



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE
HIDALGO

Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra

**ESTUDIO DE CALIDAD DE AGUA
SUBTERRÁNEA Y SU RELACIÓN CON LA
SALUD PÚBLICA EN LA REGIÓN
CAPULA-COINTZIO**

Tesis para obtener el grado en:
**MAESTRO EN GEOCIENCIAS Y
PLANIFICACIÓN DEL TERRITORIO**

Presenta:

Biol. Rafael Organista Mota

Director de tesis:

Dr. Jorge Alejandro Ávila Olivera

Co-director:

Dra. Isabel Israde Alcántara

Morelia, Mich., Febrero del 2017

Índice general

Agradecimientos	XI
Dedicatorias	XIII
Resumen	XV
1. Introducción	1
1.1. Objetivos	4
1.2. Justificación	4
1.3. Hipótesis	5
2. Antecedentes	7
2.1. Situación del agua	7
2.1.1. Disponibilidad del agua superficial y agua subterránea	7
2.1.2. Calidad del agua	10
2.2. Enfermedades hídricas	11
2.3. El agua en Morelia	14
3. Área de Estudio	19
3.1. Localización	19
3.2. Orografía y fisiografía	20
3.3. Hidrología	23
3.4. Geología	24
3.5. Geohidrología	26
3.6. Localidades y población	27
3.7. Servicios Hidrosanitarios	30
3.8. Servicios de salud	31
4. Marco Teórico	35
4.1. Agua Subterránea	35
4.1.1. Tipos de Acuíferos	35
4.1.2. Tipos de contaminación	36
4.1.3. Vulnerabilidad	37
4.2. Calidad de agua	37

4.2.1.	Parámetros fisicoquímicos	38
4.2.2.	Características microbiológicas	39
4.2.3.	Elementos traza	40
4.3.	Enfermedades por elementos químicos	42
4.4.	Análisis estadístico	44
4.4.1.	Correlación de Pearson	44
4.4.2.	Prueba de <i>t</i> -Students	46
4.4.3.	Geostatística (Kriging)	46
4.4.4.	Tamaño de muestra en estudios biomédicos	47
4.5.	Marco Legal	48
4.5.1.	Legislación del agua en México	48
4.5.2.	Aspectos éticos	52
5.	Metodología	55
5.1.	Metodología general	55
5.2.	Calidad del Agua	56
5.2.1.	Red de monitoreo	57
5.2.2.	Medición de parámetros fisicoquímicos	57
5.2.3.	Determinación de iones mayores, menores y elementos traza	60
5.3.	Enfermedades hídricas	61
5.3.1.	Aplicación de encuestas	61
5.4.	Análisis y relación de enfermedades hídricas	61
5.4.1.	Modelos espaciales	61
5.4.2.	Modelos estadísticos	61
6.	Resultados	65
6.1.	Calidad de Agua	65
6.1.1.	Red de monitoreo	65
6.1.2.	Piezometría	68
6.1.3.	Parámetros fisicoquímicos	70
6.1.4.	Análisis de relaciones entre parámetros fisicoquímicos	77
6.1.5.	Elementos traza	80
6.2.	Encuestas	87
6.2.1.	Población entrevistada	87
6.2.2.	Características organolépticas del agua en la vivienda	88
6.2.3.	Consumo de agua en la vivienda	92
6.2.4.	Sintomatologías asociadas	93
6.2.5.	Relación de consumo de agua y sintomatologías	96
7.	Conclusiones	99
7.1.	Discusión	99
7.2.	Conclusiones	101
7.3.	Recomendaciones	103

7.4. Bibliografía	103
A. Gestión	107
B. Formato de encuesta	109

Índice de figuras

3.1. Región Capula-Cointzio.	20
3.2. Mapa hipsométrico.	21
3.3. Panorámica de la región Cointzio-Capula con vista hacia el noreste. . .	22
3.4. Mapa de pendientes.	22
3.5. Mapa hidrológico.	23
3.6. Alberca La Mintzita.	24
3.7. Tipos de rocas presentes.	25
3.8. Mapa geológico.	25
3.9. Expansión de la mancha urbana.	27
3.10. Población en la región.	28
3.11. Localidades de la zona de estudio	28
3.12. Servicios hidrosanitarios.	30
3.13. Centros de salud de la zona de estudio.	32
4.1. Procesos de contaminación (Foster <i>et al.</i> , 2002).	36
4.2. Tiempos de concentración de contaminantes en los acuíferos (Foster <i>et al.</i> , 2002).	38
5.1. Metodología general	56
5.2. Medición de parámetros fisicoquímicos <i>in situ</i>	59
5.3. Lagunas de lixiviados en el relleno sanitario Municipal.	59
6.1. Localización de los pozos y manantiales que conforman la red de monitoreo del agua subterránea.	66
6.2. Modelos de variogramas de la red de monitoreo.	68
6.3. Frecuencia en abatimientos	69
6.4. Superficie piezométrica de la zona de estudio.	69
6.5. Resultados de temperatura	71
6.6. Conductividad eléctrica de las campañas de medición de la red de monitoreo del agua subterránea	72
6.7. Frecuencia de la conductividad eléctrica en las dos campañas de medición de los parámetros fisicoquímicos.	72
6.8. Frecuencia del pH en las dos campañas de medición de los parámetros fisicoquímicos.	73

6.9. pH de las campañas de medición de la red de monitoreo del agua subterránea	74
6.10. Oxígeno disuelto de las campañas de medición de la red de monitoreo del agua subterránea.	74
6.11. Frecuencia del oxígeno disuelto en las dos campañas de medición de los parámetros fisicoquímicos.	75
6.12. Alcalinidad de las campañas de medición de la red de monitoreo del agua subterránea	76
6.13. Frecuencia de alcalinidad en las dos campañas de medición de los parámetros fisicoquímicos.	77
6.14. Regresión múltiple de parámetros fisicoquímicos correspondientes a la primer campaña de muestreo	78
6.15. Regresión múltiple de parámetros fisicoquímicos correspondientes a la segunda campaña de muestreo	78
6.16. Modelo estadístico de temperatura	79
6.17. Modelo estadístico de pH	79
6.18. Elementos traza de las campañas de monitoreo del agua subterránea.	81
6.20. Frecuencia de concentración de arsénico en las dos campañas de monitoreo del agua subterránea.	84
6.19. Dispersión espacial de Manganeseo.	85
6.21. Dispersión espacial de Arsénico.	86
6.22. Dispersión espacial del plomo.	87
6.23. Percepción del sabor del agua.	90
6.24. Percepción del olor del agua.	90
6.25. Percepción del color del agua.	91
6.26. Materia suspendida y sedimentos en el agua.	92
6.27. Consumo de agua en la vivienda por tipo de fuente de abastecimiento.	93
6.28. Padecimientos crónicos identificados en la población encuestada	96
6.29. Localidades con reporte de sintomatologías	97

Índice de cuadros

2.1.	Consumo de agua en el mundo (Auge, 2006).	8
2.2.	Porcentaje de uso por tipo de agua (CONAGUA, 2011; CONAGUA, 2013; CONAGUA, 2015).	9
2.3.	Cifras del consumo de agua en México.	9
2.4.	Volúmenes de agua de las fuentes de abastecimiento de Morelia (OOA-PAS, 2006).	15
2.5.	Elementos traza en localidades del área de estudio (Israde, 1997; Verduzco-Cedeño, 2010).	16
3.1.	Localidades y número de habitantes.	29
3.2.	Unidades médicas y centros de salud.	32
4.1.	Límites permisibles en parámetros fisicoquímicos.	39
4.2.	Características organolépticas.	39
4.3.	Límites máximos permisibles para elementos y sustancias químicas presentes en el agua para consumo humano.	42
4.4.	Métodos analíticos usados para la determinación de metales en sangre (Burguera <i>et al.</i> , 1986 y Villanueva-Cañadas, 2010).	44
4.5.	Principales elementos químicos y su asociación a padecimientos (Ferrer-Dufol, 2003; Tirado-Amador <i>et al.</i> ; 2015; Arumi <i>et al.</i> , 2006; Laporta, 2008).	45
4.6.	Estrategia en materia de seguridad hídrica, parte del actual Plan Hidrico Nacional (2014-2018).	49
4.7.	Lista de Normas en México en materia de calidad de agua y presencia de metales	52
5.1.	Red de monitoreo del agua subterránea	58
5.2.	Criterios de exclusión, inclusión y eliminación.	62
6.1.	Marco geográfico de la red de monitoreo del agua subterránea.	65
6.2.	Red de monitoreo del agua subterránea.	67
6.3.	Resumen de valores máximos, mínimos de los parámetros fisicoquímicos	70
6.4.	Resumen de diferencias significativas	80
6.5.	Elementos traza de la primer campaña de monitoreo del agua subterránea.	82

6.6. Elementos traza de la segunda campaña de monitoreo del agua subterránea.	83
6.7. Concentraciones de manganeso mayores al límite que establece la NOM-127-SSA1.	84
6.8. Características sociodemográficas de la población encuestada	88
6.9. Características organolépticas del agua en las viviendas.	89
6.10. Consumo de agua en la vivienda.	93
6.11. Tipos de síntomas asociados.	94
6.12. Síntomas asociados a padecimientos dermatológicas a nivel comunitad.	95
6.13. Síntomas asociados a padecimientos gastrointestinales a nivel comunitad.	95
6.14. Relación de distancias entre pozos de extracción y localidades con afecciones.	98

Agradecimientos

Un fuerte agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo brindado, el cual permitió hacer posible la realización del presente estudio.

Al Dr. Jorge Alejandro Ávila Olivera, por la confianza y disponibilidad mostrada, y sobre todo, por la paciencia brindada. Un agradecimiento especial a la Dra. Isabel Israde Alcántara, por su confianza y apoyo, el cual fue fundamental para poder culminar éste trabajo. Gracias a los dos por ese cobijo y solidaridad que dejó conocer ese ser humano que existe dentro.

A Pepe, compañero de equipo y maestro geohidrólogo, amigo con quien compartimos momentos y aprendizajes. Gracias por todo el conocimiento compartido, el cual fue fundamental, y en especial por todos los aportes, mismos que están reflejados en éste trabajo. Todo esto sin olvidar, de asumir el compromiso de montar al Ave de la Vida, para así poder devolver tres veces tres.

A los integrantes de la mesa de sinodales, por su apoyo y acertadas recomendaciones, que gracias ellas se enriqueció de forma positiva éste trabajo:

Dra. Martha Eva Vivero Sandoval.

Dra. Ruth Alfaro Cuevas Villanueva.

Dr. Pedro Corona Chávez.

Dr. Angel Gregorio Figueroa Soto.

Caty Illsley Granich, gracias por sembrar las inquietudes de vida y sobre todo por estar presente en la motivación. Algún día como gotas, nos sumaremos en el océano infinito.

Dedicatorias

Este esfuerzo es para:

Mis padres,
Raul y Gloria, que siempre han sido
apoyo y motivación.
Mis hermanos, a los que doy gracias a la
vida por haberme los dado;
Sandra, mi segunda madre
Felipe, hasta donde quiera que esté tu luz.
A Lupe, Jebúz, Karla, Enano, Santi, Pipe;
el recuerdo de todos los días

Resumen

El 70 % del suministro de agua potable de Morelia es de origen subterráneo, la mayor parte proviene de sistema acuífero que se localiza hacia el poniente de la ciudad, el cual está conformado por secuencias de sedimentos lacustres y fluviolacustres.

El ao 2007, un estudio de calidad del agua subterránea realizado, reveló concentraciones de elementos químicos como manganeso, hierro, cobre, zinc, arsénico, cadmio, por encima de la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994.

En el presente estudio se determinó la calidad del agua subterránea de 30 pozos y 6 manantiales que abastecen a 31 localidades y 7 áreas urbanas de la región que se ubica al poniente de la ciudad de Morelia. Los parámetros fisicoquímicos se determinaron *in situ*, mientras que el contenido de elementos traza se realizó en laboratorio.

También se realizaron encuestas de tipo descriptivo en la población para poder identificar la relación existente entre la calidad del agua y los padecimientos en la población de la zona de estudio.

Como parte de los resultados se corroboró en el área de estudio, la presencia de fracturas y fallas geológicas con orientación NE-SO, las cuales pueden ser conductos preferenciales de infiltración. También se identificó que el sitio en el que se localiza el antiguo tiradero a cielo abierto de la ciudad de Morelia, se encuentra sobre un conjunto de graben-horts que propicia la infiltración de los lixiviados.

En los resultados de los parámetros fisicoquímicos, llaman la atención los valores que se obtuvieron en los pozos Cerrito Itzicuario, Tacicuario y La alberca, los cuales sobrepasan la media de los 36 sitios. En tanto a la química se identificó la presencia de manganeso en los pozos de Villa Manga (0.046 mg/L), Cerrito Itzicuario (0.181 mg/L) y Tacicuario (0.220 mg/L); Plomo en los pozos de Capula (0.110 mg/L), La Hacienda (0.100 mg/L), Arko San Juan (0.015 mg/L), principalmente.

Con los resultados obtenidos no se logró determinar una relación directa de la calidad del agua subterránea con los padecimientos de la población. Sin embargo, se identificaron severos problemas de diabetes y tiroides en las localidades de San José Itzicuario, casos de asma y cáncer de laringe en la localidad de San Nicolás de Obispo.

El uso del agua para las necesidades de aseo e higiene personal el total de la población usa el agua potable suministrada por la red de abasto público. Sin embargo, un 25 % de la población presenta problemas de caídas de pelo y manchas en la piel.

Palabras Clave: acuífero, tiradero, lixiviados, elementos traza, afecciones a la salud.

ABSTRACT

70% of the drinking water supply of Morelia is of underground origin, most of it comes from aquifer system that is located towards the west of the city, which is conformed by sequences of lacustrine sediments and fluviolacustres.

Descriptive surveys were also carried out in the population in order to identify the relationship between water quality and the diseases in the population of the study area.

As part of the results, the presence of fractures and geological faults with NE-SO orientation were corroborated in the study area, which may be preferential conduits of infiltration. It was also identified that the site where the old open air dump of the city of Morelia is located, is located on a set of graben-horts that favors the infiltration of leachates.

In the results of the physicochemical parameters, the values obtained in the Cerrito Itzcuaro, Tacuaro and La alberca wells, which surpass the average of the 36 sites, are noteworthy. The presence of manganese was identified in the mangoes of Villa Manga (0.046 mg / L), Cerrito Itzcuaro (0.181 mg / L) and Tacuaro (0.220 mg / L); Lead in the wells of Capula (0.110 mg / L), La Hacienda (0.100 mg / L), Arko San Juan (0.015 mg / L), mainly.

With the results obtained it was not possible to determine a direct relation of groundwater quality with the sufferings of the population. However, severe diabetes and thyroid problems were identified in the towns of San Jos Itzcuaro, cases of asthma and laryngeal cancer in the town of San Nicolas de Obispo.

The use of water for personal hygiene and hygiene needs the total population uses the potable water supplied by the public supply network. However, 25% of the population has problems with hair loss and spots on the skin.

Key word: acuífer, dump, leachates, trace elements, Health conditions.

Capítulo 1

Introducción

El 70 % del suministro de agua potable de Morelia es de origen subterráneo, la mayor parte proviene de sistema acuífero que se localiza hacia el poniente de la ciudad, el cual está conformado por secuencias de sedimentos lacustres y fluviolacustres.

En dicha zona también se ubica el actual relleno sanitario municipal, el cual funcionó como tiradero a cielo abierto del año 1984 al 2007, sin ningún control de los lixiviados que se generaban, los cuales se infiltran en el subsuelo a través del vulcanismo andesítico-basáltico de los volcanes Quinceo, Las Tetillas y El Águila; que aflora en la zona con valores de permeabilidad considerables.

Un estudio de la calidad del agua subterránea realizado en el año 2007, el cual se llevó a cabo tomando muestras de agua tanto en manantiales como en pozos de extracción del agua del subsuelo localizados en el área de interés, revelaron concentraciones de elementos químico como manganeso, hierro, cobre, zinc, arsénico y cadmio; por encima de la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, que refiere a: salud ambiental, agua para uso y consumo humano, tomando como referencia para los límites permisible de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.

Se aplicaron encuestas a los habitantes en las principales localidades de la zona de interés, para la identificación de personas con algún tipo de padecimiento vinculado al consumo de agua potable. El estimado de la muestra se determinó de acuerdo con el censo de INEGI 2010, que asciende a un registro de 84,005 habitantes.

Se identificó una red de monitoreo de 36 sitios, de los cuales 30 son pozos de agua subterránea y 6 manantiales. En este trabajo se determinaron los parámetros fisicoquímicos y de calidad química del agua.

En los resultados de los parámetros fisicoquímicos, llaman la atención los valores que se obtuvieron en los pozos Cerrito Itzicuario, Tacicuario y La alberca, los cuales sobrepasan la media de los 36 sitios. En tanto a la química se identificó la presencia de manganeso en los pozos de Villa Manga (0.046 mg/L), Cerrito Itzicuario (0.181 mg/L) y Tacicuario (0.220 mg/L); Plomo en los pozos de Capula (0.110 mg/L), La Hacienda (0.100 mg/L), Arko San Juan (0.015 mg/L), principalmente.

Con los resultados obtenidos no se logró determinar una relación directa de la calidad del agua subterránea con los padecimientos de la población. Sin embargo, se identificaron severos problemas de diabetes y tiroides en las localidades de San Jos Itzcuaro, casos de asma y cáncer de laringe en la localidad de San Nicolás de Obispo.

Un 75 % de la población no consume el agua potable, ésta para sus necesidades de aseo e higiene personal; el 25 % restante la usa para la preparación de alimentos. Sin embargo, un 25 % de la población presenta problemas de caídas de pelo y manchas en la piel.

Se presume que el abatimiento del agua y las estructuras geológicas presentes en la zona de estudio, han generado condiciones que direccionan los flujos de agua subterránea y aceleran la mezcla de contaminantes. Por lo anterior, es importante que

se lleve a cabo un apropiado manejo de los recursos hídricos del subsuelo, así como también una adecuada planificación del territorio.

