filtren a suelo, ocasionando daño al mismo, y al área que en ella incurre. Sin embargo, esto no es posible saberlo, hasta que se hagan estudios más especializados al respecto.

Resultó importante elaborar un mapa que refleje el drenaje presente en la microcuenca, y así poder inferir la influencia de los contaminantes del relleno sanitario en el área circundante, no encontrando mayor influencia del mismo en alguna de las comunidades en estudio (**Figura 44**). Sin embargo, el sitio San Esteban podría verse afectado por el drenaje del área cercana al pozo de extracción, siendo el que tuvo mayor concurrencia de drenaje.

Los daños al ambiente y a la salud de las personas que ahí habitan, en caso de haber alguna fuga de lixiviados, pueden ser bastante variables: en el caso del ambiente puede llevar a la acumulación de estos componentes en el suelo,

infertilidad, inducción a la cadena alimenticia por medio de las plantas, afectando el desarrollo de estas.

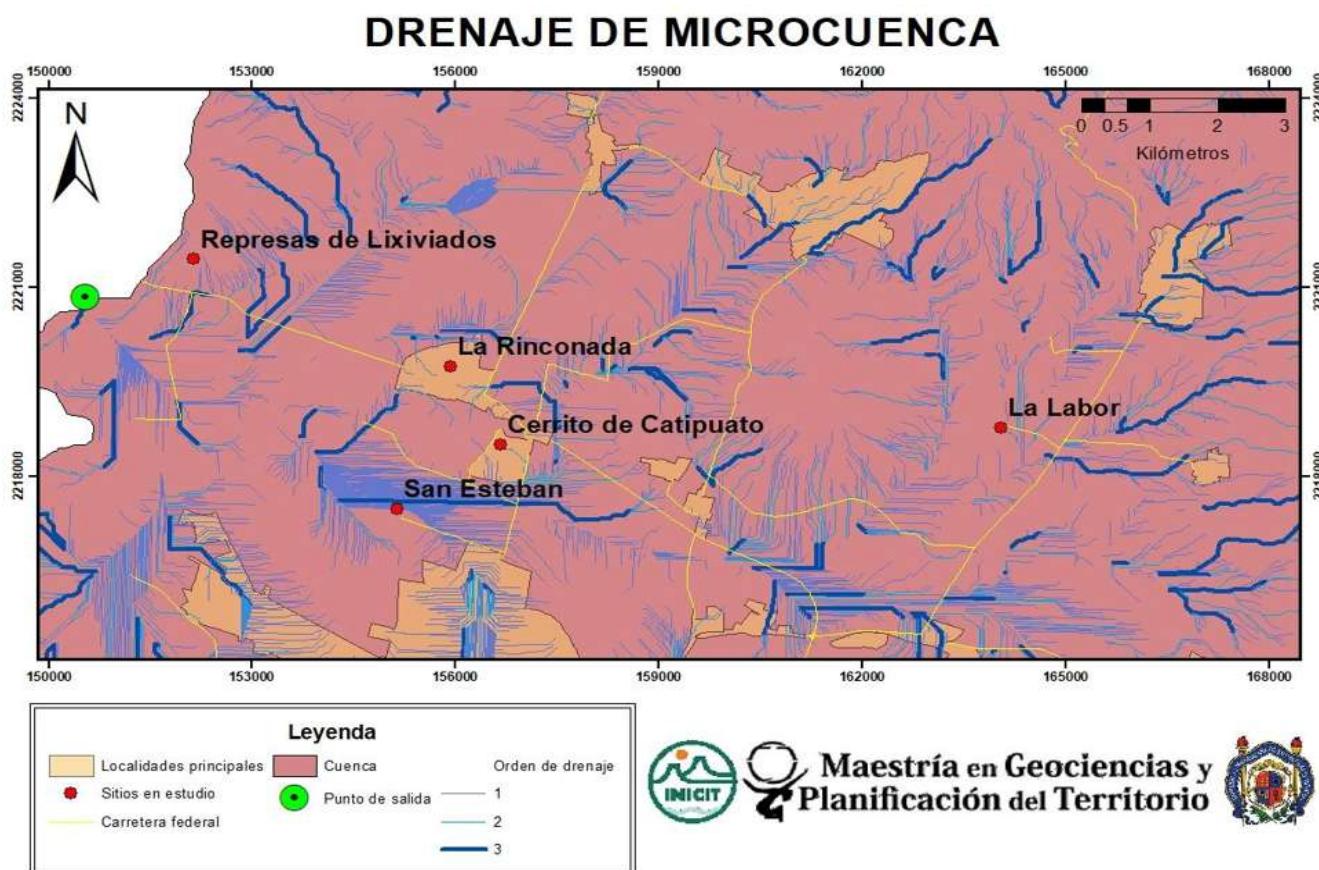


Figura 44. Mapa de drenajes de la microcuenca del sitio de estudio.