El presente documento esta organizado en ocho capítulos, organizados de la siguiente manera:

- **CAPÍTULO I** Se muestran los objetivos y alcances del presente estudio.
- **CAPÍTULO II** Está integrado por los antecedentes y estudios previos. Organizado en un primer bloque de cifras sobre la disponibilidad y calidad del agua; seguido de aquellas referencias vinculadas a padecimientos y enfermedades hídricas. Finalmente un último bloque de antecedentes locales y estudios realizados en la zona de estudio Capula-Cointzio.
- **CAPÍTULO III** Se describe la localización de la zona de estudio, sus accesos principales y rasgos toponímicos. A partir de un marco geográfico se caracteriza la zona de estudio en sus componentes físicos, hídricos y sociales.
- **CAPÍTULO IV** Este capítulo aporta los elementos conceptuales y teóricos que sustentan el estudio. Integrado por un marco teórico en materia hídrica, seguido de la descripción de enfermedades causadas por elementos químicos, métodos de análisis estadísticos y finalmente un marco legal del recurso hídrico en México
- **CAPÍTULO V** Se describe los métodos empleados los cuales estan organizados en dos grandes bloques: Calidad del agua y enfermedades hídricas
- **CAPÍTULO VI** En este apartado se ven reflejados los resultados obtenidos en el estudio. Se llevó a cabo una determinación de la calidad de agua, también se aplicaron cuestionario para la identificación de enfermedades o síntomas, posiblemente relacionadas con la ingesta de agua en la zona de estudio. Finalmente se analizó la relación entre la calidad y los resultados de los cuestionarios.

- **CAPÍTULO VII** Se muestra la discusión de resultados, las conclusiones obtenidas y sus recomendaciones, para estudios posteriores. Analizando desde los aciertos y errores obtenidos en este estudio.

1.1. Objetivos

GENERAL

Analizar la relación de la calidad del agua subterránea con la salud pública en la región Capula-Cointzio.

PARTICULARES

1. Establecer una red de monitoreo del agua subterránea en la región Capula-Cointzio.
2. Medir los parámetros fisicoquímicos y elementos traza del agua subterránea en la red de monitoreo de la región Capula-Cointzio.
3. Aplicar cuestionarios en las comunidades para identificar las afecciones a la salud que se asocian al consumo de agua de mala calidad en la región Capula-Cointzio.

1.2. Justificación

El estudio se enfocó a la zona suroeste de la ciudad de Morelia, misma que en los últimos años ha tenido un fuerte crecimiento poblacional, creando la necesidad de incrementar la perforación de pozos para la extracción de agua del subsuelo. En la zona de estudio el sistema acuífero que provee de agua, satisface en más de un 70% a la ciudad de Morelia, mismo que presenta un considerable abatimiento anual (Ávila-Olivera y Garduño-Monroy, 2007).

Dentro de la zona de estudio también se localiza el tiradero de Morelia, que funcionó desde 1984 sin un sistema de captación de lixiviados, lo que propició su migración hacia el manto freático (Israde *et al.*, 2005).

En estudios previos de la calidad de agua Ávila (2001) identificó como puntos de contaminación el manantial de la Mintzita en el sitio conocido como La Alberca, a pocos metros adelante de la empresa de Celulósicos y Papel de Michoacán, S.A. (CE-PAMISA), donde la calidad del agua ha disminuido de manera significativa en los últimos años. Otros de los sitios registrados con presencia de elementos nocivos para la salud en el agua fueron: Capula, Cointzio, Tacícuaro, San Lorenzo Itzícuar, San Bernabé, El Cerrito Itzícuar; y los conjunto habitacionales: La Hacienda, Arko de San Juan y Villas del Pedregal, así lo reporta Verduzco-Cedeño (2010). En estos sitios se ha detectado la presencia de algunos metales que rebasan los límites permisibles que establece la norma para consumo humano (NOM-127-SSA1)(Ávila, 2001 y Verduzco-Cedeño, 2010).

Por lo anterior se consideró la importancia de realizar un estudio de la calidad del agua subterránea en la región Capula-Cointzio, tomando en cuenta recomendaciones hechas por Verduzco (2010), quien propone realizar monitoreos sistemáticos en los diferentes acuífero para conocer la relación que existe entre el agua de uso urbano y las principales enfermedades hídricas asociadas con la ingesta de metales pesados presentes en el agua.

1.3. Hipótesis

Las características químicas del agua subterránea y su calidad se relacionan con la presencia de algunas enfermedades hídricas, que causan afectaciones en la salud de la población asentada en la región de Capula-Cointzio.

Capítulo 2

Antecedentes

2.1. Situación del agua

2.1.1. Disponibilidad del agua superficial y agua subterránea

De acuerdo con estudios de balance hídrico, cada año se precipitan sobre la Tierra 113,000 km³ de agua. Anualmente se evaporan alrededor de 71,000 km³, mientras que 42,000 km³ recargan los acuíferos y se reincorpora a los océanos por medio de ríos. De esta última cifra, se considera necesario para sostener la demanda de todos los usos humanos, aproximadamente un equivalente de 4,200 km³ (Toledo, 2002).

Cifras globales indican que la mayor demanda de agua la presenta el sector agrícola, seguida del sector industrial, y en menor proporción el urbano; así lo refleja Auge (2006) en un análisis a la demanda de agua en el mundo durante el siglo pasado (Cuadro 2.1).

En las últimas décadas, el 93 % del agua se ha priorizado para la agricultura y la industria (Auge, 2006), esto es alrededor de 4,605 km³, cifra que excede el estimado en disponibilidad para los seres humanos considerada por Toledo (2002).

Cuadro 2.1: Consumo de agua en el mundo (Auge, 2006).

Año	Consumo total $km^3/año$	Agricultura $km^3/año$	Industrial $km^3/año$	Urbano $km^3/año$
1900	400	350 (87.5 %)	30 (7.5 %)	20 (5.5 %)
1950	1,100	820 (74.5 %)	220 (20.0 %)	60 (5.5 %)
1975	3,000	2,200 (73.3 %)	650 (21.6 %)	150 (5.0 %)
2000	5,000	3,400 (74.0 %)	1,250 (25.0 %)	350 (7.0 %)

Actualmente las aguas subterráneas abastecen de agua potable por lo menos al 50 % de la población mundial y representan el 43 % de toda el agua utilizada para el riego (UNWATER, 2010). A nivel mundial, 2,500 millones de personas dependen exclusivamente de los recursos de aguas subterráneas para satisfacer sus necesidades básicas diarias de agua (UNESCO, 2012). Esta demanda, genera una sobreexplotación del 20 % de los acuíferos en el mundo (Gleeson *et al.*, 2012).

El Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWDR, 2015) pronostica un escenario de crisis hídrica en el año 2030, donde el mundo tendrá que enfrentarse a un déficit mundial del 40 % de agua, esto en caso de llegar al límite global de sostenibilidad ecológica de agua disponible para extracción. Si esta tendencia persistiera, se provee para el 2050 un aumento en la demanda mundial de agua del 55 %, debido principalmente a demandas relacionadas con la creciente urbanización en los países en desarrollo (WWDR, 2015).

De acuerdo a cifras de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), México se encuentra organizado en 37 regiones hidrológicas agrupadas en 13 regiones hidrológico-administrativas. En lo que se refiere a las aguas subterráneas, el país está dividido en 653 acuíferos.

Las últimas estadísticas del agua en el país reportadas por la CONAGUA (2015), arrojan un mayor aprovechamiento del agua superficial (Cuadro 2.2). Del total del consumo de agua en México el 76.7% corresponde al uso agrícola, un 14.2% para uso público urbano y 4.2% para uso industrial (CONAGUA, 2015)(Cuadro 2.3).

Cuadro 2.2: Porcentaje de uso por tipo de agua (CONAGUA, 2011; CONAGUA, 2013; CONAGUA, 2015).

Año	Superficial	Subterránea
2009	62.7 %	37.3 %
2012	61.7 %	38.5 %
2014	61.3 %	38.7 %

Cuadro 2.3: Cifras del consumo de agua en México.

Año	Consumo total <i>hm</i> ³ /año	Agricultura <i>hm</i> ³ /año	Industrial <i>hm</i> ³ /año	Urbano <i>hm</i> ³ /año	Energía <i>hm</i> ³ /año
2009	80,600	61,800 (76.7 %)	3,300 (4.1 %)	11,400 (14.1 %)	4,100 (5.1 %)
2012	82,700	63,300 (76.6 %)	3,300 (4.0 %)	12,000 (14.5 %)	4,100 (4.9 %)
2014	84,929	65,155 (76.7 %)	3,572 (4.2 %)	12,052 (14.2 %)	4,149 (4.9 %)

Del total de acuíferos en México, al año 2014, un total de 106 se encuentran bajo la categoría de sobreexplotación. De esta última cifra, un 72% se ubican en las entidades federativas de Sonora, Chihuahua, Baja California Norte y Sur, Coahuila, Durango, Nuevo León, Guanajuato, Puebla, San Luis Potosí, Zacatecas, Estado de México y Querétaro (Díaz *et al.*, 2013; Arellano *et al.*, 2012; CONAGUA, 2015), que corresponden a la zona norte y centro del país.

En el país existe una mayor presión antropogénica sobre el agua subterránea en las regiones del Bajío, la Comarca Lagunera y el centro-oeste del estado de Chihuahua. Actualmente estas regiones presentan problemáticas de sobreexplotación de sus acuíferos y efectos de contaminación a causa de complejos industriales (Díaz *et al.*, 2013).

De acuerdo a las cifras que indica la CONAGUA en México, las tendencias de uso no varían de manera significativa del 2009 al 2014. Sin embargo esto no quita la posibilidad de padecer los escenarios de crisis a nivel mundial. Estos escenarios de disponibilidad de agua son cada día menos alentadores, haciendo del agua una mercancía, donde la crisis hídrica mundial es una crisis de gobernanza y administración, mucho más que de recursos disponibles, afirman la WWDR (2006).

2.1.2. Calidad del agua

El agua puede contaminarse por diversas fuentes, la superficial es la más susceptible a causa de su mayor exposición, en cambio el agua subterránea puede arrastrar sustancias nocivas para la salud que se encuentran en los materiales por los que atraviesa.

En América Latina, estudios de calidad del agua reflejan la preocupación por la actual presencia de contaminantes químicos en ríos y acuíferos. En una compilación de estudios realizada por la Organización Panamericana de la Salud (2001), se enuncian estudios de casos por contaminación a causa de metales en al menos 11 países (Salas *et al.*, 2001).

Para México, el escenario no es nada alentador, se tiene conocimiento de la presencia de metales y elementos químicos en las aguas de sus principales ríos; entre los que destacan: Conchos, Nazas, San Juan, Lerma-Santiago, Bajo Pánuco y Coatzacoalcos (Salas *et al.*, 2001). La mayor parte de los casos están asociados a la actividad minera, presencia y cercanía de basureros, complejos industriales, aguas residuales, y agua usadas para el riego (Perez *et al.*, 2002; Reyes, 2003; Buenfin-Rojas & Flores-Cuevas, 2007; Verduzco-Cedeño, 2010)

Estudios en los municipios de Juanacatlán y El Salto del Estado de Jalisco, parte de la cuenca Lerma-Santiago, reflejan fuertes niveles de toxicidad, identificando una alta mortalidad por: enfermedades renales-hipertensiva, estado asmático e insuficiencia renal no especificada (Arellano *et al.*, 2012). En el río Hondo en Quintana Roo, se han identificando concentraciones de cadmio y arsénico por encima de los límites permisibles (Buenfin-Rojas & Flores-Cuevas, 2007).

Pérez (2002) y Reyes (2013), realizaron estudios en pozos de extracción de agua en acuíferos libres cercanos a tiraderos de basura en Mezcaltzingo, Estado de México y la ciudad de Durango respectivamente, identificaron en ambos casos un deterioro de la calidad del agua, debido a un inadecuado manejo de los residuos y de la alta concentración de lixiviados en el acuífero.

La UNAM realizó estudios de calidad del agua en la comunidad La Cantera en el estado de Guanajuato que muestran la presencia de radioactividad Alfa Global 4 veces más alta que la normal en el agua subterránea, estos valores fueron confirmados por el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (Ortega, 2016).

2.2. Enfermedades hídricas

La contaminación del agua, se debe a dos causas: la proveniente de fenómenos naturales y la asociada a actividades humanas (Beldarrain, 1999). Algunos de los agentes contaminantes al ser ingeridos pueden causar efectos nocivos para quienes las consuman o utilicen (Beldarrain, 1999; OMS, 2007; Arellano-Ortega-Gesundheit, 2012). En el año 2010, la Organización Mundial de la Salud (OMS) define el término de *Enfermedades Hídricas*; así como también reconoce el derecho al agua potable y al saneamiento, derecho esencial para el pleno disfrute de la vida y de todos los derechos humanos.

Se entiende por las relacionadas con el agua, que pueden ser causadas por microorganismos patógenos o sustancias químicas. Estas se clasifican en: infecciosas, tóxicas e indirectamente relacionadas (OMS, 2010).

Cifras reportadas por la ONU (2007), indican que alrededor de cien millones de personas en el mundo carecen de acceso a una fuente 'mejorada' de agua potable. Causando al menos, cuatro mil millones de casos anuales de diarrea, de los cuales un millón ochocientas mil personas mueren a causa de la insalubridad del agua y a deficiencias de saneamiento y de higiene. El sector de la población más vulnerable en su mayoría son niños menores de cinco años de edad (ONU, 2007).

En 1976, la Ley de Aguas Limpias de los Estados de Unidos de América (BNA, 1976), determina una lista de 129 sustancias químicas consideradas como contaminantes en el agua, asociando la presencia de estas sustancias químicas con carcinogenicidad, mutagenicidad, teratogenicidad, bioacumulación, y persistencia (BNA, 1976; Beldarrain, 1999).

Los metales de origen orgánico e inorgánico pueden llegar a ser tóxicos, con propiedades de hidrosolubilidad o liposolubilidad. Las biomoléculas más afectadas son las proteínas; y los principales efectos se ven reflejados en el sistema gastrointestinal, neurológico central y periférico, hemático, y renal (Ferrer, 2003).

Los elementos químicos con mayor atención y cantidad de estudios son: plomo, cadmio, cromo, arsénico y manganeso; los cuales pueden ser determinados a través de pruebas analíticas de orina, sangre y cabello (Gonzalez *et al.*, 2008; Zubero *et al.*, 2008; Haeflienger, 2013; Diaz, 2014).

Minguez (2014) recopiló estudios relacionados a la exposición por metales pesados, por diferentes fuentes y contaminantes ocupacionales y ambientales, logrando identificar una asociación de severos daños en la calidad seminal de la población masculina, principalmente en el eje hipotálamo-pituitario-gonadal que afecta directamente la espermatogénesis.

Zhitkovich (2011) analizó la relación del cromo con la presencia de casos de cáncer de intestino identificando que es el Cr(VI) el que mayor riesgo presenta a la población, identificando que las personas expuestas al consumo de agua potable con contenidos de Cr(VI) manifestaron cáncer de estómago con tumores en el tracto digestivo.

Se ha logrado identificar la alta toxicidad del As(III) en el agua, el arsénico se puede encontrar en forma de arsenato y arsenito, ambas muy solubles. Smith *et al.* (2011) identificaron en regiones de Chile un incremento de muertes por múltiples tipos de cáncer, enfermedades cardíacas, bronquitis y otros trastornos; todos estos padecimientos asociados a la presencia de arsénico en el agua potable.

La presencia de nitratos y nitritos en el agua, está asociado al uso de productos químicos en la agricultura (Arumi, 2006). Actualmente, el constante uso de las aguas negras y residuales como parte de las actividades de riego, ha causado efectos nocivos a través de los productos como las hortalizas (Laporta *et al.*, 2008), consecuencia de las altas concentraciones de nitratos y nitritos. Los estudio realizador por Arumi (2006) y Manassaranm (2010), muestran que las altas concentraciones de nitratos en el agua potable y su ingesta por mujeres embarazadas y neonatos, se relaciona con el riesgo de padecer *Metahemoglobinemia*, que en niños recién nacidos es conocido como *Síndrome del Niño Azul*.

La Agencia para Sustancias Tóxicas el Registro de Enfermedades (ASTRE, 2000) de los Estados Unidos de América, señala que las fuertes exposiciones al manganeso traen consecuencias severas sobre el sistema nervioso central, y puede causar padecimientos como el cáncer, parkinson y el síndrome conocido como *Manganismo*.

Panduro *et al.* (2014) realizaron un estudio de calidad del agua en la zona oriente de Michoacán, determinando sus parámetros fisicoquímicos según las normas de referencia NOM-127, NOM-041 y OMS,2011. Los resultados de la calidad del agua respecto a sus parámetros fisicoquímicos se encuentran dentro de los límites permitidos, sin embargo se recomiendan medidas preventivas, sin determinar con claridad la asociación a la consecuencia de casos por fallo renal (Panduro *et al.*, 2014).

2.3. El agua en Morelia

Entre 1950 y 1980, la demanda urbana e industrial de agua en la ciudad de Morelia aumentó significativamente, a consecuencia del incremento en la población, la ciudad tuvo que buscar nuevas fuentes de aprovechamiento como la presa de Cointzio y la perforación de pozos profundos (Mejia, 1987 citado por Ávila 2001). Para el 2006, el Organismo Operador de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento (OOAPAS, 2006) reporta una cobertura de 169,891 tomas domésticas de agua potable, de las cuales el 52% eran abastecidas por fuentes superficiales y el 48% restante provenía de pozos profundos y manantiales (Cuadro 2.4).

Actualmente el 70% del suministro de agua potable de Morelia es de origen subterráneo, la mayor parte proviene del sistema acuífero que se localiza al poniente de la ciudad, el cual está conformado de la base a la cima por las unidades geohidrológicas ignimbrítica, terrígena y la correspondiente al al vulcanismo del corredor Tarasco (Garduño *et al.*, 2010).

Cuadro 2.4: Volúmenes de agua de las fuentes de abastecimiento de Morelia (OOAPAS, 2006).

Fuente de abastecimiento	Gasto Medio Extraído (l.p.s)	Volumen (Hm ³ /año)
Subterránea		
Pozos profundos	1,480.90	46.70
Manantial San Miguel	80.30	2.53
Manantiales	59.70	1.88
Suma agua subterránea	1,620.90	51.12
Supeficial		
La Mintzita	1,084.23	34.19
Cointzio	662.80	20.90
Suma agua supercial	1,747.03	55.09

La dinámica de extracción del agua del subsuelo para el abastecimiento en la ciudad y la zona periurbana es importante, reflejando un fuerte incremento en la demanda de agua en la ciudad de Morelia, lo que ha llevado a una sobreexplotación del acuífero, con un abatimiento anual de 2.46 m (Ávila-Olivera y Garduño-Monroy, 2007).

Al poniente de la ciudad de Morelia se ubica el actual relleno sanitario, que funcionó como tiradero a cielo abierto del año 1984 al 2007, sin ningún control de los lixiviados que se generaban. La litología presente consiste en arenas volcánicas con depósitos pumicíticos, así como cuerpos de lava fracturada andesítica-basáltica, todas éstas litologías permiten la infiltración de lixiviados hacia el subsuelo (Israde, 2010; e Israde *et al.*, 2009).

Cuadro 2.5: Elementos traza en localidades del área de estudio (Israde, 1997; Verduzco-Cedeño, 2010).

Localidad	Muestreo 1997	Muestreo 2010
Capula	Arsénico	
Cointzio		Arsénico
San Lorenzo itzíquaro	Cadmio	
Tacíquaro	Cadmio	
San Bernabé		Cadmio
El Cerrito itzíquaro		Manganeso
El Ejido (Balneario)		Cobre

Un análisis realizado por Ávila (2001), indica que para la década de los noventas en la ciudad de Morelia, del sitio conocido La Alberca, a pocos metros adelante de la empresa Celulósicos y Papel de Michoacán (Cepamisa), muestra cambios en su calidad del agua dejando de ser apta para uso urbano y agrícola, debido al alto contenido de sales solubles, sodio, boro y otros elementos tóxicos.

En estudios de calidad de agua realizados en la región Capula-Morelia en 1997 y 2010 se determinaron zonas críticas por contaminación de metales y elementos traza. En el 2010, Verduzco-Cedeño (2010), determinó concentraciones de Mn, Fe, Cu, Zn, As y Cd mayores a los límites que establece la NOM-127-SSA1-1994; mientras que las concentraciones de plomo fueron menores (Cuadro 2.5).

La ciudad de Morelia ha sufrido un incremento en su mancha urbana, principalmente al oeste y suroeste (Sanchez y Urquijo, 2010). Una importante cantidad de complejos habitacionales se han construido en este periodo sobre el llamado corredor Tiripetio-Capula, contemplando una ampliación de 90 mil hectáreas, destinadas para la construcción de unidades habitacionales, y con esto una expansión de la mancha ur-

bana de la ciudad de acuerdo al plan de desarrollo urbano (Ávila, 2007). Esta tendencia de incremento de la zona urbana, intensifica las actuales condiciones de abatimiento en el acuífero, del que se tiene registro de una media anual de 2.46 m (Ávila-Olivera y Garduño-Monroy, 2007).

La problemática de la demanda y calidad del agua en la ciudad de Morelia es un tema de orden público, que involucra a las distintas dependencias de los diferentes niveles de gobierno. Como consecuencia de la mala gestión y administración del recurso hídrico, el 23 de Mayo del 2011 en la ciudad de Morelia se realizó una declaratoria por la seguridad hídrica; respaldada por representantes de comunidades indígenas, organizaciones sociales y no gubernamentales, cuerpos académicos y centros de investigación; manifestándose en desacuerdo a:

[...] el crecimiento urbano desordenado que es inducido por agentes inmobiliarios que especulan con las tierras de propiedad social (comunales y ejidales), se apropian de los espacios naturales y productivos, agudizan las tensiones entre campo-ciudad y generan presión sobre los recursos hídricos.

[...] a la sobreexplotación del agua subterránea producida por el desequilibrio entre la descarga y recarga del acuífero. Es decir, se extrae más agua de la que se introduce de forma natural mediante infiltración y la recarga disminuye por un uso excesivo de planchas de concreto-asfalto, reducción de cobertura forestal y recurrencia de precipitación intensa.

Fragmento: " *Declaratoria sobre seguridad hídrica* "

Participación Social. Morelia México 2011

Capítulo 3

Área de Estudio

3.1. Localización

La región Capula-Cointzio se localiza en el estado de Michoacán, al Oeste de la ciudad de Morelia entre los paralelos $19^{\circ} 38' 11.33''$ y $19^{\circ} 44' 10.82''$ de latitud Norte, y los meridianos $101^{\circ} 24' 05.52''$ y $101^{\circ} 15' 17.29''$ de longitud Oeste. Limita al Este con la mancha urbana de la ciudad de Morelia, al Sur con la localidad de Cointzio, al Norte la localidad Cuto de la Esperanza, y al Oeste de la localidad de Capula (Fig. 3.1).

La región abarca una superficie aproximada de 172 Km^2 , donde se encuentran asentados seis complejos urbanos y 63 localidades rurales (INEGI, 2010), dentro del municipio de Morelia.

La principal vía de comunicación es la carretera federal Morelia-Capula, la que comunica buena parte de las comunidades dentro de la zona de estudio. Saliendo de la ciudad de Morelia, a la altura de la glorieta ubicada en el anillo periférico con cruce con la avenida Madero-Poniente; a 4 km rumbo al oriente, se localiza la avenida Cointzio. Esta avenida comunica con: San Lorenzo Itzícuaru, Cerrito Itzícuaru, La Mintzita, y Cointzio.

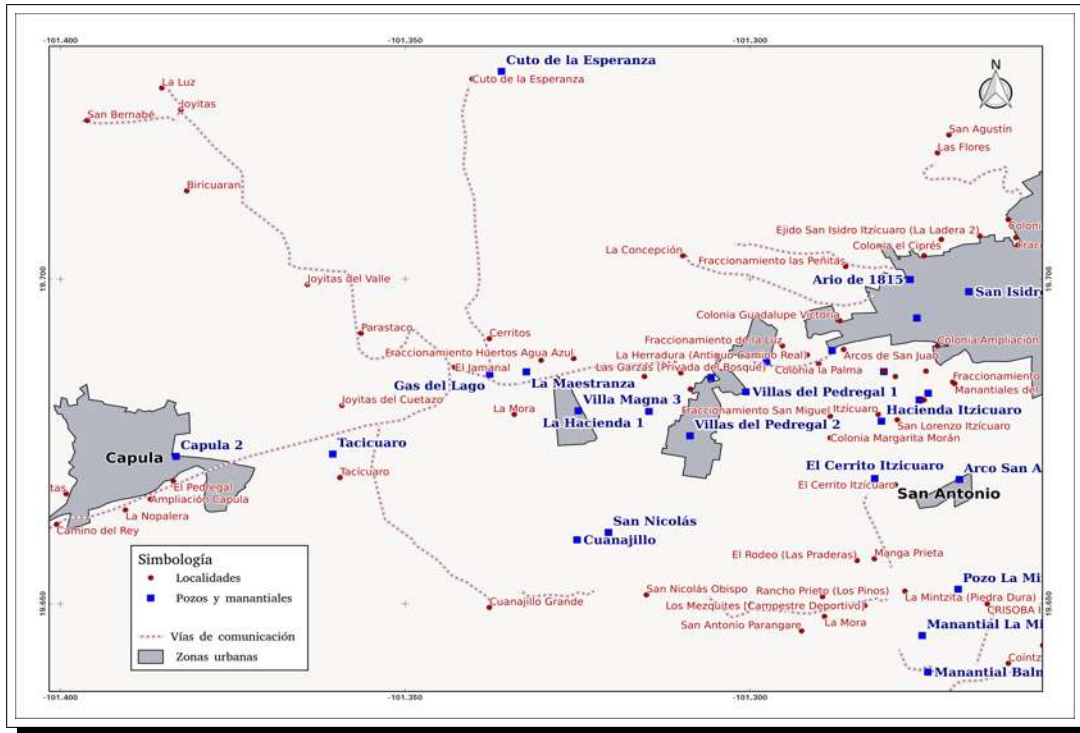


Figura 3.1: Región Capula-Cointzio.

Siguiendo el rumbo al oriente sobre la carretera Capula-Morelia, a 7 km en seguida de la avenida Cointzio, se ubica el entronque a las comunidades de Cuto de la Esperanza con rumbo al N, las localidades de Joyitas y San Bernabé en dirección al NO.

3.2. Orografía y fisiografía

La región pertenece a la provincia fisiográfica denominada Faja Volcánica Transmexicana. Se aprecia un paisaje volcánico, de conos cineríticos, producto del vulcanismo monogenético del corredor Tarasco (Garduño-Monroy *et al.*, 2010), también se localizan largas planicies de inundación fluvio lacustre, a lo largo de las planicies de la ciudad de Morelia.

Las altitudes que presenta el área de estudio van de los 1,889 a los 2,592 m.s.n.m.

Las principales elevaciones son el volcán Las Tetillas y el cerro del Águila, estas dos elevaciones dan origen a una serie de escurrimientos tributarios (Fig. 3.3).

El terreno en su mayoría se presenta pendientes de entre los 0 y 5°, haciendo del área zona de estudio un terreno poco accidentado (Fig. 3.4). El cerro del Águila es la elevación que mayor escabrosidad presenta. Así como los conos cineríticos ubicados al centro de la región (Fig. 3.3).

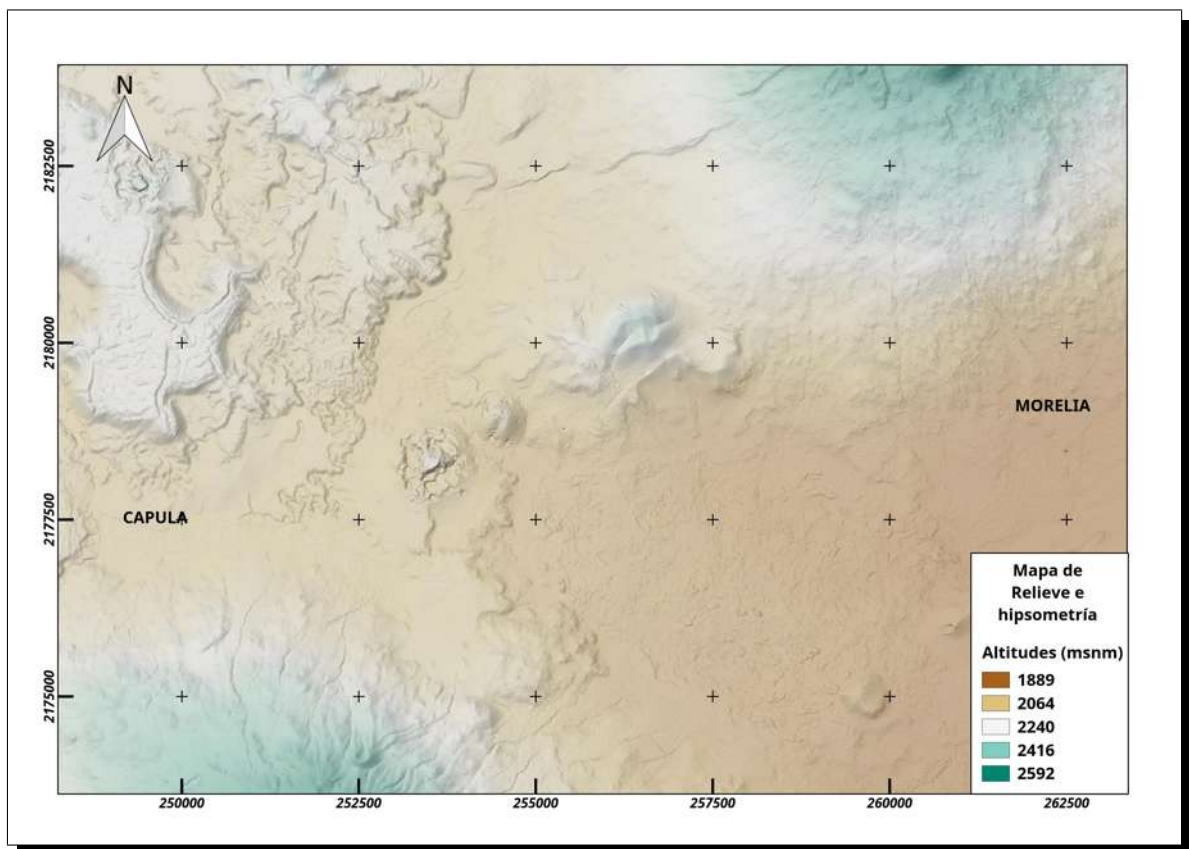


Figura 3.2: Mapa hipsométrico.



Figura 3.3: Panorámica de la región Cointzio-Capula con vista hacia el noreste.

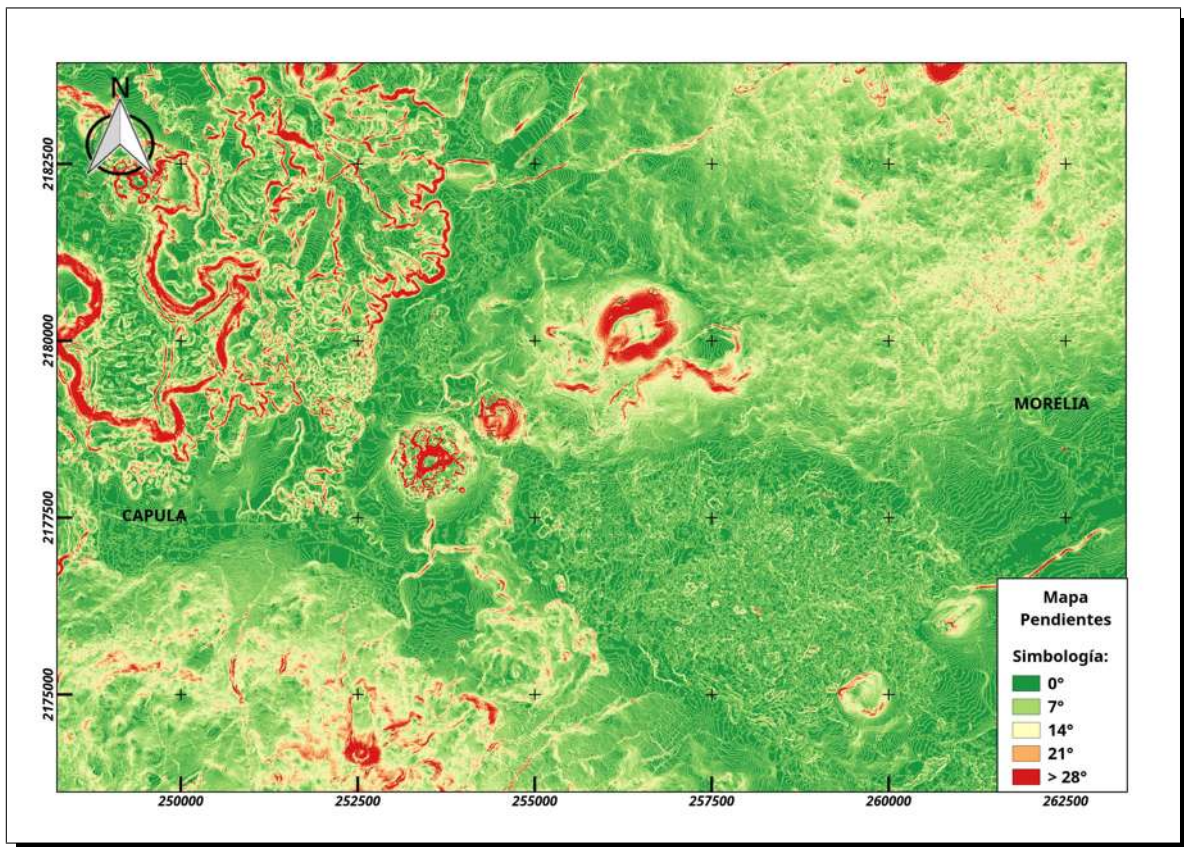


Figura 3.4: Mapa de pendientes.

3.3. Hidrología

La zona de estudio se localiza en la región hidrológica Lerma-Santiago, dentro de la cuenca Lago de Pátzcuaro-Cuitzeo y Lago de Yuriria, en la subcuenca Lago de Cuitzeo; que la CONAGUA identifica como RH12Gb (CONAGUA, 2015).

El cerro el Águila y el volcán Las Tetillas dan origen a una red de escurrimientos superficiales, siendo el río Itzicuaro uno de los principales. Los ríos La Mintzita y Cointzio, son tributarios al río Itzicuaro, el cual atraviesa la ciudad de Morelia incorporándose al río Grande, hasta desembocar en el Lago de Cuitzeo (Fig. 3.5). Los escurrimientos son de tipo intermitentes en su mayoría de 2do orden, lo que significa que los tipos de corrientes presentes son efímeras.

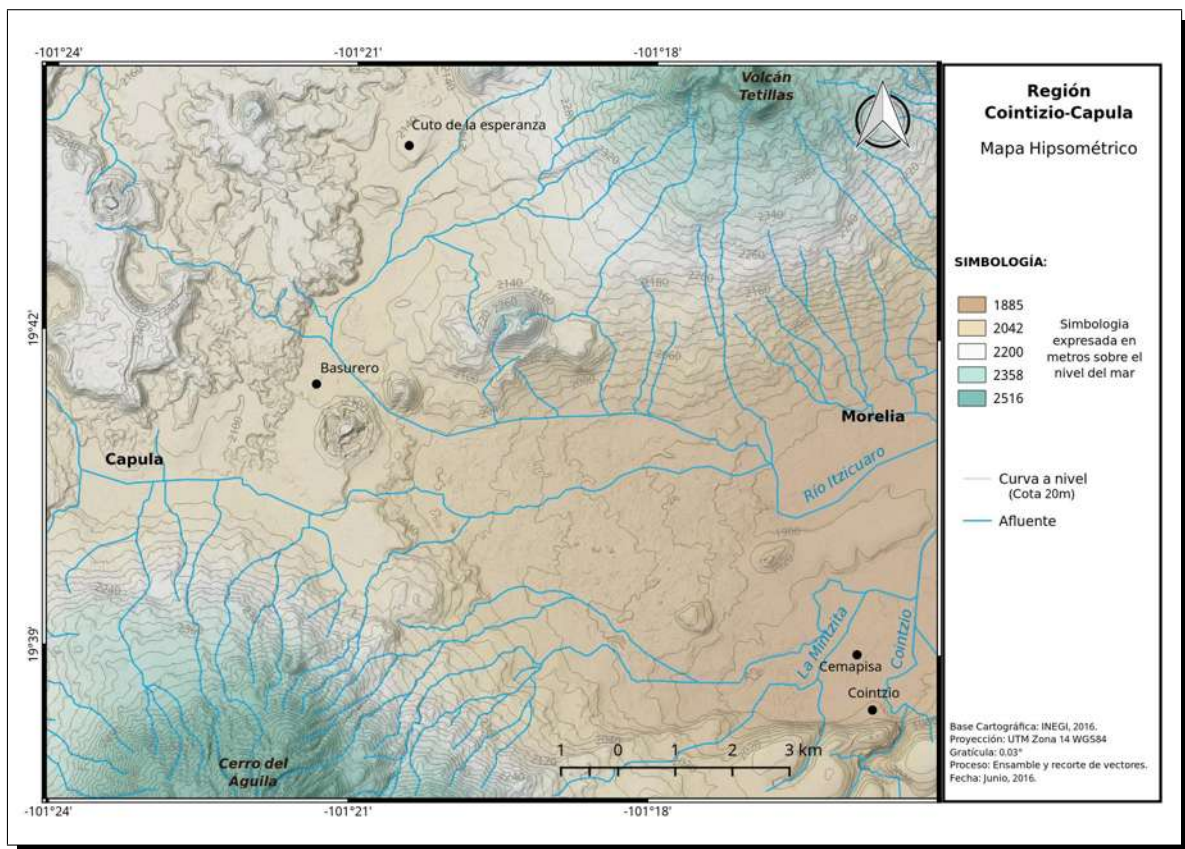


Figura 3.5: Mapa hidrológico.