Por otro lado, respecto a la salud de las personas, puede ocasionar en las personas que están en constante contacto o consumo con el líquido contaminado: daño renal, cardíaco, saturnismo, problemas nerviosos, daños durante el embarazo, entre otros.

Respecto a lo encontrado en las descargas de agua residual de las comunidades (**Tabla 13**), todos los parámetros se encontraron dentro de la **NOM-001-ECOL-1996 (DOF, 1997)**.

Tabla 13. Elementos traza detectados en las descargas residuales de las comunidades.

Sitio \ Parámetro	As (mg/L)	Ca (mg/L)	Cu (mg/L)	Fe (mg/L)	Mg (mg/L)	Zn (mg/L)
Residual La Rinconada	0.0032 ±0.0064	1.07 ±0.0018	0.093 ±0.0135	4.824 ±0.0931	3.84 ±0.021	0.679
Residual Cerrito de Catipuato	0.0042 ±0.0046	0.954 ±0.0015	0.065 ±0.0183	2.127 ±0.0444	3.901 ±0.0012	0.209
Residual San Esteban	0.0031 ±0.0255	0.902 ±0.0015	0.065 ±0.0686	1.803 ±0.0597	3.71 ±0.0041	0.045
Residual La Labor	0.0047 ±0.0047	0.802 ±0.0012	0.053 ±0.0057	7.608 ±0.0654	3.755 ±0.0013	0.139
Límite máximo permisible	0.4		6.0			20
Cd, Cr, Ni y Pb= No Detectado						

4. Proyección poblacional

Los resultados del ejercicio de proyección poblacional indican que las comunidades que tendrán un crecimiento considerable será La Rinconada, mientras que Cerrito de Catipuato, La Labor y San Esteban mantendrán un esquema reservado de crecimiento (**Tabla 14 y Figura 45**).

Tabla 14. Proyección poblacional por método algebraico.

Año	Población real/esperada			
	La Rinconada	Cerrito de Catipuato		San Esteban
				La Labor
2010	4 155	528	264	149
2017	4 404.6	553.1	272.5	155.37
2035	5 046.4	617.5	294.2	171.75
2060	5 937.7	707.1	324.5	194.5

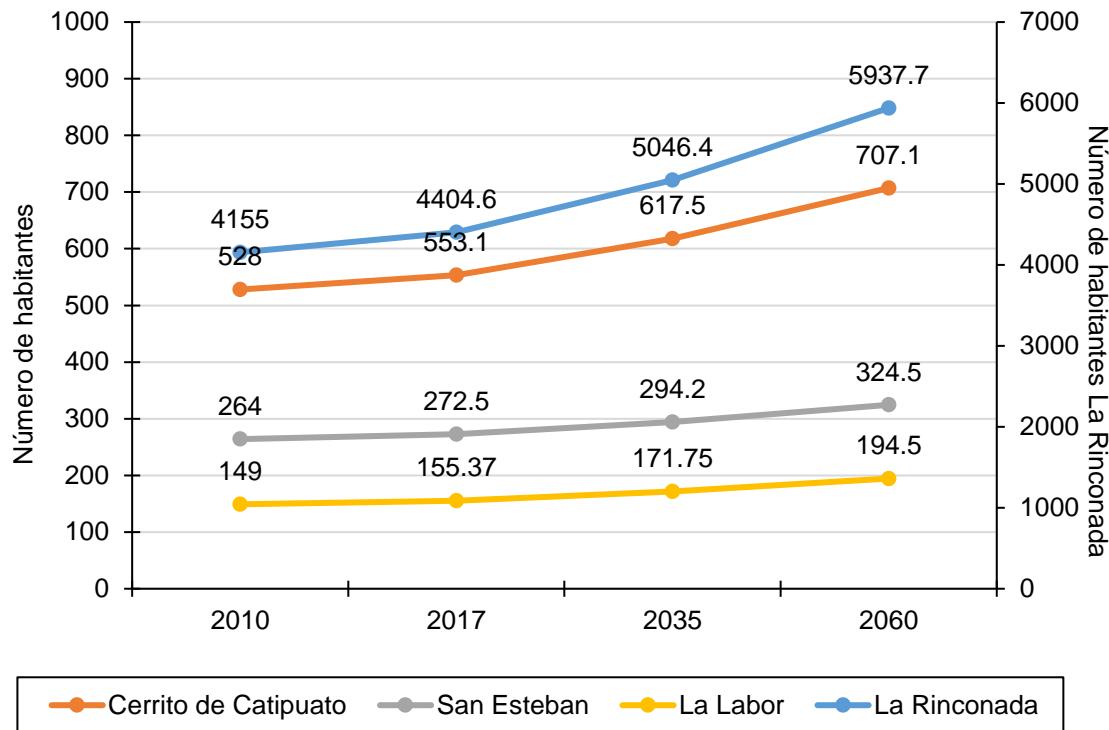


Figura 45. Proyección poblacional

Este crecimiento, observado desde el 2010, puede correlacionarse fácilmente con la apertura de fábricas, congeladoras y procesadoras de alimentos como mango, fresa y otras frutillas, cuya fuente inminente de empleo incluso ha permitido la micro migración de la propia urbe, a esta zona de la periferia. Esta actividad económica no solo ha permitido la apertura de empleos en la región, sino también la inversión de empresas extranjeras que llegan al Valle de Zamora a colocar estos centros laborales, que se refleja en una aparente estabilidad económica para las comunidades rurales de la región.