Dentro de la región se encuentran dos cuerpos de agua: el manantial La Mintzita y la presa de Cointzio; esta última se construyó entre las décadas de 1950 y 1980, como parte de las estrategias de abasto para la ciudad de Morelia. La poca disponibilidad de agua en escurrimientos superficiales y cuerpos de agua, fue la razón para aprovechar el agua que es de tipo subterráneo. El manantial La Mintzita es de tipo perenne con un caudal estimado de 1,041 lts/seg (Verduzco-Cedeño, 2010), y es una de las principales fuentes de abasto de la ciudad de Morelia (Fig.3.6).



Figura 3.6: Alberca La Mintzita.

3.4. Geología

Predominan estructuras de material volcánico y sedimentario. Así como basaltos producto de los deslaves y arrastre de material lávico de volcanes y conos cineríticos del Holoceno. Existe un complejo de fallas que predominan en dirección SO-NE dentro de la zona de estudio, dentro de un sistema de graben y horts, con mayor tendencia de colapso al centro de la región (Fig. 3.8).

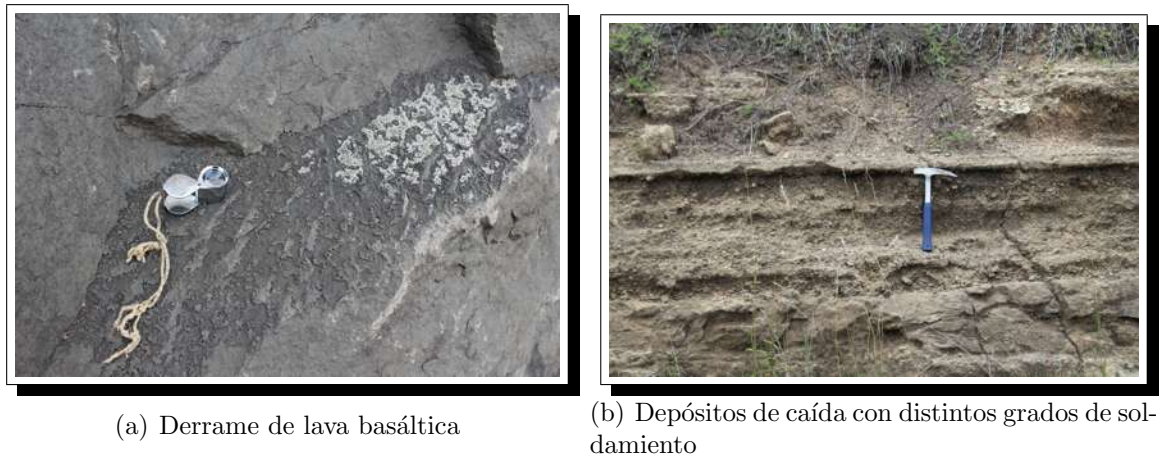


Figura 3.7: Tipos de rocas presentes.

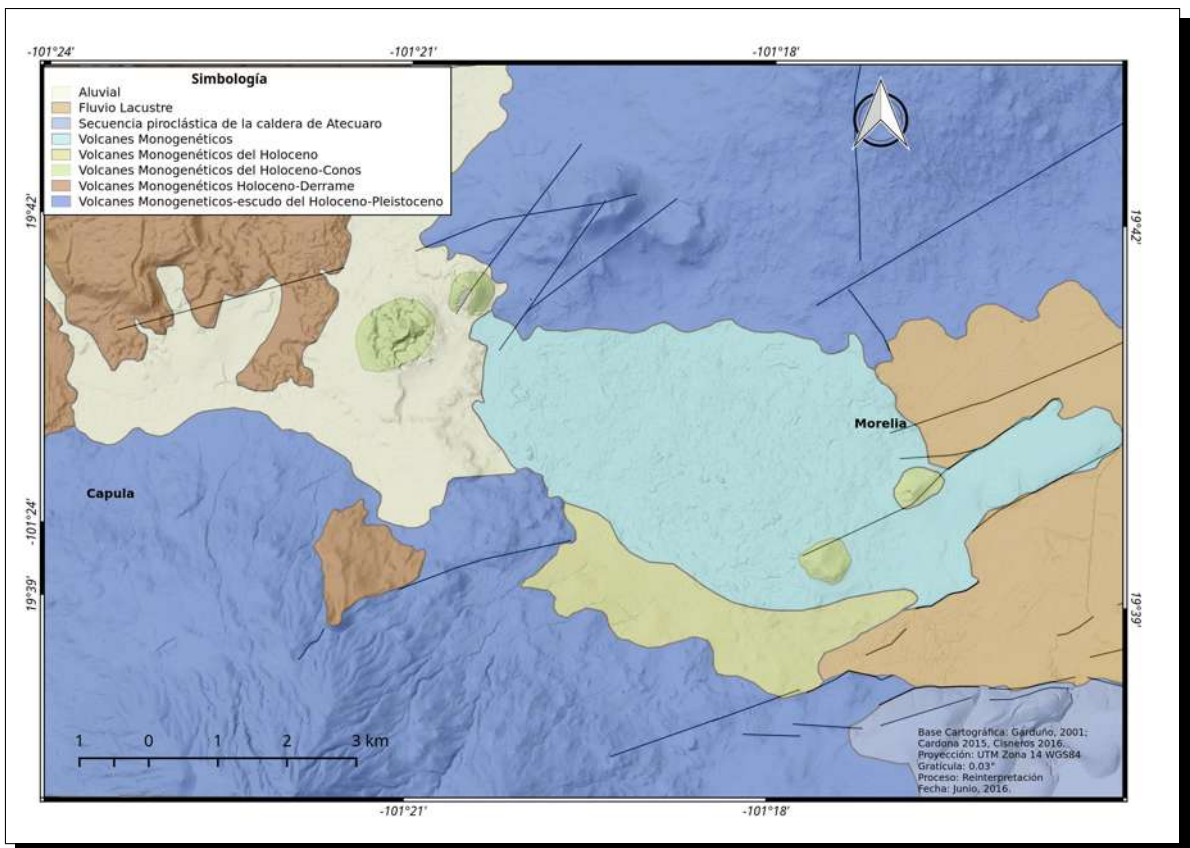


Figura 3.8: Mapa geológico.

El paisaje está dominado por planicies que datan del Holoceno, y derrames volcánicos principalmente provenientes de los volcanes Quinceo, Las Tetillas y El Águila;

generando laderas de basalto. Existen volcanes monogenéticos en la parte centro de la zona de estudio los cuales forman estructuras de derrame y depósitos de caída que datan del Pleistoceno-Holoceno (Israde-Alcantara, 2005; Garduño-Monroy *et al.*, 2010; Cisneros, 2016).

3.5. Geohidrología

La zona se encuentra enmarcada dentro de tres unidades geohidrológicas: unidades hidrológicas volcánicas del Corredor Tarasco, unidad geohidrológica terrígena y unidad geohidrológica Ignimbrítica (Garduño-Monroy, 2010).

Unidades geohidrológicas volcánicas del Corredor Tarasco Presenta una serie de aparatos monogeneticos y de tipo escudo los cuales descansan sobre la secuencia lacustre Terrigena. En esta unidad se encuentran los acuíferos de la zona de la Mintzita que surten de agua a gran parte de la ciudad de Morelia (Garduño-Monroy *et al.*, 2010). En la región Capula-Cointzio corresponde a aparatos volcánicos Tetillas y Cerro del Águila.

Unidad geohidrológica Terrígena Esta unidad se compone en el subsuelo de 60 m de alternancias de conglomerados, arenas, limos y arcillas; con eventuales interdigitaciones de lavas y productos volcánicos explosivos. En la zona de estudio corresponde a las planicies que se desplazan en dirección E a O.

Unidad geohidrológica Ignimbrítica La conforma una secuencia de flujos piroclásticos provenientes de las calderas localizadas en la sierra de Mil Cumbres (Calderas de Atécuaro, La Escalera), además de otras fuentes aún no reconocidas en el sector de Cuitzeo.

3.6. Localidades y población

La zona de estudio esta ubicada al oeste de la ciudad de Morelia. De acuerdo al último censo realizado en el año 2010, se registran un total de 63 localidades y 6 complejos urbanos (Cuadro 5.1). Dentro del área de estudio se encuentra el complejo habitacional Villas del Pedregal, el cual en los últimos 10 años ha incrementado su superficie de manera significativa, como se observa en la figura 3.10a.

La población total en la zona de estudio para el año 2010 fue de 88,079 habitantes, de los cuales 42,343 son hombre y 44,537 son mujeres (Fig. 3.12). En los últimos 30 años la zona de estudio ha reflejado un incremento del 817.5% de la población (Fig. 3.10a), de acuerdo a los censos poblacionales de los años 1990, 2000, y 2010.



(a) Fraccionamiento Villas del Pedregal.

(b) Entrada al fraccionamiento Tinijaro.

Figura 3.9: Expansión de la mancha urbana.

De acuerdo al censo INEGI, (2010), la población económicamente activa, la integra un total de 46,917 habitantes. Mientras que 10,426 es la población entre los 0 y 5 años de edad. Los adultos mayores son el sector de la población que menor número presenta, con tan sólo 2,644 habitantes (Fig. 3.10b).

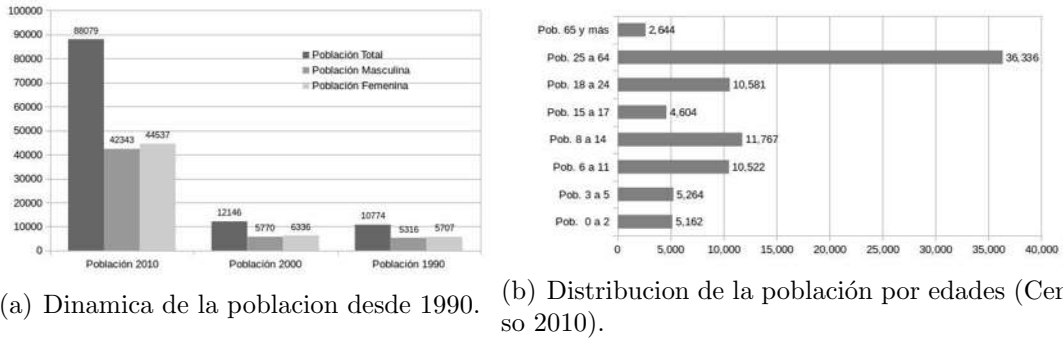


Figura 3.10: Población en la región.

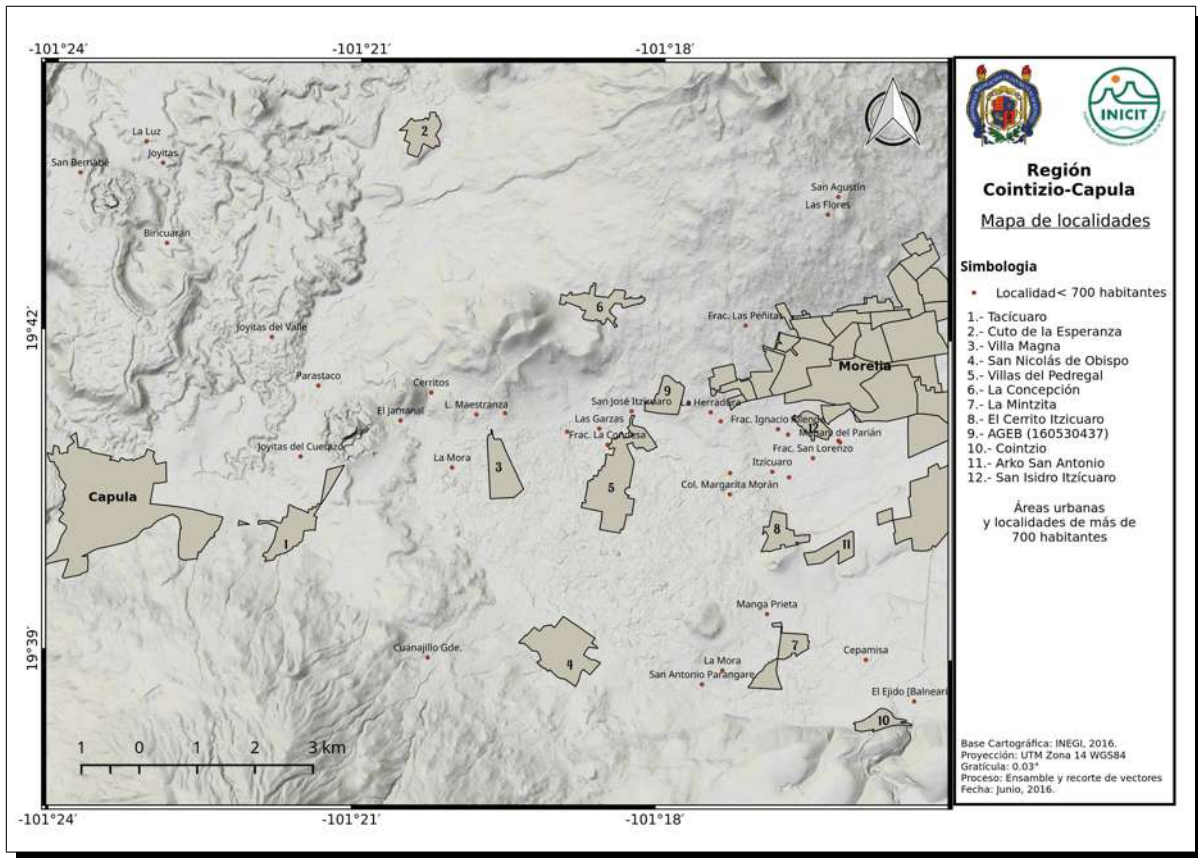


Figura 3.11: Localidades de la zona de estudio

Cuadro 3.1: Localidades y número de habitantes.

AGEB	Nombre	Población Total 2010	Pob. Masc.	Pob. Fem.
	Sector urbano (Morelia y Fraccionamientos)	66927	32067	33732
005-8	Cerritos	70	34	36
010-9	Coíntzio	732	356	376
005-8	La Concepción	902	446	456
008-1	Cuanajillo Grande	532	262	270
005-8	Cuto de la Esperanza	1019	469	550
295-7	Las Flores	193	91	102
005-8	Joyitas	437	210	227
005-8	La Luz	135	74	61
010-9	San Antonio Parangare	555	283	272
005-8	San Berbé	284	134	150
296-1	San Isidro Itzicuario	902	439	463
005-8	San José Itzicuario (Rancho Nuevo)	490	235	255
296-1	San Lorenzo Itzicuario	1143	555	588
008-1	San Nicolás Obispo	2638	1,240	1398
008-1	Tacicuario	1428	705	723
005-8	Parastaco	2		
010-9	La Mintzita (Piedra Dura)	1026	508	518
010-9	El Cerrito Itzicuario	813	382	431
010-9	CRISOBA Industrial (CEPAMISA)	16	6	10
005-8	Biricuaran	3		
005-8	Lomas de la Maestranza	2432	1,204	1228
005-8	Las Garzas (Privada del Bosque)	346	170	176
005-8	Fraccionamiento Huertos Agua Azul	108	55	53
296-1	Itzicuario	303	154	149
296-1	Colonia la Palma	35	17	18
010-9	El Ejido [Balneario]	11		
010-9	Los Mezquites [Campestre Deportivo]	2		
296-1	Colonia Ampliación de San Isidro Itzicuario	152	79	73
295-7	Colonia Guadalupe Victoria	47	26	21
295-7	Fraccionamiento Itzicuario	9		
010-9	La Mora	2		
010-9	Rancho Prieto (Los Pinos)	2		
010-9	El Rodeo (Las Praderas)	126	68	58
008-1	La Nopalera	30	15	15
295-7	Fraccionamiento las Peitas	2		
296-1	Arcos de San Juan	144	70	74
295-7	Las Guares	60	30	30
005-8	Fraccionamiento de la Luz	97	45	52
295-7	Ninguno	15	7	8
008-1	Ampliación Capula	27	15	12
008-1	Camino del Rey	6		
295-7	Colonia Benigno Serrato	7		
295-7	Ejido San Isidro Itzicuario (La Ladera 2)	1		
295-7	Colonia el Ciprés	16	8	8
295-7	Fraccionamiento San Isidro Itzicuario	6		
005-8	Fraccionamiento la Condesa	16	6	10
005-8	Colonia Margarita Morán	240	111	129
005-8	Conjunto Habitaciol la Hacienda	1848	924	924
008-1	El Jamal	37	18	19
008-1	El Pedregal	7		
005-8	Joyitas del Cuetazo	16	7	9
008-1	La Mora	37	19	18
008-1	Las Peñitas	4		
296-1	Fraccionamiento Ignacio Allende	286	138	148
295-7	San Agustín	82	40	42
296-1	Fraccionamiento San Lorenzo	565	274	291
010-9	Manga Prieta	29	18	11
296-1	Fraccionamiento Río Florido	496	237	259
296-1	Fraccionamiento Agua Nueva	89	47	42
296-1	Mantiales del Parián	22	11	11
005-8	Joyitas del Valle	2		
005-8	La Herradura (Antiguo Camino Real)	65	34	31
296-1	Fraccionamiento San Miguel	5		
	Población Total	88,079	42,343	44,537

3.7. Servicios Hidrosanitarios

En 2010 se registró un total de 37,929 viviendas, con un promedio de 4 habitantes por vivienda. De este total INEGI (2010) indica que el 36.82% (13,929 viviendas) cuentan con el total de los servicios hidrosanitarios: agua potable, sistema de drenaje y alcantarillado.

Un 37.19% de las viviendas cuentan con agua entubada dentro de ésta, mientras que un 5.46% recibe el servicio de agua únicamente fuera de la vivienda; esto es, almacenada en aljibes y recipientes en el patio de la casa. Existe un 57.6% de viviendas en el que se desconoce el mecanismo de abasto.

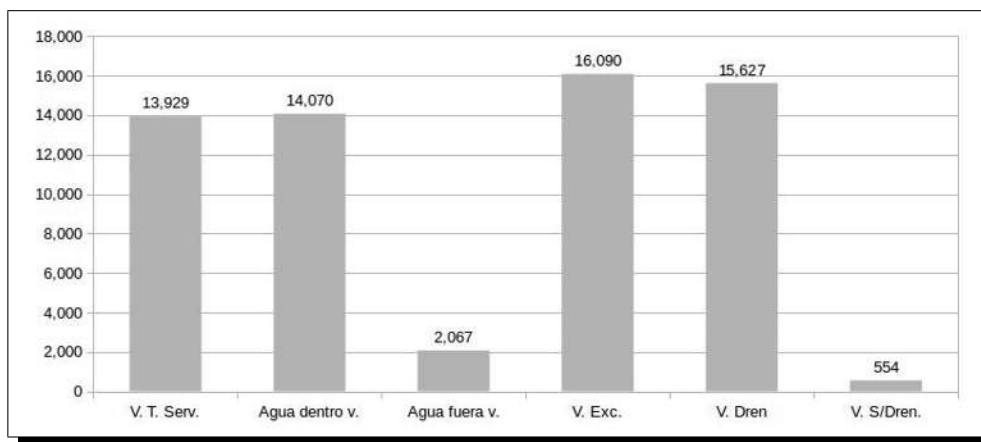


Figura 3.12: Servicios hidrosanitarios.

Cabe mencionar que el servicio de agua potable en las viviendas urbanas y cercanas a la ciudad de Morelia, es responsabilidad del Organismo Operador de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento de Morelia (OOAPAS). En algunos fraccionamientos de nueva generación, el servicio lo asumen en responsabilidad las empresas inmobiliarias. En las localidades, la labor de abasto y cuidado de la infraestructura, está a cargo de comités de agua comunitarios, que operan con el apoyo y supervisión del OOAPAS.

Un total de 16,090 viviendas tienen como parte de sus infraestructura un excusado, de esta cifra 15,627 desalojan en un sistema de drenaje, dejando una diferencia de 463 viviendas que cuentan con un excusado dentro de la vivienda, sin estar conectado a un sistema de drenaje.

Considerando la información del censo 2010 del total de viviendas (37,929), y haciendo una diferencia de aquellas viviendas que cuentan con servicio de drenaje (15,627), nos arroja un resultado de 22,302 viviendas sin servicio de drenaje. A esto le sumamos aquellas viviendas con un excusado y que no cuentan con un sistema de drenaje, se obtiene una cifra de 22,765 viviendas, equivalente al 60.02% de viviendas sin drenaje y no las 554 que INEGI registra en sus resultados del 2010, como lo muestra la gráfica en la figura 3.12.

3.8. Servicios de salud

Se cuentan con siete unidades médicas destinadas a la atención de la población en servicios básicos de salud (Fig. 3.13). Los servicios con los que se cuentan son: consulta familiar y servicio social para la población. Del total de las unidades, el personal que labora radica en la ciudad de Morelia. En todas las unidades médicas existen voluntarios de salud, quienes brindan apoyo sin recibir algún tipo de pago o remuneración (ver cuadro 3.2)

Las unidades médicas pertenecientes al IMSS cuentan con médicos generales como parte de su personal de base. En los módulos de salud de la SSA, atienden médicos pasantes en medicina general. Las comunidades rurales llevan un monitoreo de salud básica a través del programa gubernamental Prospera.

Cuadro 3.2: Unidades médicas y centros de salud.

Localidad	Tipo	Servicios	Núm. Personal
Capula	Unidad médica rural IMSS	Consulta familiar y servicio social, urgen- cias	4
Tacícuaró	Módulo SSA	Consulta familiar y servicio social	2
San Nicolás de Obispo	Unidad médica rural IMSS	Consulta familiar y servicio social, urgen- cias	4
Joyitas	Módulo SSA	Consulta familiar y servicio social	–
Las Flores	Módulo SSA	Consulta familiar y servicio social	–
Cuto de la esperanza	Unidad médica rural IMSS	Consulta familiar y servicio social, urgen- cias	3

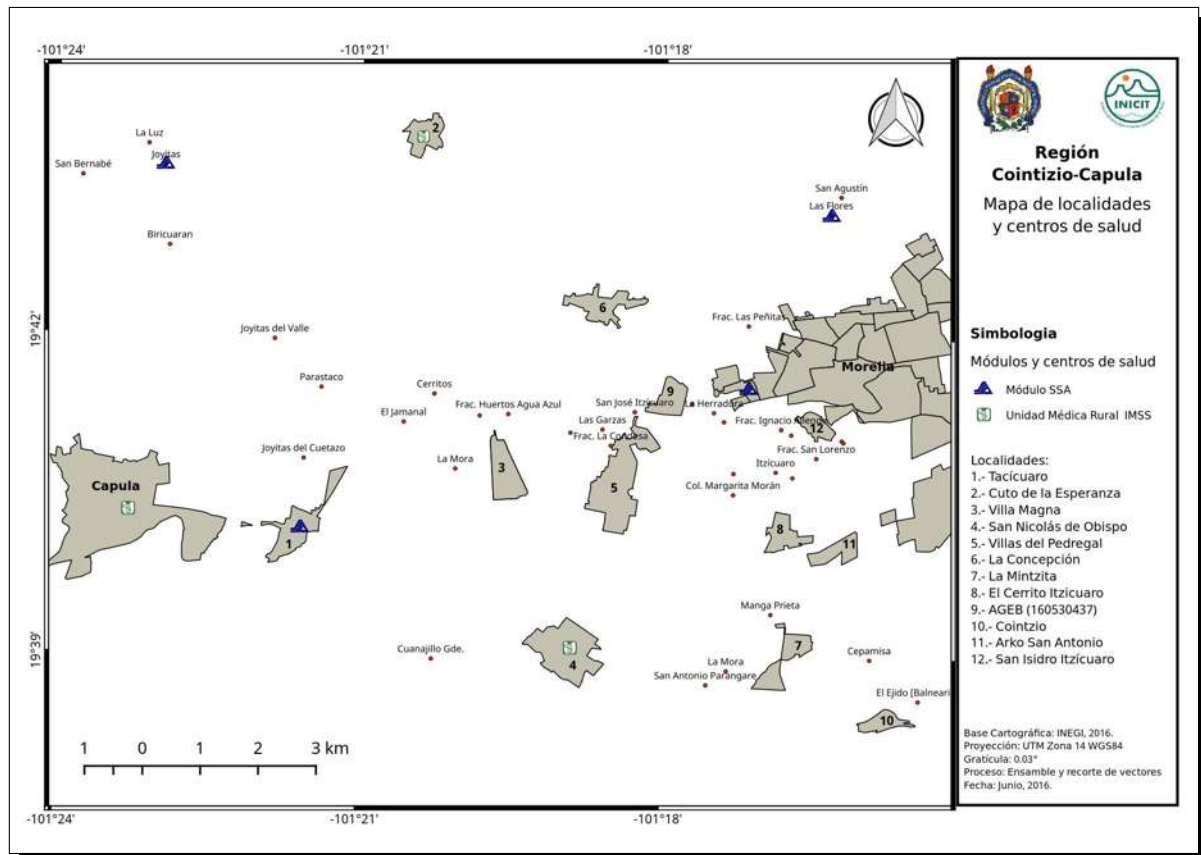


Figura 3.13: Centros de salud de la zona de estudio.

En caso de algún incidente mayor, los pacientes tendrían que acudir a los hospitales regionales ubicados en la ciudad de Morelia. En caso de alguna emergencia, las localidades que cuentan con unidades médicas rurales IMSS brindan el servicio de traslado de sus paciente a la ciudad de Morelia, esto sólo en el transcurso del día. Mientras que el servicio de laboratorio y especialidades es canalizado a la ciudad de Morelia.

Capítulo 4

Marco Teórico

4.1. Agua Subterránea

4.1.1. Tipos de Acuíferos

Las formaciones geológicas pueden clasificarse de acuerdo a su comportamiento hidrogeológico, en: acuíferos, acuitardos, acuícludos y acuífugos. Estas formaciones pueden ser identificadas como unidades hidrogeológicas, las cuales son un conjunto de formaciones geológicas y dentro de cada unidad puede haber uno o varios acuíferos, acuitardos y acuícludos. Se consideran unidades debido que su funcionamiento debe estudiarse de un modo conjunto (Vallejo e Iglesias, 2004).

Un *acuífero* es considerado un volumen subterráneo de roca con la capacidad de almacenar y transmitir agua con facilidad (Vallejo e Iglesias, 2004). Un *acuícludo* puede contener agua en cantidad apreciable y no permite que esta circule. Los *acuitardos*, impiden o retardan la transmisión de agua, circulando con dificultad. En cambio los *acuífugos* no contienen agua por que no permiten su circulación (Auge, 2002; Vallejo e Iglesias, 2004).

Por sus propiedades hidráulicas y de estructura se clasifican en: acuíferos libres,

acuíferos semiconfinados y acuíferos confinados. Cada uno de estos posee propiedades específicas definidas por los factores de: porosidad, conductividad hidráulica, transmisividad, coeficiente de almacenamiento; en sus estrato litológicos (Foster *et al.*, 2002; Vallejo e Iglesias, 2004).

4.1.2. Tipos de contaminación

Contaminación puntual Afecta un volumen reducido del acuífero extendiéndose por una superficie pequeña y se caracteriza por presentar elevadas concentraciones, pero que disminuyen rápidamente por dilución (Foster *et al.*, 2002; Auge, 2006)(Fig. 4.1). Las fuentes de contaminación puntual son la actividad industrial, lagunas de efluente, manejo-disposición de residuos sólidos, gasolineras, actividad minera, explotación de hidrocarburos, terrenos contaminados, curso de aguas superficiales contaminadas (Foster *et al.*, 2002; Auge, 2006).

Contaminación difusa. Afecta a volúmenes significativos del acuífero y en general presentan concentraciones relativamente bajas de los contaminantes (Foster *et al.*, 2002; Auge, 2006)(Fig. 4.1). Las fuentes de contaminación difusa son áreas residenciales urbanas sin servicio de drenaje, uso agrícola del suelo.

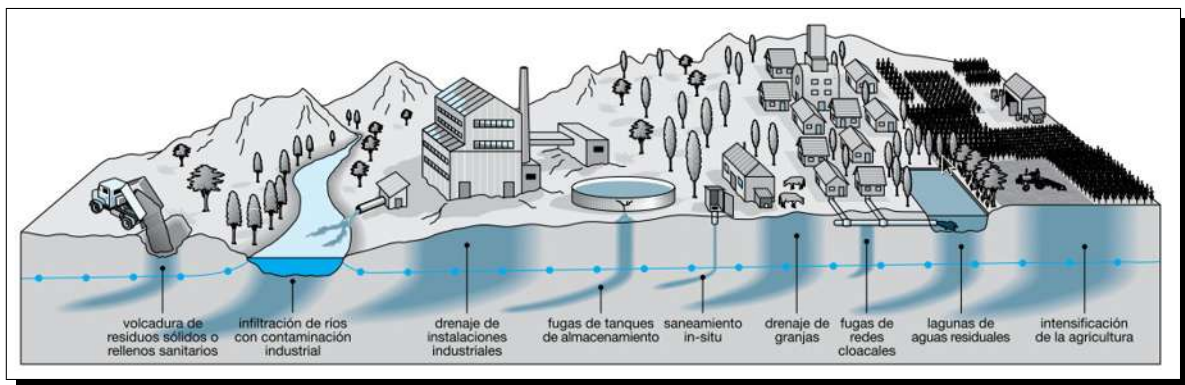


Figura 4.1: Procesos de contaminación (Foster *et al.*, 2002).

4.1.3. Vulnerabilidad

La vulnerabilidad está en función de la accesibilidad de la zona saturada del acuífero a la penetración de contaminantes y su capacidad de atenuación con los estratos suprayacentes (Foster *et al.*, 2002). Los acuíferos libres son los que presentan una mayor vulnerabilidad a causa de su exposición y cercanía a la superficie, quedando condicionados por las propiedades físicas del suelo, el relieve y a la cercanía del nivel freático con la superficie.

La vulnerabilidad en un acuífero semiconfinado está controlada por las propiedades físicas y geométricas del acuitardo; esto implica considerar un amplio conocimiento de su conductividad hidráulica, porosidad y espesor, así como de la diferencia de potencial hidráulico que guarda con el acuífero libre que le subyace (Foster *et al.*, 2002; Auge, 2006).

Los tipos de contaminantes a los que son expuestos los acuíferos varían considerablemente entre áreas urbanas y áreas rurales; siendo el sector urbano el que mayor cantidad de contaminantes puede aportar. Una alta vulnerabilidad en acuíferos libres puede concentrar metales, patógenos fecales, sales, carbono orgánico, nitratos y pesticidas; en un tiempo estimado en semanas. El tiempo de concentración en acuíferos semiconfinados puede llegar a darse en décadas, como se muestra en la figura 4.2 (Foster *et al.*, 2002; Auge, 2006).

4.2. Calidad de agua

La calidad del agua es una medida crítica de las propiedades químicas, físicas y biológicas de los sistemas acuáticos. Esta depende del mantenimiento de una calidad del agua específica para poder sostener procesos bioquímicos necesarios para la vida de plantas y animales (Peters *et al.*, 2009). En el consumo humano, la calidad se refiere al tipo de agua libre de elementos que la contaminen y conviertan en un vehículo para la

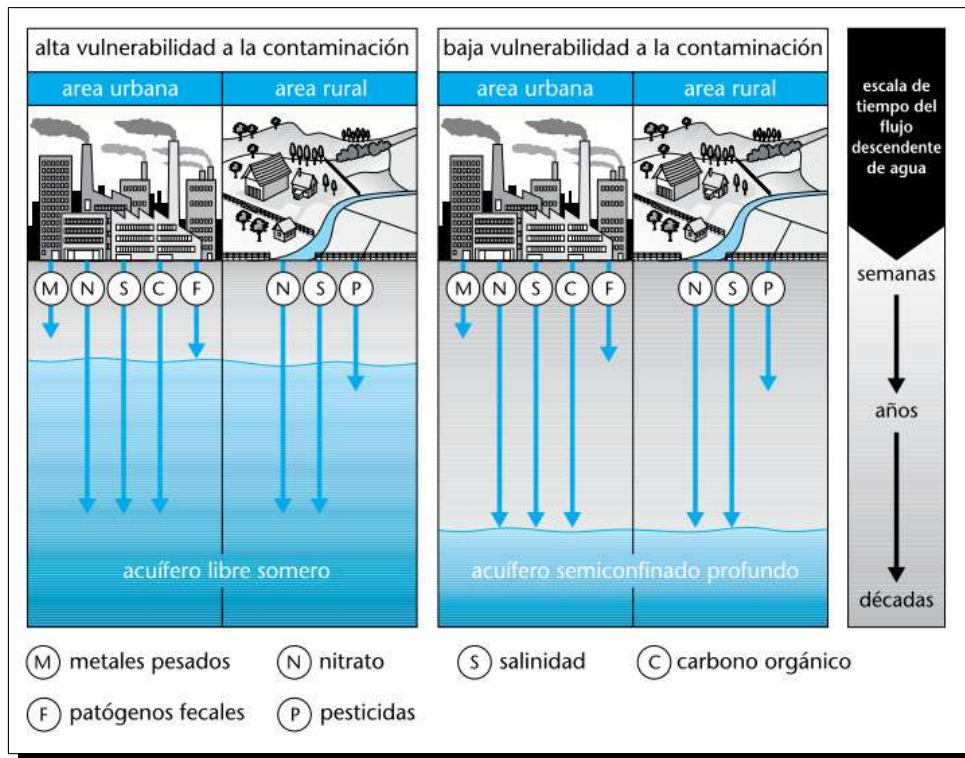


Figura 4.2: Tiempos de concentración de contaminantes en los acuíferos (Foster *et al.*, 2002).

transmisión de enfermedades, y está en función de la cantidad y la disponibilidad del agua (OPS, 2007).

La calidad del agua para consumo humano debe cumplir condiciones físicas, químicas y bacteriológicas establecidas por organismos internacionales y nacionales, dedicados a vigilar la calidad del agua, y de este modo evitar daños a la salud de la población.

4.2.1. Parámetros fisicoquímicos

De los principales parámetros que permiten determinar las características y propiedades físicas del agua, se encuentran: temperatura, conductividad eléctrica, salinidad, turbiedad y sólidos disueltos. Para la determinación de la propiedades químicas, se identifican: dureza, alcalinidad, acidez, potencial de hidrógeno (ver cuadro 4.1). Es

preferible medir estos parámetros *in situ*; o en su defecto, con pruebas de laboratorio. Se consideran como características organolépticas: color, olor, sabor y turbiedad; donde el sabor y olor tiene que ser agradable y aceptable por los usuarios (ver cuadro 4.3).

Cuadro 4.1: Límites permisibles en parámetros fisicoquímicos.

Parámetro	NOM-127-SSA1-1994 (mg/l)
pH	6.5-8.5
Sólidos Disueltos Totales	1000
Dureza total (como CaCO ₃)	450

Cuadro 4.2: Características organolépticas.

Característica	Límite permisible Nom-127
Color	20 Unidades de color verdadero en la escala de platino cobalto
Olor y sabor	Agradable al consumidor
Turbiedad	5 unidades de turbiedad nefelométricas

Conductividad eléctrica Es la habilidad del agua para conducir una corriente eléctrica, está en función del tipo de sustancias presentes, sus valencias y los iones. Es a través de la conductividad eléctrica que podemos tener un estimado del contenido de sólidos disueltos.

pH Este potencial establece las concentraciones de iones de hidrógeno, se emplea para expresar la intensidad de las condiciones ácidas o alcalinas en el agua.

4.2.2. Características microbiológicas

La presencia de microorganismos patógenos no deben de ser detectables. Por lo tanto estos organismos deben estar ausentes en un 95 % de las muestras analizadas.

De acuerdo a la NOM-127-SSA1-1994 el agua abastecida por el sistema de distribución no debe contener *E. coli* o coliformes fecales u organismos termotolerantes en ninguna muestra de 100 ml en sistemas de abastecimiento de localidades con una población mayor de 50,000 habitantes. Estos organismos deberán estar ausentes en las muestras tomadas en un mismo sitio de la red de distribución, durante un periodo de doce meses de un mismo año.

Como parte de las recomendaciones de acuerdo a la NOM-127-SSA1-1994, para el tratamiento de agua contaminadas con: bacterias, helmintos, protozoarios y virus. Deben desinfectarse con cloro, compuestos de cloro, yodo, ozono, luz ultravioleta, plata iónica o coloidal.

4.2.3. Elementos traza

Parte de las propiedades del agua pueden estar asociadas a la presencia de sustancias químicas, éstas pueden ser consideradas tóxicas, dado que en concentraciones relativamente bajas pueden causar algún tipo de daño a la salud (Siebe y Cayetano, 2013). Algunas de esas sustancias pueden ser metales pesados, elementos traza o algún elemento químico adherido durante su trayecto.

Como medidas de regulación, se han establecido límites en las concentraciones de sustancias químicas presentes en el agua. La Organización Mundial de la Salud (OMS), es el organismo internacional responsable; mientras que en México, la tarea se encuentra a cargo de la Secretaría de Salud. Cada una de estas instancias, ha elaborado normas que detallan los procesos necesarios para que se garantice la calidad del agua y la salud de las personas.