Sin embargo, este crecimiento poblacional desmedido, requerirá sin duda de ardua planeación territorial y de uso de recursos, para evitar el estrés hídrico en los habitantes de esta zona, ya que las estimaciones de consumo de agua en la proyección a futuro alertan de la importancia de la planificación en los tres niveles de gobierno y con la gente de las comunidades. Cabe aclarar que la proyección fue elaborada no contempla factores sociales tales como la migración.

En cuanto a las comunidades de La Labor y San Esteban, se estima un incremento poblacional bajo en comparación a las otras dos líneas de tendencia realizadas (Cerro de Catipuato y La Rinconada). Puede inferirse esta diferencia, por evidencia de las encuestas realizadas, a la migración a otro país, a otra localidad o a otro centro de trabajo, poca extensión territorial, y que la población actual en su mayoría es de la 3^a edad.

VII. DISCUSIÓN

En las comunidades en estudio, los aspectos sociales tienen más peso que los aspectos técnicos. La pobreza generalizada y el olvido de las autoridades gubernamentales ha orillado a los pobladores a que sigan haciendo uso de sus recursos de manera autogestionaria, aprendiendo de las fallas anteriores para ir mejorando la forma de manejo del agua. En general han percibido una disminución de calidad y disponibilidad del recurso, nada comparado con la falta de confianza en los representantes sociales que, orillados por la necesidad, vulneran los lazos sociales que se han forjado durante décadas.

La falta de confianza en las autoridades y encargados del orden, han puesto en severo peligro la tradición del cuidado de recursos naturales en las comunidades, debido al descontento de la comunidad, la pobreza y la falta de oportunidades. Sin embargo, ponen gran énfasis en que sin importar lo difícil que sea, deben ser ellos quienes administren sus recursos, ya que, al pasar a manos de la municipalidad, se encarecerán los servicios y la disponibilidad será en menor cantidad.

La razón más grande y por la cual se impulsan a seguir luchando por conservar sus pozos (a pesar de la insistencia del Organismo operador SAPAZ), es la memoria histórica. Refieren que no pueden entregar algo por lo que pelearon sus padres, abuelos y hermanos, ya que se identifican profundamente con la movilización social que fue necesaria para poder gozar de sus propios recursos hídricos, así como de la infraestructura que les ha permitido salir adelante (escuelas, consultorios médicos, centros religiosos y elementos recreativos).

En los trabajos realizados por **Velázquez y Pimentel (2006; 2007; 2008)**, se muestran concentraciones elevadas de metales pesados como el plomo, en las aguas subterráneas de la parte baja de la cuenca del Río Duero. En nuestro sitio de estudio, este elemento solo se encontró en la comunidad de San Esteban, rebasando el límite permitido por la **NOM-127-SSA1-1994 (DOF, 2000)**. Por la cercanía que tiene esta comunidad (y por ende, el pozo de extracción) al dren de descargas agrícolas y residuales, y por desconocer el origen de estos efluentes, los

niveles de plomo encontrados en el muestreo pudieran estar relacionados con dicho dren.

Con respecto a la evidencia de presencia de Arsénico y Níquel en las Represas de Lixiviados del Relleno Sanitario del Municipio de Zamora, las concentraciones elevadas podrían deberse a la cantidad de contaminantes que pueden variar de acuerdo con la temporalidad, concentración de tóxicos en el relleno, etc. Con base en el mapa de drenajes realizado, se podría suponer que no representa un problema para las comunidades en estudio.

En el aspecto del aumento poblacional en las comunidades estudiadas, es importante observar la dinámica de crecimiento en La Rinconada, donde ha habido una explosión demográfica interesante. Podría suponerse que este crecimiento desmesurado es ocasionado por la generación de empleos a partir del surgimiento de empresas de procesamiento de alimentos en la zona antes mencionada (llamadas entre los pobladores como “Congeladoras”), donde los habitantes podrían llevar a cabo micro migraciones de la ciudad hacia estas comunidades rurales, para residir cerca de su fuente de empleo.