La toxicidad de una sustancia química, es decir su capacidad de producir un efecto nocivo, está relacionada con la cantidad administrada o absorbida. Las propiedades fisicoquímicas pueden ser importantes para establecer prioridades para las pruebas de toxicidad, en especial en aquellas sustancias consideradas como posibles contaminantes ambientales, aunque no siempre todas las sustancias pueden ser consideradas contaminantes en el ambiente. Del total de elementos químicos disponibles, se encuentran los minerales y oligoelementos o elementos traza. Los elementos traza tienen una disponibilidad en el ambiente muy reducida pero significativa en las funciones del organismos de las personas (Alarcón-Corredor, 2009).

Los elementos traza son considerados multifuncionales y actúan en procesos de múltiples estructuras, hormonas, enzimas, membranas biológicas; por ello su déficit o exceso provoca síntomas genéricos no específicos a nivel sistémico. La principal fuente y relación de elementos traza en las personas es a través de la ingesta por medio de la dieta y el consumo de agua. Los elementos traza esenciales pueden subdividirse en elementos catiónicos, elementos aniónicos y elementos complejos (AEBM, 2008; Alarcón-Corredor, 2009).

Un anión es un ion con carga eléctrica negativa debido a que el átomo que le dio origen ganó uno o varios electrones, mientras que un catión pierde carga eléctrica el átomo que da origen. Los elementos catiónicos tienen una absorción variable en el cuerpo y su control homeostático se hace a través del hígado y del tracto gastrointestinal; en cambio los aniones se absorben eficazmente y la eliminación se realiza por vía renal.

En otro grupo de elementos químicos se encuentran los metales, y en particular los metales pesados que son elementos con peso molecular alto, estos metales están dispuestos en la naturaleza, el agua y el viento son los principales mecanismos de dispersión. Al ser ingeridos en el cuerpo, se acumulan provocando alteraciones funcionales. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), considera un listado

de 88 sustancias químicas que la OMS a su vez considera prioritarias para su análisis y seguimiento.

Cuadro 4.3: Límites máximos permisibles para elementos y sustancias químicas presentes en el agua para consumo humano.

Elemento/ sustancia química	NOM-127 (mg/L)	OMS (mg/L)
Arsénico	0.025	0.005
Cadmio	0.005	na
Cobre	2.000	3
Fierro	0.300	na
Manganeso	0.150	na
Mercurio	0.001	na
Nitratos	10	na
Nitritos	1	na
Plomo	0.010	0.100
Sodio	200	na
Sólidos disueltos totales	1000	1000
Sulfatos	400	na
Fluoruros	na	1.500
Cromo VI	na	0.050
Zinc	na	15
Cloruros	na	250
Compuestos de Ácido fénico	na	0.001

En México la prioridad se limita a una lista de 41 sustancias químicas; las cuales se mencionan en el cuadro 4.3. Para el caso del arsénico los límites permisibles se han ido ajustando anualmente a partir del 2001 (DOF, 2000).

4.3. Enfermedades por elementos químicos

Muchas sustancias químicas disueltas en el agua al momento de ser ingeridas tienden a generar algunos padecimientos; la OMS apropió en el año 2010 el término de *Enfermedades Hídricas*. El término de Enfermedades Hídricas se define de la siguiente

manera:

[.]Enfermedades causadas por ingestión de agua contaminada con excrementos humanos/animales que contienen microorganismos patógenos o agua contaminada con sustancias químicas.

Organización Mundial de la Salud, 2001

Las enfermedades de origen hídrico se clasifican en infecciosas, tóxicas e indirectamente relacionadas. Aquellas enfermedades causadas por contaminantes químicos, por el origen de sus contaminantes se agrupan como de origen natural y de origen antropogénico.

Los padecimientos por intoxicación por elementos químicos presenta sintomatología silenciosa, donde no todos los síntomas se manifiestan al grado de ser perceptibles por las personas. A los elementos químicos, principalmente a los metales, se les puede atribuir un comportamiento bioacumulativo con efectos directos a la salud. Es entonces que los padecimiento causados en el cuerpo, son respuesta de la acumulación de las sustancias hasta generar un grado de intoxicación (Ferrer-Dufol, 2003).

Los efectos tóxicos de los metales pesados no se detectan fácilmente a corto plazo, aunque si puede haber una incidencia muy importante a mediano y largo plazo. Los metales son difíciles de eliminar del medio, puesto que los propios organismos los incorporan a sus tejidos, en los que se acaba manifestando. La toxicidad de estos metales pesados es proporcional a la facilidad de ser absorbidos. Un metal disuelto en forma iónica puede absorberse más fácilmente que estando en forma elemental, y si ésta se encuentra reducida finamente aumentan las posibilidades de su oxidación y retención por los diversos órganos (Förstner, 1987).

La intoxicación por metales en la población sólo se puede determinar por métodos analíticos, de los métodos más confiables el más empleado es por medio de muestras de sangre (Ver cuadro 4.4).

Existen afecciones a la salud muy bien identificadas a causa de metales pesados y elementos químicos. Los elementos más estudiados son el plomo, cadmio, y arsénico.

Cuadro 4.4: Métodos analíticos usados para la determinación de metales en sangre (Burguera *et al.*, 1986 y Villanueva-Cañadas, 2010).

Elemento	Muestra	Método Analítico	Referencia
Cadmio	Sangre total	EAA con lampara de descarga de electrodos	Villanueva-Cañadas, 2010
Arsénico	Sangre total	EAA con lampara de descarga de electrodos	Villanueva-Cañadas, 2010
Plomo	Sangre Total	EAA con lampara de catodo hueco	Villanueva-Cañadas, 2010
Cobre	Suero sanguineo	EAA con inyección de flujo	Burguera <i>et al.</i> , 1986
Hierro	Suero sanguineo	EAA con inyección de flujo	Burguera <i>et al.</i> , 1986
Zinc	Suero sanguineo	EAA con inyección de flujo	Burguera <i>et al.</i> , 1986

4.4. Analisis estadístico

4.4.1. Correlación de Pearson

Este coeficiente nos informa del grado de relación entre dos variables. Si la relación es lineal perfecta, r será 1 ó -1. El coeficiente r será positivo si la relación es positiva (al aumentar x aumenta y), y r es negativo en el caso contrario (si al aumentar x , disminuye y).

Cuadro 4.5: Principales elementos químicos y su asociación a padecimientos (Ferrer-Dufol, 2003; Tirado-Amador *et al.*; 2015; Arumi *et al.*, 2006; Laporta, 2008).

Elemento químico	Padecimientos	Síntomas	Fuentes de contaminación o exposición
Nitratos	Metahemoglobinemia (<i>Sndrome del nio azul</i>) Cambios en las conductas psicológicas de mujeres embarazadas.	En infantes se manifiesta una oxidación de los glóbulos rojos y un tono gris-azulado en la piel.	Asociado a la ingesta de verduras o agua con altas concentraciones de nitratos, causada por el riego de hortalizas con aguas residuales.
Plomo	Daño severo por intoxicación en los sistemas: Endocrino, cardiovascular, respiratorio, inmunológico, neurológico, gastrointestinal, la piel.	Problemas directos en el sistema digestivo. En casos extremos causa convulsiones, colapsos e incluso la muerte directa.	Al ser ingerido, inhalado o absorbido por la piel. El plomo no es biodegradable y persiste en el suelo, en el aire, en el agua y en los hogares.
Arsénico	Causa intoxicación, en casos crónicos se conoce como: <i>Arsenicosis</i> .	Fatiga, dolores musculares, pérdida del cabello, zumbido de los oídos, cicatrización difícil, depresión, laxitud, alucinaciones visuales y disminución de la producción de glóbulos rojos y blancos.	El agua de ciertas regiones, el humo de tabaco, algunos plaguicidas, los huevos de gallinas criadas en régimen industrial (se les da arsénico para combatir los parásitos) y los mariscos.
Cadmio	Daño en colon, en casos severos se asocia al cancer de intestino y colon	El cuerpo humano no necesita cadmio en ninguna forma. El cadmio es dañino en dosis muy pequeñas, puede producir: osteoporosis, enfisema pulmonar, cáncer de pulmón, cáncer de próstata, hipertensión, diversas cardiopatías y retraso en la habilidad verbal de los niños.	Está presente en suelos contaminados, en algunas tuberías antiguas, en algunas pinturas (sobre todo de color rojo, amarillo y naranja) y en algunos plásticos. Puede ser adquirido por comer polvo contaminado, por el uso de utensilios de plástico en la alimentación, por inhalar humo de tabaco y por ingerir agua contaminada. Se encuentra presente en productos de uso agrícola y piscícola

4.4.2. Prueba de *t*-Students

Esta prueba es utilizada para la comprobación de hipótesis en medidas de distribución normal. También proporciona resultados aproximados para los contrastes de medias en muestras suficientemente grandes cuando estas poblaciones no se distribuyen normalmente.

Existen dos versiones de la prueba *t*-Student: una que supone que las varianzas poblacionales son iguales y otra versión que no asume esto último. Para decidir si se puede suponer o no la igualdad de varianza en las dos poblaciones, se debe realizar previamente la prueba *F*-Snedecor de comparación de dos varianzas.

4.4.3. Geoestadística (Kriging)

Es un método geoestadístico empleado para evaluar un parámetro en función del espacio, representado por una interpolación espacial. Este método de interpolación permite analizar una variable aleatoria regionalizada y en el caso de este trabajo son: parámetros de calidad del agua y piezometría, se muestra bajo una dependencia espacial estadística.

Las técnicas geoestadísticas usadas para el diseño de redes de monitoreo de agua subterránea se pueden agrupar en: simulación aproximada, varianza y riesgo basado en aproximaciones.

La representación gráfica de un modelo geoestadístico se representa en un modelo de interpolación Kriging; expresando modelos en tercera dimensión condicionado por una dependencia espacial fundamentada en un modelo teórico a través de un variograma (Gonzalez, 2004).

4.4.4. Tamaño de muestra en estudios biomédicos

La determinación del tamaño de la muestra en un estudio biomédico se clasifican en:

Exploratorias. Son investigaciones que responden preguntas sencillas para determinar si hay o no hay tal o cual característica. Sólo se estiman parámetros de la población, su presencia y magnitud. Son estudios observacionales de una población. En este tipo de estudios no se requiere cálculo de la muestra o bien se calcula una muestra para una sola población (Aguilar-Barojas, 2005).

Descriptivos. En estos estudios se trata de realizar una descripción detallada de las características que presentan los sujetos en estudio. Son estudios observacionales en un sólo tipo de población. En este tipo de estudios se requiere calcular una muestra para una sola población(Aguilar-Barojas, 2005).

Correlación. Buscan las relaciones o asociaciones entre los factores estudiados. Son estudios observacionales, estudian dos poblaciones y verifican hipótesis. Requieren del calculo de muestra en las poblaciones (Aguilar-Barojas, 2005).

Explicativos. Buscan establecer las causas de las asociaciones. Son estudios cuasi-experimentales o experimentales, comparan dos poblaciones y verifican hipótesis (Aguilar-Barojas, 2005).

La determinación del número de muestra en un estudio (n muestral), se calcula en función de la siguiente ecuación (Ecuación 1), cuando la población es finita y se conoce el total de unidades de observación (Aguilar-Barojas, 2005):

Ecuación 1

$$n = \frac{(N)(Z_a^2)(p)(q)}{(d^2)(N-1) + Z_a^2(p)(q)}$$

Donde:

- N es el total de la población
 Z_a^2 es 1,96² si la seguridad es del 95 %
 p es la proporción esperada
 q es igual a 1-p
 d es la precisión

4.5. Marco Legal

4.5.1. Legislación del agua en México

El uso y aprovechamiento del agua en México es regulado por la Ley de Aguas Nacionales, reglamentaria del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Las disposiciones de ésta ley son aplicables a todas las aguas nacionales, sean superficiales o del subsuelo (LAN, 2014). Siendo la Comisión Nacional del Agua (CNA) el organismo administrador desconcentrado de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (LAN, 2014).

Como parte de las estrategias nacionales en materia hídrica, se diseña un Plan Hídrico Nacional (PHN). El plan vigente tiene como periodo de ejecución 2014-2018; que es parte de las estrategias del Plan Nacional de Desarrollo.

Cuadro 4.6: Estrategia en materia de seguridad hídrica, parte del actual Plan Hidrico Nacional (2014-2018)

Mejorar la calidad del agua en cuencas y acuíferos	Mejorar las eficiencias de los servicios de agua en los municipios
<ul style="list-style-type: none"> ■ Incrementar las declaratorias de clasificación y estudios de calidad del agua y específicos de afectación. ■ Determinar el impacto de los agroquímicos en la calidad del agua. ■ Establecer coordinación con sectores involucrados para promover el uso adecuado de agroquímicos como medida. ■ Generar y aplicar la normativa hídrica asociada a la disposición de residuos sólidos. ■ Incluir en las condiciones particulares de descarga un número mayor de parámetros contaminantes. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Mejorar la eficiencia física en el suministro de agua en las poblaciones. ■ Mejorar los sistemas de medición en los usos público urbano e industrial. ■ Promover y aplicar tecnologías de bajo consumo de agua en los sistemas de abastecimiento público, industrias y sector agrícola. ■ Mejorar el desempeño técnico, comercial y financiero de los organismos prestadores de servicio de agua y saneamiento. ■ Apoyar o crear organismos metropolitanos o intermunicipales para la prestación de los servicios de agua potable.

De las entidades y organizaciones que involucran el marco de legalidad en materia de hidrología destacan las siguientes:

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)
- Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL)
- Secretaría de Salud (SSA)
- Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU)
- Secretaría de Agricultura, Ganadera, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)

- Secretaría de Economía (SE)
- Secretaría de Gobernación (SEGOB)
- Secretaría de Energía (SENER)
- Petróleos Mexicanos (PEMEX)
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)
- Comisión Federal de Electricidad (CFE)
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
- Congreso de la Unión
- Gobiernos Estatales
- Gobiernos Municipales

La seguridad hídrica es considerada un tema prioritario y asunto de seguridad nacional, contar con el abastecimiento de agua necesario, y los requerimientos para un buen aprovechamiento por parte de la población, son parte de las metas. Para lo cual como parte del PHN se han definido cuatro líneas de políticas públicas:

1. Servicios de agua adecuados, accesibles, asequibles y expeditos.
2. Agua para la seguridad alimentaria que aliente la producción suficiente de alimentos para la población.
3. Manejo responsable y sustentable del agua para orientar su uso y consumo racionales.
4. Reducir la vulnerabilidad ante efectos del cambio climático y las contingencias ambientales.

De estas políticas de acción se derivan estrategias, las cuales definen a detalle los rumbos prioritarios de trabajo. En materia de calidad y abastecimiento destacan un par de estrategias dirigidas a mejorar la calidad del agua en cuencas y acuíferos, así

como hacer eficientes los servicios de agua en los municipios (ver cuadro 4.6).

Dentro del marco legal en México se considera el salvaguardar la integridad de los mexicanos al consumo de agua libre de contaminantes y agentes tóxicos, la tarea queda al resguardo de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), siendo este el organismo de autoridad para la ejecución del cumplimiento de la normatividad en México.

De las leyes que inciden en materia hídrica encontramos: La Ley de Aguas Nacionales y la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente; estas son paralelas y en ambas existen normativas en materia de agua y agentes tóxicos para su aplicación.

Como parte de la necesidad de regular y vigilar los cuerpos de agua y acuíferos, así como de su suministro, existen normas en México, que van en relación con la calidad, manejo, distribución y concentraciones de metales pesados presentes (Siebe y Cayetano, 2013).

En el estado de Michoacán se ha generado una Ley Estatal para el manejo y potabilización del agua, es la Ley de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento del estado de Michoacán (LAPAS), que regula la prestación del suministro al servicio público y calidad del agua potable. En materia de calidad de agua, el Artículo 12 garantiza se realicen las medidas necesarias para la aplicación de tratamientos de aguas por los usuarios, tomando como base las normas vigentes. De no ser atendidas las medidas necesarias, éste acto es considerando como infracción, de acuerdo a su Artículo 84; el infractor es acreedor a una serie de sanciones como lo estipula el Artículo 93 de la misma Ley (LAPAS, 2002).

Cuadro 4.7: Lista de Normas en México en materia de calidad de agua y presencia de metales

Ley	Norma Oficial Mexicana	Entidad(es) responsable(s)
LGEEPA	NOM-052-ECOL-2005	SEMARNAT
	NOM-053-ECOL-1993	INECC
	NOM-086-ECOL-1994	PROFEPA
	NOM-086-ECOL-1994	SSA
	NOM-098-SEMARNAT-2002	
	NOM-147-SEMARNAT-SSA1-2004	
	NOM-157-SEMARNAT-2009	
	NOM-002-SEMARNAT	
	NOM-004-SEMARNAT-2002	
	NOM-001-SEMARNAT-1996	
	NOM- 159-SEMARNAT-2011	
NOM-001-SEMARNAT- 1996		
LAN	NOM-011-CONAGUA-2015	Semarnat
	NOM-014-CONAGUA-2003	Profepa
	NOM-015-CONAGUA-2007	
Ley Geneal de Salud	NOM-047-SSA1-2011,	SSA
	NOM-002-SEMARNAT	
	NOM-004-SEMARNAT-2002	
	NOM-127-SSA1-1994	
	NOM-199-SSA1-2000	
	NOM-230-SSA1-2002	

4.5.2. Aspectos éticos

En México existe una Ley General de Salud, de la cual parten los reglamentos en materia de salud pública. Es esta ley y reglamentos que sustentan el procedimiento ético para la realización de estudios en materia de salud.

Al desarrollar algún estudio o investigación, es necesario garantizar a la población estudiada, la reserva del anonimato. Esto para todos los pacientes que lleguen a participar.

Es conveniente suma discreción en cuanto a nombre y condiciones particulares, los

datos personales de todos los individuos se deben manejar con confidencialidad de acuerdo a las exigencias internacionales como el Código de Nuremberg 50 y normativas nacionales y éticas que se establecen en investigación para la salud en su Título quinto, Capítulo único del artículo 100 de la Ley General de Salud 51.

Los estudios se deben realizar de acuerdo con la guía tripartita con los lineamientos para las buenas prácticas clínicas según se definió en la Conferencia Internacional de Armonización y con base en los principios éticos subyacentes en las disposiciones contenidas en materia de Investigación para la Salud Reglamento de la Ley General de Salud en materia de Investigación para la Salud y de acuerdo con los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki (según se revisó por la 59a Asamblea General de la Asociación Médica Mundial en Seúl, Corea, octubre 2008).

Capítulo 5

Metodología

5.1. Metodología general

El estudio comprende cinco fases metodológicas y aborda dos ejes temáticos, como se puede observar en la figura 5.1. Se inició con una recopilación de información bibliográfica y de campo, para dar bases a la etapa de diagnóstico.

El diagnóstico lo compone la determinación de parámetros fisicoquímicos, la toma de muestras de agua para su análisis químico y la realización de encuestas para determinar la presencia de enfermedades de origen hídrico. Los resultados del diagnóstico fueron evaluados a través de un análisis estadístico y comparativo. El cual proporcionó insumos para determinar la relación entre las enfermedades hídricas con la calidad del agua presente en la zona de estudio.

Para la fase de campo se realizó un acercamiento con el Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (OOAPAS) de la ciudad de Morelia. Con el acompañamiento del personal del OOAPAS y principalmente de los operadores de pozo se visitaron estos para la medición de los parámetros fisicoquímicos *in situ*, así como para la toma de muestras de agua.

La realización de las encuestas se realizó gracias a la participación de los responsables de pozo y autoridades locales, quienes facilitaron el acercamiento con los habitantes. Es importante destacar el apoyo importante de los centros de salud locales y de las autoridades correspondientes en materia de Salud en la ciudad de Morelia.

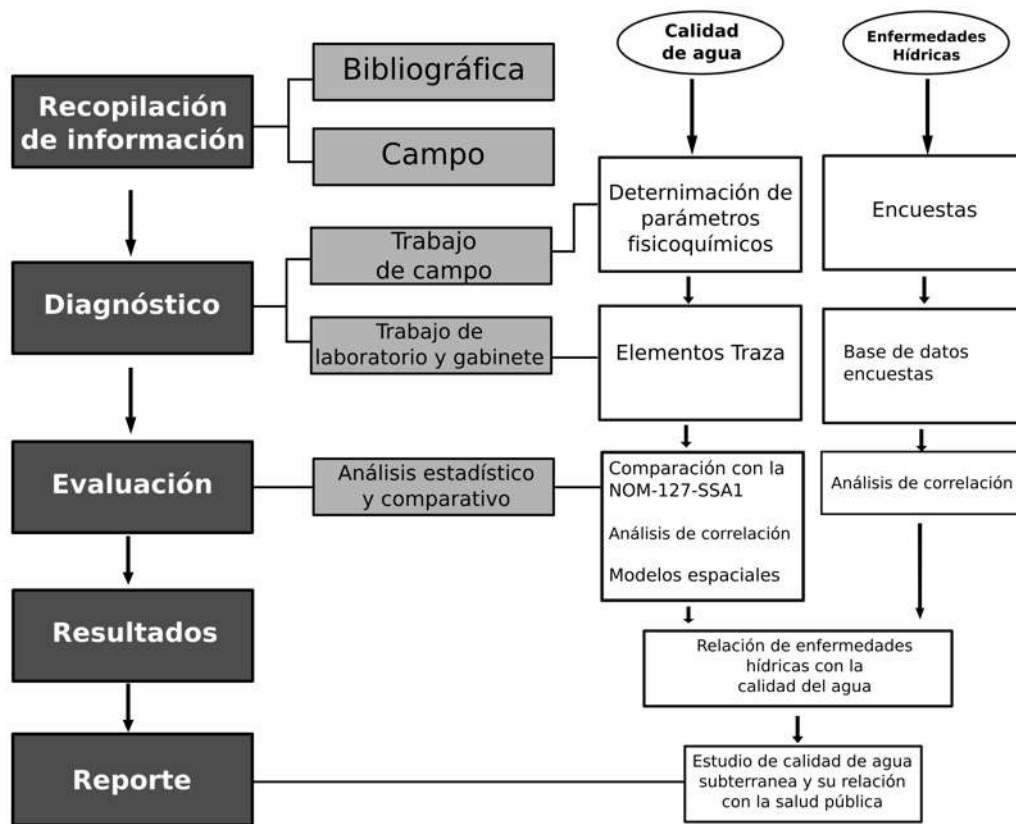


Figura 5.1: Metodología general

5.2. Calidad del Agua

Se realizaron dos campañas de monitoreo, la primera campaña de mediciones de los parámetros fisicoquímicos y colecta de muestras de elementos traza tuvo lugar entre los meses de abril y junio del 2015 durante la temporada de estiaje; una segunda campaña

se llevó a cabo entre los meses de octubre y diciembre del mismo año.

Para la medición de parámetros fisicoquímicos se empleó un multiparamétrico marca Hanna modelo HI9828. Para la determinación de elementos traza se colectaron dos muestras por sitio, en frascos de polietileno, se acidificó con ácido nítrico al 69.4 % la muestra correspondiente para cationes y elementos traza.

5.2.1. Red de monitoreo

Se consideraron aquellos pozos ubicados dentro de la zona de estudio y que de manera constante se encontraban en operación, esto bajo la supervisión del OOAPAS de Morelia. De igual forma fueron considerados aquellos pozos en operación por las comunidades y sus comités de agua local.

Los criterios a considerar fueron:

- Accesibilidad al pozo.
- Facilidad para poder tomar la muestra de agua.
- Posibilidad de realizar la medición de los parámetros fisicoquímicos *in situ*

En la zona de estudio se identificaron 30 pozos y 6 manantiales (Cuadro (5.1), a los cuales se determinaron sus parámetros fisicoquímicos *in situ* y se tomaron muestras de agua para la determinación en laboratorio de sus iones mayores, menores y elementos traza.

5.2.2. Medición de parámetros fisicoquímicos

Se realizaron mediciones *in situ* utilizando un multiparamétrico marca Hanna modelo HI9828. Los parámetros fisicoquímicos medidos fueron: pH, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica.

Cuadro 5.1: Red de monitoreo del agua subterránea

Núm.	Pozo	Long	Lat	Altitud
1	23 de Marzo	-101.2468	19.7033	1948
3	La Esperanza	-101.2541	19.7018	1956
3	Ricardo Flores Magón	-101.2513	19.7051	1967
4	San Isidro Itzícuaró	-101.2682	19.6981	1944
5	San José Itzícuaró	-101.2976	19.6873	1958
6	Arko San Antonio	-101.2696	19.6691	1908
7	Mariano Abasolo	-101.2562	19.6884	1888
8	Tzindurio Sarh	-101.2463	19.692	1894
9	San Juanito Itzícuaró	-101.2502	19.6959	1915
10	Ario de 1815	-101.2768	19.6999	2004
11	Gas del Lago	-101.3377	19.6854	2031
12	Villa Magna 3	-101.3248	19.6743	2007
13	Villas del Pedregal 1	-101.3006	19.6826	1948
14	Villas del Pedregal 3	-101.3087	19.6759	1970
15	Ignacio Allende	-101.2806	19.6858	1927
16	Residencial Tinijaro	-101.2575	19.6977	1919
17	Heroes Republicanos	-101.2758	19.694	1940
18	Arko San Juan	-101.2881	19.689	1958
19	La Hacienda 1	-101.3146	19.6796	1968
20	Capula 2	-101.3832	19.6727	2090
21	Tacícuaró	-101.3605	19.6731	2082
22	Cuto de la Esperanza	-101.336	19.732	2136
23	La Maestranza	-101.3324	19.6857	2026
24	Río Florido	-101.2754	19.6814	1902
25	Rancho Nuevo	-101.3056	19.6848	1952
26	El Cerrito Itzícuaró	-101.2819	19.6693	1909
28	Pozo La Mintzita	-101.2698	19.6522	1891
29	Hacienda Itzícuaró	-101.2809	19.6781	1897
31	San Nicolás Obispo	-101.3205	19.661	1981
32	Cuanajillo	-101.3251	19.6599	1995
27	Manantial La Mintzita	-101.275	19.6451	1893
30	Manantial Balneario Cointzio	-101.2742	19.6395	1898
33	Manantial Sn. Lorenzo Itzícuaró	-101.2729	19.6853	1899
34	Manantial El Parial	-101.2684	19.6893	1902
35	Manantial Tinijaro	-101.2588	19.6936	1907
36	Manantial Hacienda Itzícuaró	-101.2808	19.6781	1903

La temperatura se midió *in situ* con un termómetro de alcohol. Se estableció un criterio para estandarizar el tiempo de lectura, considerando 10 minutos posteriores al encendido del pozo, el cual operaba bajo un sistema manual de encendido.



(a) Lectores de conductividad eléctrica y oxígeno disuelto



(b) Multiparamétrico Hanna HI9828

Figura 5.2: Medición de parámetros fisicoquímicos *in situ*



(a) Toma de muestra en laguna de lixiviados Noroeste



(b) Laguna de lixiviados Sureste

Figura 5.3: Lagunas de lixiviados en el relleno sanitario Municipal.

5.2.3. Determinación de iones mayores, menores y elementos traza

Se utilizaron las técnicas empleadas para determinar iones mayores, menores y elementos traza en el agua se usaron las propuestas por la EPA. Se determinaron aniones empleando la cromatografía de líquidos (EPA 300.1), en cambio para determinar la presencia de cationes y elementos traza, se usó la espectrometría de emisión óptica (EPA 700.7). Los elementos traza fueron determinados por el método de espectrometría de masas (EPA200.8).

Se tomó la muestra directamente del pozo o manantial, libre de cloro y posterior a 10 minutos de haber encendido el pozo. Se colectó la muestra de agua, como parte del método de preparación para su conservación, antes de ser almacenada, se filtró al vacío a través de una membrana de nitrocelulosa de 0.45 micromilímetros.

Se colectaron dos muestras en frascos de polietileno de 250 ml. La muestra correspondientes al análisis de cationes y elementos traza, se acidificó con ácido nítrico disuelto al 69.4%. Para la muestra de aniones se conservó libre de solución alguna, y ambas selladas con papel *parafilm*.

Las muestras se refrigeraron a una temperatura no mayor a 4 °C hasta su transporte al laboratorio de metalurgia de la facultad de química de la UNAM, empleando la cromatografía de líquidos y un espectrómetro óptico de emisión ambos establecidos por la norma EPA.

5.3. Enfermedades hídricas

5.3.1. Aplicación de encuestas

Se dio informe del estudio a la Jefatura de Centros de Salud en Morelia, así como a las autoridades de la Jurisdicción Sanitaria No 1. Con la finalidad de informar y solicitar el apoyo de información vinculada al estudio.

La aplicación de las encuestas tuvo como base un estudio de tamizaje abierto, con un diseño basado en planos manzaneros. Se consideró como criterio para la sección de las comunidades la cercanía los pozos y su dependencia en el abasto de agua.

Se elaboró una ficha para la aplicación de la cuestionarios (Apéndice 1). Para su aplicación se consideraron criterios de inclusión, exclusión y eliminación (cuadro 5.2), estos criterios fueron empleados para determinar el tamaño de la muestra y para seleccionar las personas a entrevistar, la cual fue de 201 encuestas.

5.4. Análisis y relación de enfermedades hídricas

5.4.1. Modelos espaciales

Los modelos espaciales se basaron en un modelo geoestadístico, el cual se desarrolló en un lenguaje de programación R; empleando modelos de interpolación basados en el método kriging.

5.4.2. Modelos estadísticos

Se identificaron los tipos de variables, separando en variables cualitativas y cuantitativas. Para las variables cualitativas, se presentaron con su distribución de frecuencias. Mientras que para las variables cuantitativas se determinó la media, desviación estan-

Cuadro 5.2: Criterios de exclusión, inclusión y eliminación.

Exclusión	Inclusión	Eliminación
<ul style="list-style-type: none"> ■ Residentes no permanentes. ■ Habitantes con enfermedades familiares no hereditarias. ■ Aquellos habitantes que beban agua embotellada de manera regular. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ En localidades rurales se considerará a personas con residencia de tres generaciones y que deseen participar en la encuesta. ■ En el caso de las zona periurbana, el tiempo de residencia. ■ Hogares que usen el agua del servicio de agua potable. 	<p>Personas posterior a la encuesta que se identifiquen datos que no correspondan a la veracidad esperada.</p>

dar, y rango intercuartílico. Se evaluó la asociación entre las variables cualitativas en el test de la X^2 .

Como prueba de comparación de medidas se utilizó la *t -Students*. Para ajustar factores de confusión se utilizó un modelo de regresión lineal múltiple.

Se estudió la correlación lineal de las variables cuantitativas mediante el coeficiente de correlación (r) de *Pearson*.

Capítulo 6

Resultados

6.1. Calidad de Agua

6.1.1. Red de monitoreo

En la zona de estudio se identificaron 30 pozos y 6 manantiales que conforman la red de monitoreo del agua subterránea (6.2), los cuales abastecen de agua a las colonias que se localizan en la periferia y zona periurbana al poniente de la ciudad de Morelia.

La red de monitoreo está limitada al norte por el pozo de Cuto de la Esperanza, al sur por el manantial Balneario Cointzio, al oeste por el pozo de la localidad de Capula y al este por el pozo Tzindurio Sarh (Cuadro 6.1).

Cuadro 6.1: Marco geográfico de la red de monitoreo del agua subterránea.

Num	Nombre	Longitud	Latitud	Rumbo
22	Cuto de la Esperanza	-101,3360°	19,7320°	Norte
30	Manantial Balneario Cointzio	-101,2742°	19,6395°	Sur
20	Capula II	-101,3832°	19,6727°	Oeste
8	Tsindurio Sarh	-101,2463°	19,6920°	Este

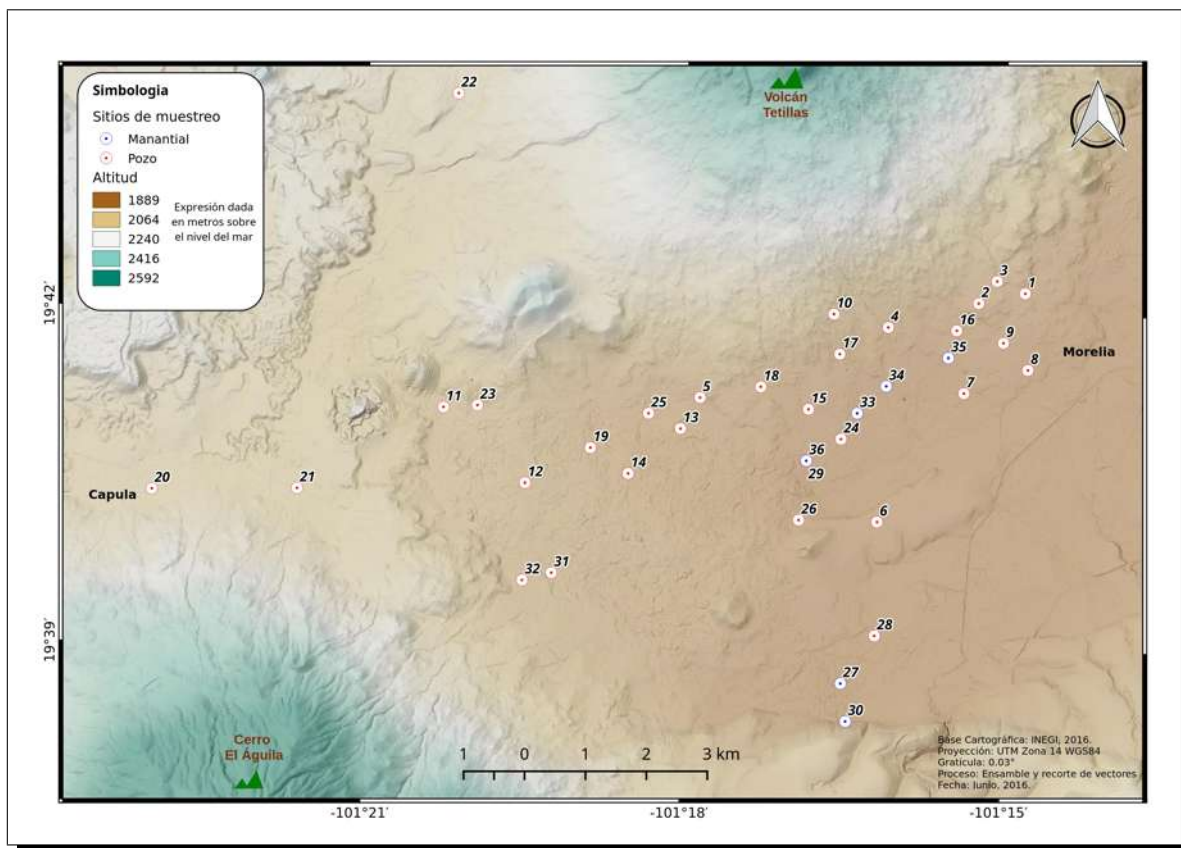


Figura 6.1: Localización de los pozos y manantiales que conforman la red de monitoreo del agua subterránea.

Cuadro 6.2: Red de monitoreo del agua subterránea.

Núm.	Nombre	Longitud	Latitud	Altitud
1	23 de Marzo	-101,2468°	19,7033°	1948
2	La Esperanza	-101,2541°	19,7018°	1956
3	Ricardo Flores Magón	-101,2513°	19,7051°	1967
4	San Isidro Itzúcaro	-101,2682°	19,6981°	1944
5	San José Itzúcaro	-101,2976°	19,6873°	1958
6	Arko San Antonio	-101,2696°	19,6691°	1908
7	Mariano Abasolo	-101,2562°	19,6884°	1888
8	Tzindurio Sarh	-101,2463°	19,692°	1894
9	San Juanito Itzúcaro	-101,2502°	19,6959°	1915
10	Ario de 1815	-101,2768°	19,6999°	2004
11	Gas del Lago	-101,3377°	19,6854°	2031
12	Villa Magna III	-101,3248°	19,6743°	2007
13	Villas del Pedregal 1	-101,3006°	19,6826°	1948
14	Villas del Pedregal III	-101,3087°	19,6759°	1970
15	Ignacio Allende	-101,2806°	19,6858°	1927
16	Residencial Tinijaro	-101,2575°	19,6977°	1919
17	Heroes Republicanos	-101,2758°	19,694°	1940
18	Arko San Juan	-101,2881°	19,689°	1958
19	La Hacienda 1	-101,3146°	19,6796°	1968
20	Capula II	-101,3832°	19,6727°	2090
21	Tacúcaro	-101,3605°	19,6731°	2082
22	Cuto de la Esperanza	-101,336°	19,732°	2136
23	La Maestranza	-101,3324°	19,6857°	2026
24	Río Florido	-101,2754°	19,6814°	1902
25	Rancho Nuevo	-101,3056°	19,6848°	1952
26	El Cerrito Itzúcaro	-101,2819°	19,6693°	1909
28	Pozo La Mintzita	-101,2698°	19,6522°	1891
29	Hacienda Itzúcaro	-101,2809°	19,6781°	1897
31	San Nicolás Obispo	-101,3205°	19,661°	1981
32	Cuanajillo	-101,3251°	19,6599°	1995
27	Manantial La Mintzita	-101,275°	19,6451°	1893
30	Manantial Balneario Cointzio	-101,2742°	19,6395°	1898
33	Manantial Sn. Lorenzo Itzúcaro	-101,2729°	19,6853°	1899
34	Manantial El Parial	-101,2684°	19,6893°	1902
35	Manantial Tinijaro	-101,2588°	19,6936°	1907
36	Manantial Hacienda Itzúcaro	-101,2808°	19,6781°	1903

Dependencia espacial de la red de monitoreo de 853.5 m de distancia, con una confiabilidad del 92.74 %, explicada por un modelo de variograma de tipo gaussiano, a diferencia del modelo explicado por el variograma de tipo exponencial que arroja una dependencia espacial de 1200 metros y con un nivel de confianza del 90.01 %.