VIII. CONCLUSIONES

Es de importancia continuar haciendo estudios rurales para identificar los factores que han propiciado conductas autogestionarias y trabajar con las comunidades en el rescate de las identidades colectivas para la preservación de sus recursos hídricos. De esta forma se puede asegurar la descentralización institucional del agua, donde muchos intereses sociales quedan mermados por el negocio que implica el vital líquido. Asimismo, rescatar los valores sociales, la memoria histórica y el comportamiento ético, debe ser prioridad no sólo para los entes rurales, sino para los colectivos o instituciones reguladoras. A largo plazo, esto podría devenir en un fortalecimiento de los comités y administraciones locales en la gobernanza de su recurso, teniendo un sistema de gestión efectivo, autónomo y sustentable.

Es de suma relevancia ahondar en la concentración elevada de plomo en la comunidad de San Esteban, debido al riesgo de contaminación que podría generarse en el suelo, el ambiente y la salud de los pobladores. Se sugiere hacer una nueva toma de muestras para realizar la comparación correspondiente, además de verificar las posibles fuentes de contaminantes aguas arriba.

Respecto a los factores de origen bacteriológico, es necesario establecer la cloración en cada una de las comunidades, para aumentar la calidad de este recurso para consumo humano, impidiendo así la proliferación de enfermedades en los habitantes. Esto podría garantizar que la confiabilidad que se tiene de la calidad del recurso aumente considerablemente, teniendo así una valorización importante dentro de los pobladores para con el recurso hídrico que poseen.

También se recomienda hacer estudios donde se determinen las formas de nitrógeno y hacer un balance de los niveles de amonio presentes en cada uno de los cuerpos de agua, tanto potables como residuales. Además, las concentraciones de hierro y manganeso, que, si bien no son tóxicos, afectan las posibilidades de uso al generarle color al agua.

Es necesario promover el tratamiento de aguas residuales, informando a los pobladores de las comunidades de la importancia de esta parte de la gestión. Las personas a cargo de los comités de agua podrían asesorarse y solicitar la puesta en marcha del *Programa Parcial de Desarrollo Urbano de La Rinconada - Cerrito de Caticuato 2014-2034* (**Secretaría de Gobierno del Estado de Michoacán, 2014**), donde al menos tres de las comunidades en estudio (San Esteban, La Rinconada, Cerrito de Catipuato) se verían directamente beneficiadas con la adecuada implementación.

El crecimiento poblacional y el recurso hídrico disponible en las comunidades no debe perderse del foco de atención, puesto que la disminución del agua es una cuestión que indudablemente, irá en aumento. Tomar las consideraciones de gestión integral será fundamental para la planeación y mitigación de efectos por el abatimiento de agua en la zona, sobre todo en la comunidad de La Rinconada, donde en los últimos 10 años se ha observado un aumento considerable en la población asentada en esta comunidad.

IX. REFERENCIAS

- Aboites Aguilar, L.; Birrichaga Gardida, D., y Garay Trejo, J. (2010). *El Manejo de las Aguas Mexicanas en el Siglo XX*, Cap. 2 en “Los Retos del Agua”; Cap. 3 en *El Agua en México: Cauces y encauces*, Jiménez, B.; Torregrosa, M. L., y Aboites, A. (eds.), Academia Mexicana de Ciencias, 702 pp., México, pp. 21-50.
- Aguillón, J. E., C. Alatorre, C. Cruickshank, B. Gamiño, J. L. Martínez, R. Mendoza, I. Monje, R. Solís M. Tripa. (2005). *Diagnóstico energético e hidráulico del estado de Michoacán*. IE-UNAM, CIDEM. Morelia, Mich., México.
- Ávila, Patricia. (1996). *Escasez de agua en una región indígena. El caso de la Meseta Purépecha*. México: El Colegio de Michoacán. pp. 349.
- Bates, B.C.; Kundzewicz, Z.W.; Wu, S.; Palutikof, J.P. (eds.). (2008). *Climate Change and Water, Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC Secretariat. Geneva. 210 pp.
- Benez, Mara C.; Kauffer-Michel, Edith F.; Soares-Moraes, Denise; Álvarez-Gordillo, Guadalupe. (2010). *El estudio de las percepciones de la gestión de la calidad del agua, una herramienta para fortalecer la participación pública en la microcuenca del río Fogótico, Chiapas*. Región y Sociedad 22 (47). Enero-abril 2010. Hermosillo, México. pp. 73-104
- Boelens, Rudgerd. (1998). *Gestión colectiva y construcción social de sistemas de riego campesino: Una introducción conceptual*. En: Boelens R., y G. Dávila (eds). *Buscando la equidad: concepciones sobre justicia y equidad en el riego campesino*. Los Países Bajos, Von Goreum & Co. pp: 56-58.
- Cabrero, E. (2011). Los gobiernos municipales a debate: *Un análisis de la institución municipal a través de la Encuesta INEGI 2009*. CIDE-Coyuntura y Ensayo. México.
- Casas-Cervantes, Abril Fabiola. (2015). *La gestión comunitaria del agua y su relación con las políticas públicas municipales. El caso del manantial de Patamburapio en el estado de Michoacán, 2009-2014*. Intersticios Sociales El Colegio de Jalisco. Núm. 10. Jalisco, México. Septiembre. pp. 1-43
- Castro, José y Lacabana, Miguel. (2005). *Agua y desarrollo en América Latina: por una democracia sustantiva en la gestión del agua y sus servicios*. Cuadernos del Cendes, año 22, núm. 59, mayo-agosto, Caracas, Venezuela.
- Chávez A., Edgar Aldir. (2010). *Hidroquímica e Índice de calidad del agua en la Ciénega de Chapala, Michoacán* (tesis de maestría). Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional CIIDIR Michoacán-IPN.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2012)., Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). *Estadísticas del agua en México*. Recuperado el 10 de febrero de 2018. http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen14/06_agua/6_2_1.html

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2016). *Normales climatológicas. ESTACIÓN 00016031 CHAPARACO y ESTACIÓN 00016144 ZAMORA. 1951-2010. Sistema Meteorológico Nacional*. CONAGUA. Recuperado el 15 de diciembre de 2016, de http://smn1.conagua.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=190:michoacan&catid=14:normales-por-estacion.

Comisión Nacional del Agua-Instituto Politécnico Nacional. (2008). *Informe Ejecutivo Saneamiento integral de la cuenca del río Duero*. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Michoacán-IPN. pp. 1-16.

Diario Oficial de la Federación. (1992). NMX-AA-3-1980. *Norma Mexicana "Aguas Residuales-Muestreo"*.

Diario Oficial de la Federación. (1994). NOM-014-SSA1-1993. *Norma Oficial Mexicana "Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados"*.

Diario Oficial de la Federación. (1997). NOM-001-ECOL-1996. *Norma Oficial Mexicana "Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales"*.

Diario Oficial de la Federación. (1998). NOM-002-ECOL-1996. *Norma Oficial Mexicana "Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal"*.

Diario Oficial de la Federación. (2000). NMX-AA-004-SCFI-2000. *Norma Mexicana "Análisis de agua - Determinación de sólidos sedimentables en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de prueba (Cancela a la NMX-AA-004-1977)"*.

Diario Oficial de la Federación. (2000). NMX-AA-093-SCFI-2000. *Norma Oficial Mexicana "Análisis de agua - Determinación de la conductividad electrolítica - Método de prueba (Cancela a la NMX-AA-093-1984)"*.

Diario Oficial de la Federación. (2000). NOM-127-SSA1-1994. *Norma Oficial Mexicana "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. (2001). NMX-AA-012-SCFI-2001. Norma Mexicana “Análisis de agua

- Determinación de oxígeno disuelto en aguas naturales, residuales y residuales tratadas- método de prueba”.

Diario Oficial de la Federación. (2001). NMX-AA-028-SCFI-2001. Norma Mexicana “Análisis de agua

- Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en aguas naturales, residuales (DBO⁵) y residuales tratadas - Método de prueba (Cancela a la NMX-AA-028-1981)”.

Diario Oficial de la Federación. (2001). NMX-AA-030/2-SCFI-2011. Norma Mexicana “Análisis de agua

agua - Determinación de la Demanda Química de Oxígeno en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de prueba - parte 2 - Determinación del Índice de la Demanda Química de Oxígeno – Método de tubo sellado a pequeña escala.

Diario Oficial de la Federación. (2001). NMX-AA-036-SCFI-2001. Norma Mexicana “Análisis de agua

- Determinación de acidez y alcalinidad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de prueba (Cancela a la NMX-AA-036-1980)”.

Diario Oficial de la Federación. (2001). NMX-AA-038-SCFI-2001. Norma Mexicana “Análisis de agua

- Determinación de turbiedad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de prueba (Cancela a la NMX-AA- 038-1981)”.

Diario Oficial de la Federación. (2001). NMX-AA-045-SCFI-2001. Norma Mexicana “Análisis de agua

- Determinación de color platino cobalto en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de prueba (Cancela a la NMX-AA-045-1981)”.

Diario Oficial de la Federación. (2001). NMX-AA-072-SCFI-2001. Norma Mexicana “Análisis de agua

- Determinación de dureza total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de prueba (Cancela a la NMX-AA- 072-1981)”.

Diario Oficial de la Federación. (2001). NMX-AA-073-SCFI-2001. Norma Mexicana “Análisis de agua

- Determinación de cloruros totales en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de prueba (Cancela a la NMX-AA-073-1981)”.

Diario Oficial de la Federación. (2001). NMX-AA-079-SCFI-2001. Norma Mexicana “Análisis de agua

aguas - Determinación de Nitratos en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas - Método de prueba (Cancela a la NMX-AA-079-1986)”.

Diario Oficial de la Federación. (2006). NMX-AA-102-SCFI-2006. Norma Mexicana “Calidad del agua

- Detección y enumeración de organismos coliformes, organismos coliformes termo tolerantes y Escherichia coli presuntiva – Método de filtración en membrana (Cancela a la NMX-AA-102-1987)”.

Diario Oficial de la Federación. (2010). NMX-AA-026-SCFI-2010. *Norma Mexicana “Análisis de agua - Medición de Nitrógeno Total Kjeldahl en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de prueba - (Cancela a la NMX-AA-026-SCFI-2001)”*.

Diario Oficial de la Federación. (2011). NMX-AA-008-SCFI-2011. *Norma Mexicana “Análisis de agua - Determinación del pH - Método de prueba- (Cancela a la NMX-AA-008-SCFI-2000)”*.

Diario Oficial de la Federación. (2014). NMX-AA-007-SCFI-2013. *Norma Mexicana “Análisis de agua- Medición de la temperatura en aguas naturales, residuales y residuales tratadas- Método de prueba”*.

Diario Oficial de la Federación. (2014). NMX-AA-074-SCFI-2014. *Norma Mexicana “Análisis de agua – Medición del ion sulfato en aguas naturales, residuales y residuales tratadas – Método de prueba - (cancela a la NMX-AA-074-1981)”*.

Diario Oficial de la Federación. (2015). NMX-AA-034-SCFI-2015. *Norma Mexicana “Análisis de agua - Medición de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas – Método de prueba (Cancela a la NMX-AA-034-SCFI-2001)”*.

DOF (Diario Oficial de la Federación). (2011). *Ley de Aguas Nacionales*. Última Reforma. 20/06/2011.

DOF (Diario oficial de la Federación). (2015). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Zamora (1608), Estado de Michoacán*. 20/04/2015.

Galindo E., Emmanuel y Palerm V., Jacinta. (2007). *La centralización municipal del manejo del agua potable frente al manejo comunitario: efectos en las instituciones comunitarias*. VII Congreso AMER 2007. Comité Temático 3: Estrategias Sociales Y Políticas Públicas. pp. 1-28.

González V., Fernando (Coord.); Barocio R., Rubén; Matus P., Javier; Nava E., César; Herrera T., César; Becerril, Citlalli; Magaña R., Víctor O.; Vilaclara, Gloria; Aguilar A., Enrique; Zambrano G., Luis. (2009). *II Encuentro Universitario del Agua: Orientaciones Estratégicas*. Red del Agua- UNAM- Fundación Gonzalo Río Arronte. pp. 41.

González, P. J. (2004). *El manejo de cuenca en Cuba: actualidades y retos*: Cotler, E. (comp.) El Manejo Integrado de Cuenca en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental, INE-SEMARNAT, México, pp. 21-40.

Goyenola, Guillermo. (2007). Guía para la utilización de las Valijas Viajeras. Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos (RED MAPSA). Recuperado de http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/tematicas/transparencia_color_%20turbidez.pdf

- Guzmán R., Nohora B. (2009). *La gestión social del agua potable en los altos de Morelos*. En La gestión de los recursos hídricos: realidades y perspectivas, tomo II. Semarnat/IMTA/Universidad de Guadalajara. México.
- H. Ayuntamiento de Zamora. (2008). *Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Zamora; Michoacán*.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2004). *Guía para la interpretación de cartografía*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). México. 8 pp.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2010). *Compendio de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Zamora, Michoacán de Ocampo*. 2009. XII Censo de Población y Vivienda INEGI 2010.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2014) *Guía para la interpretación de cartografía: edafología: escala 1:250 000: serie III*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). México. 69 pp.
- Jairo A. (2002). *Calidad del agua*. Editorial Alfa Omega. 2^a edición.
- Jiménez Cisneros, B.; Durán Álvarez, J. C., y Méndez Contreras, J. M. (2010) En: "El Manejo de las Aguas Mexicanas en el Siglo XX", Cap. 2 en El Agua en México: Cauces y encauces, Jiménez, B., Torregrosa, M. L., y Aboites, A. (eds.). México. Academia Mexicana de Ciencia. pp. 265-290.
- Jiménez, B. (2001). *La contaminación ambiental en México: Causas, efectos y tecnología*. Editorial Limusa. México, DF. pp. 925.
- Jiménez, Cisneros, B. (2008). *Calidad del agua en México: principales retos*. En: Olivares, Roberto; Sandoval, Ricardo. El agua potable en México: Historia reciente, actores, procesos y propuestas. México, DF. ANEAS, AC. pp. 159-171.
- Kroneck, P. M. H. (2005). *The biological cycles of the elements and the evolution of life*. In: Sigel, A.; Sigel. H. and R. K. O. Sigel (eds.). Metal ions in biological systems. Vol. 43. Taylos & Francis Group. Boca Raton, FL. pp. 1-7.
- Leff, Enrique. (2005). *La geopolítica de la biodiversidad y el desarrollo sustentable*. OSAL. Revista del Observatorio Social de América Latina, 6(17). En: Sandoval M., Adriana y Günther, María G. (2015). *Organización social y autogestión del agua: Comunidades de la Ciénega de Chapala, Michoacán*. Política y Cultura, núm. 44. pp.111.
- Maass, J. M. (2004). *Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas: un análisis del problema de escala*: Cotler, E. (comp.) El Manejo Integrado de Cuencas en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental, INE-SEMARNAT. México, pp. 49-62.

- Mendoza, Víctor; Villanueva, Elba y Maderey, Laura. (2004). *Vulnerabilidad en el recurso agua de las zonas hidrológicas de México ante el Cambio Climático Global*. En: Martínez, Julia y Fernández Bremauntz, Adrián (comps.). *Cambio climático: una visión desde México*. SEMARNAT-INE. México. pp. 215-226.
- Michael Butler, Lorna. (2012). *The sondeo: A rapid reconnaissance approach for situational assessment. Extension anthropologist department of rural sociology*.
- Nieto Carabeo, Luz María. (2003). *¿Por qué no/sí actuamos ambientalmente? La brecha entre la mente, la emoción y la conducta*. <http://ambiental.uaslp.mx/does/LMNC.Apo30306.pdf> (2006).
- Organización Mundial de La Salud (OMS) (s.f.). *Agua, saneamiento y salud: La salud en el desarrollo de los recursos hídricos*. Recuperado el 20 diciembre 2016, de http://www.who.int/water_sanitation_health/resources/resquality/es/
- Ostrom, Elinor (1999). *Principios de diseño y amenazas a las organizaciones sustentables que administran recursos comunes*. Taller de Teoría Política y Análisis de Políticas, Universidad de Indiana, USA, en línea. (consulta, agosto 2018). <http://dlc.dlib.indiana.edu/dlc/bitstream/handle/10535/5455/Principios%20de%20diseno%20y%20amenazas%20a%20las%20organizaciones%20sustentables%20que%20administran%20recursos%20comunes.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ostrom, Elinor. (2000). *El gobierno de los bienes comunes: la evolución de las instituciones de acción colectiva*, UNAM-Fondo de Cultura Económica. México.
- Palacios-Vélez, E. y López L., C. (2004). “*La sobreexplotación de las cuencas hidrológicas: el caso de la cuenca del río de La Laja Guanajuato*”: Cotler, E. (comp.) *El manejo integrado de cuencas en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental*, INE-SEMARNAT, México, pp.117-134.
- Peña, H. et al. (2012). *Hacia una gestión integrada de los recursos hídricos. Una propuesta*. Comisión de Aguas, En: Burgos, Ana; Bocco, Gerardo; Sosa R., Joaquín. *Dimensiones sociales en el manejo de cuencas*. Universidad Nacional Autónoma de México- Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental- Fundación Río Arronte, 2015.
- Pimentel Equihua, J. L., Velázquez Machuca, M. A. y Palerm Viqueira, J. (2012). “*Capacidades locales y de gestión social para el abasto de agua doméstica en comunidades rurales del valle de Zamora, Michoacán, México*”. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 9(2), pp. 107-121.

- Pimentel Equihua, J. L., Velázquez Machuca, M. A., Sánchez Rodríguez, M., Seefoo Luján, J. L. (2011). *Gestión y calidad del agua en la cuenca del río Duero, Michoacán*. En: Retos de la investigación del agua en México. Universidad Nacional Autónoma de México. Cuernavaca, Morelos. pp. 521-530.
- Pimentel Equihua, José L. y Velázquez Machuca Martha A. (2009). *Atrapando las crecientes para mejorar los suelos agrícolas en el Valle de Tangancícuaro, Michoacán*. Colegio de Michoacán- IPN-Colegio de Posgraduados. pp. 1-9.
- Pimentel Equihua, José Luis. (2007). *Construyendo la problemática de la gestión de las aguas superficiales y subterráneas de la cuenca del río Duero, Michoacán*, México. XXVI Congreso de la Asociación Latinoamericana de Sociología. Asociación Latinoamericana de Sociología, Guadalajara. pp. 1-14.
- Pimentel E., J. L. y Velázquez, M., A. (2005). *Calidad de las aguas, fuentes de contaminación e infraestructura de saneamiento*. En: Velázquez, M. (coord.). Diagnóstico para el saneamiento del río Duero. Informe Técnico de Proyecto. SAGARPA-COEFREM, AC. Zamora, Mich. pp. 70-110.
- Pimentel E., José L., Velázquez M., Martha A. (2015). *Modelo organizativo para la gestión integral de la cuenca del Río Duero, Michoacán*. En: Burgos, A., Bocco, G., Sosa Ramírez, J. (Coordinadores). Dimensiones sociales en el manejo de cuencas. México. UNAM/CIGA. pp 277-292.
- Pimentel E., José L.; Velázquez-Machuca, Martha A.; Palerm-Viqueira, Jacinta. (2012). *Capacidad organizativa y participación social en el abasto de agua doméstica en comunidades rurales del Valle de Zamora, Michoacán*. Revista Internacional de Ciencias Sociales y Humanidades, SOCIOTAM 12 (2). Julio-diciembre. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. pp. 147-164.
- Rijsberman, Frank, y Scott, Christopher. (2005). *Agua para la alimentación y el medio ambiente*. Documento Base del IV Foro Mundial del Agua, Instituto Internacional de Administración del Agua.
- Sandoval M., Adriana y Günther, María G. (2015). *Organización social y autogestión del agua: Comunidades de la Ciénega de Chapala, Michoacán*. Política y Cultura, núm. 44. pp. 107-135.
- Sandoval M., Adriana y Ochoa O., María A. (2010). *Grupos locales, acceso al agua y su problemática de contaminación en la Ciénega de Chapala, Michoacán*. Economía, Sociedad y Territorio, vol. X, núm. 34. pp. 683-719

Santacruz de León, Germán. (2010). *¿Crisis del agua? Enfoques de gestión y estudio de caso.* Gestión, Políticas y Culturas del Agua. Red de Colegios y Centros de Investigación (RECCI). El Colegio de San Luis. pp.17-29.

Secretaría de Gobierno del Estado de Michoacán. (2014). *Programa Parcial de Desarrollo Urbano de La Rinconada- Cerrito de Caticuato 2014-2034.* Periódico Oficial del Gobierno Constitucional del Estado de Michoacán de Ocampo [en línea]. 8 de septiembre de 2014. Tomo CLX, Numero 28. [Fecha de consulta 27 de diciembre de 2016]. Disponible en http://transparencia.congresomich.gob.mx/media/documentos/periodicos/qui-2814_1.pdf.

SEDATU- H. Ayuntamiento de Zamora- Grupo Edificador INCA SA de CV. (2013). *Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Zamora, Michoacán.* Ayuntamiento de Zamora, 2012-2015.

Selinus, O. (2004). *Geología médica: una especialidad emergente.* Térrea. 1 (1): A1-A8. Rivera, G. A. (Trad.). Geological Survey of Sweden, Uppsala, Sweden.

Silva, Mariana. (2010). *Agua hoy.* En su: *La presencia del agua.* México, DF. Lápiz Tinta Editores. pp. 111-115.

Tarbuck E.J., Lutgens F.K. y Tasa, D. (2005). *Ciencias de la Tierra.* Edit. Prentice Hall. 8^a edición.

Toledo, Víctor. (2005). *La memoria tradicional: la importancia agroecológica de los saberes locales.* Leisa. Revista de Agroecología, 20(4). pp. 16-19.

Torregrosa, Ma. Luisa; Domínguez M., Ramón; Jiménez C., Blanca; Kauffer M., Edith; Martínez A., Polioptron; Montesillo C., José Luis; Palerm V., Jacinta; Román C., Adolfo; Ruelas M., Laura C.; Zapata M., Emma. *Los recursos hídricos en México.* En: Foro Consultivo Científico y Tecnológico, AC. Diagnóstico del agua en las Américas. México, DF. Imagen Maestra. 2012. pp. 309-357.

United States Environmental Protection Agency (EPA). (1992). Method 3005A “*Acid digestion of waters for total recoverable or dissolved metals for analysis by Flame Atomic Absorption (FLAA) or Inductively Coupled Plasma (ICP) Spectroscopy*”.

United States Environmental Protection Agency (EPA). (2005). Method 415.3 “*Determination of Total organic Carbon and specific UV absorbance at 254 nm in source water and drinking water*”.

Valencia V., Juan C.; Díaz N., Juan J.; Vargas M., Lourdes. (2009). *La gestión integrada de los recursos hídricos en México: un nuevo paradigma en el manejo del agua.* En: *La gestión integrada de recursos hídricos.* pp. 213-258.

Werner, Joerg. (1996). *Introducción a la hidrogeología*. Linares, Nuevo León, México: Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias de la Tierra. p. 8.

World Water Assessment Programme. (2003). *Agua para todos, agua para la vida.*
Recuperado de <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001295/129556s.pdf>

WRB. (2007). *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo*. Primera actualización 2007.
Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma.

WWAP, DHI Water Policy, PNUMA-DHI Centro para el Agua y el Medio Ambiente. (2009). *Integrated Water Resources Management in Action*. Recuperado de
<http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/iwrm.shtml>