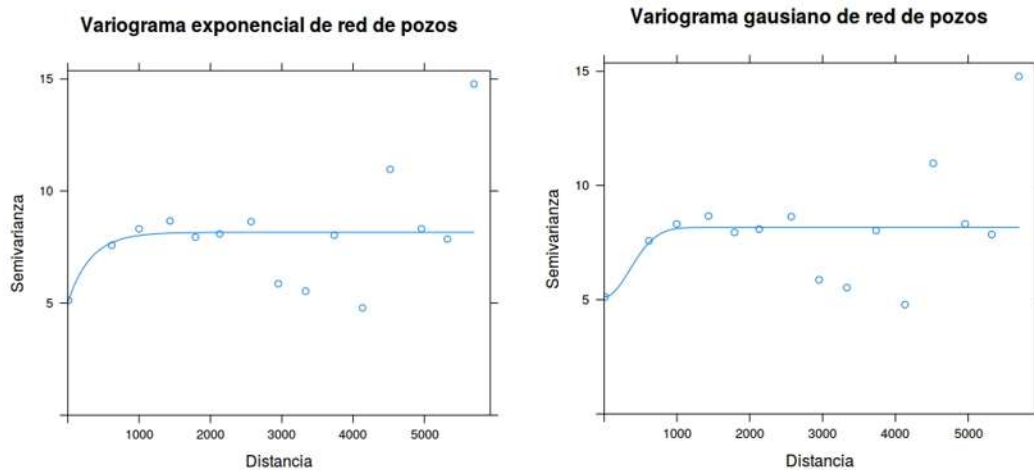


Figura 6.2: Modelos de variogramas de la red de monitoreo.

6.1.2. Piezometría

El modelo piezométrico muestra una distribución del abatimiento del nivel freático con dirección NE-SO. En la parte central de la zona de estudio se presenta un abatimiento generado por los pozos Arko San Juan, Ignacio Allende y Villas del Pedregal, principalmente.

Los rangos del abatimiento van de 22.3 m en el pozo La Maestranza hasta 137.9 m en el pozo de Cuto de la Esperanza. Identificando 6 pozos y manantiales entre los rangos piezométricos que van los 49.61 metros a los 60 metros de profundidad (Fig. 6.3).

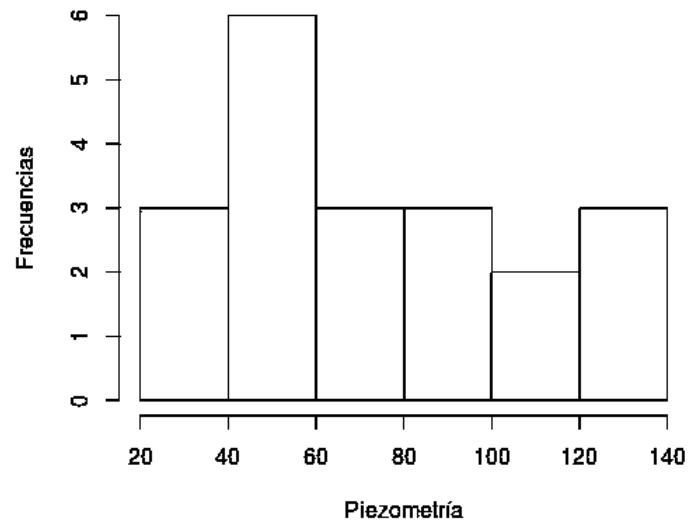


Figura 6.3: Frecuencia en abatimientos

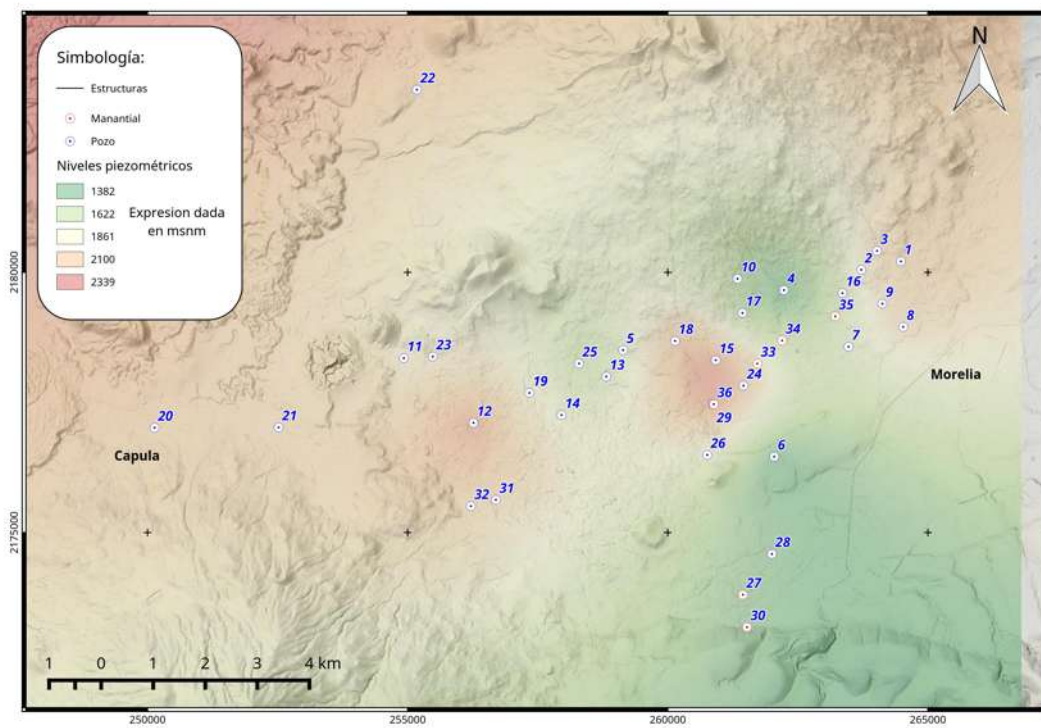


Figura 6.4: Superficie piezométrica de la zona de estudio.

6.1.3. Parámetros fisicoquímicos

Se realizó una primera campaña de mediciones de los parámetros fisicoquímicos entre los meses de abril y junio del 2015 durante la temporada de estiaje; una segunda campaña se llevó a cabo entre los meses de octubre y diciembre del mismo año.

Los resultados de ambas campañas de medición muestran un comportamiento homogéneo en la mayoría de las variables fisicoquímicas.

Cuadro 6.3: Resumen de valores máximos, mínimos de los parámetros fisicoquímicos

Parámetro	1er Campaña		2da Campaña	
	Valores		Valores	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
<i>pH</i>	6.08	8.14	5.79	8.430
<i>Orígeno disuelto</i>	1.73	5.20	0.20	6.24
<i>Temperatura</i>	20.00	32.50	20.20	31.60
<i>Conductividad</i>	166.00	975.00	187.00	827.00
<i>Alcalinidad</i>	97.60	457.50	97.60	378.20

Temperatura

La temperatura en el análisis de las aguas subterráneas nos ayuda a conocer la dinámica del sistema acuífero, o bien, si los cambios en la temperatura son causa de algún efecto del clima, la geología o por la introducción de desechos industriales.

Comparando los resultados entre las dos mediciones realizadas, los valores mínimo y máximo no muestran una variación significativa, se mantiene entre 24,4° y 24,3°C . El manantial La Mintzita es el que menor temperatura registra, mientras que los pozos: 23 de Marzo (Num 1), San Juanito Itzícuarro (Num. 6), El Cerrito Itzícuarro (Num 26) y el manantial Balneario Cointzio (Num 30), son los que registran una mayor temperatura; el pozo 23 de Marzo y el manantial Balneario Cointzio rebasan los 30 °C (Fig. 6.5).

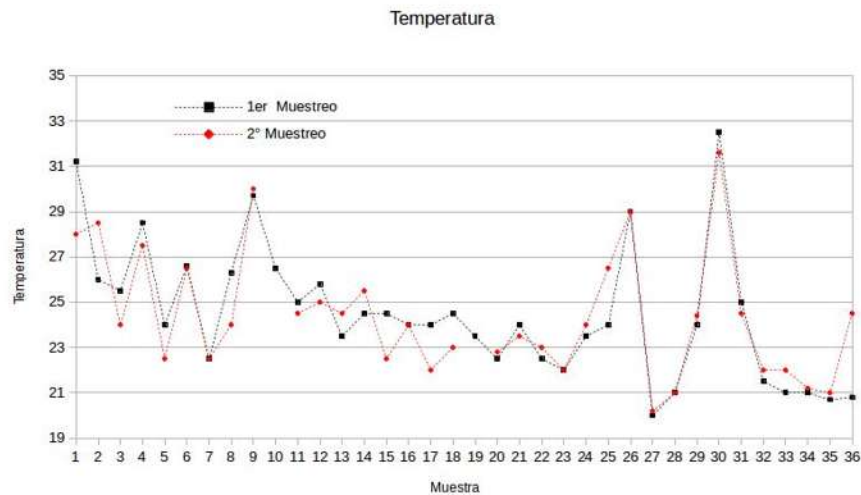


Figura 6.5: Resultados de temperatura

Conductividad eléctrica

En la comparación de los resultado de los dos muestreos, no se refleja una diferencia significativa entre ambos resultados. La mayor cantidad de resultados se localizan entre los rangos de lecturas de conductividad eléctrica es de 200 y 300 μS (Fig. 6.7).

Los pozos Arko San Antonio (Num. 6), San Juanito Itzícuaró (Núm. 9), Ario de 1815 (Num. 10), El Cerrito Itzícuaró (Num. 26) y el manantial Balneario Cointzio (Num. 30); son los que mayor conductividad eléctrica registran en ambos muestreos (Figs: 6.6 y 6.7).

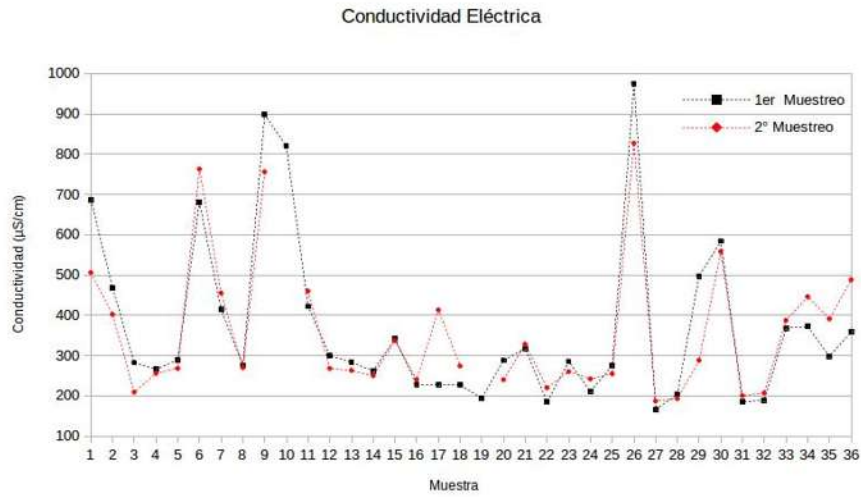


Figura 6.6: Conductividad eléctrica de las campañas de medición de la red de monitoreo del agua subterránea

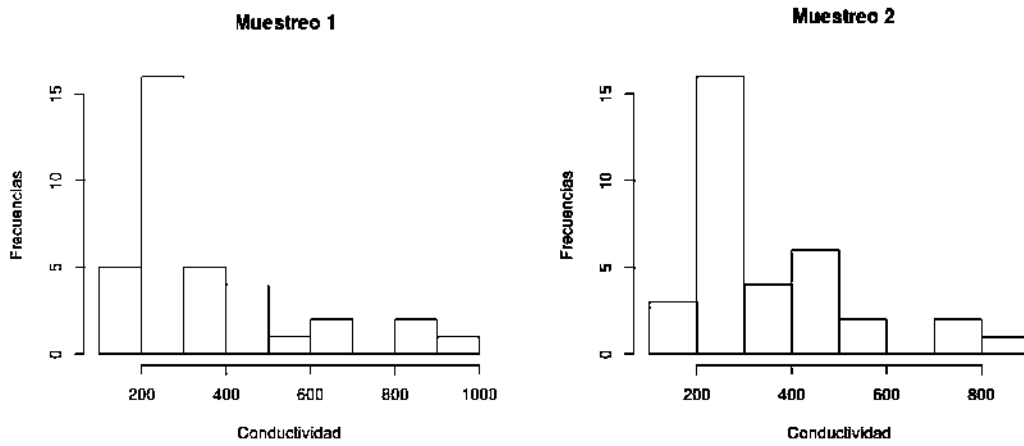


Figura 6.7: Frecuencia de la conductividad eléctrica en las dos campañas de medición de los parámetros fisicoquímicos.

Potencial de hidrógeno

Los valores de pH se encuentran en el rango de 7 a 8 pH (Figura 6.8). Lo que nos indica un tipo de agua con una tendencia de neutra a ligeramente alcalina. La cual esta dentro de los rangos aceptables por la NOM-127-SSA1 que indica un rango entre los 6.5 y 8.5 de potencial hidrógeno presentes.

El manantial Balneario Cointzio (Num. 30) es el que refleja una mayor acidez, de 6.08 en el primer muestreo y 5.79 en el segundo muestreo.

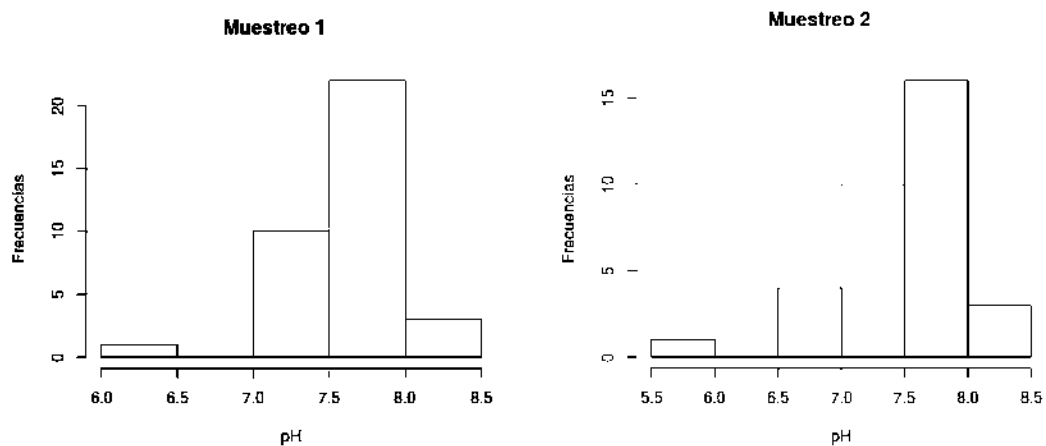


Figura 6.8: Frecuencia del pH en las dos campañas de medición de los parámetros fisicoquímicos.

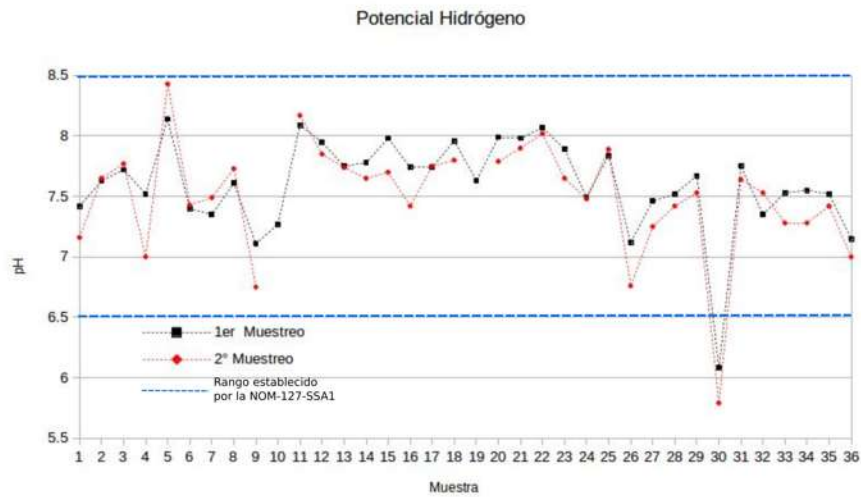


Figura 6.9: pH de las campañas de medición de la red de monitoreo del agua subterránea

Oxígeno disuelto

La cantidad de oxígeno presente en el agua se denomina oxígeno disuelto (OD). En aguas frescas la concentración de OD fluctúa entre 14.6 mg/L a 0°C y 7 mg/L a 35°C, cuando la presión atmosférica es de una atmósfera.

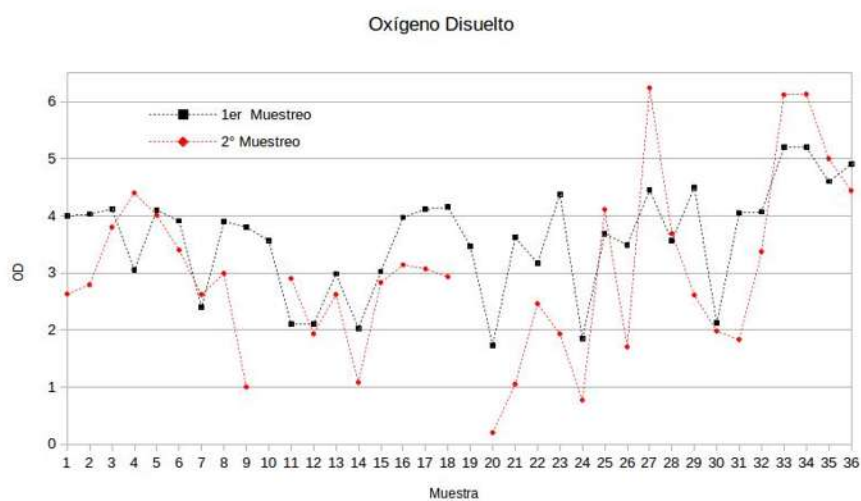


Figura 6.10: Oxígeno disuelto de las campañas de medición de la red de monitoreo del agua subterránea.

Oxígeno disuelto de las campañas de medición de la red de monitoreo del agua subterránea. Los resultados de la primera campaña de medición muestran que la mayor frecuencia de valores de oxígeno disuelto están entre 3.5 y 4.5 mg/L. En cambio para la segunda campaña la mayor frecuencia se presenta entre 1.5 y 2.5 mg/L. Las concentraciones de oxígeno disuelto disminuyen significativamente de una campaña de medición a otra, lo que se puede asociar a eventos de precipitación; más adelante se discute al respecto (Fig. 6.13).

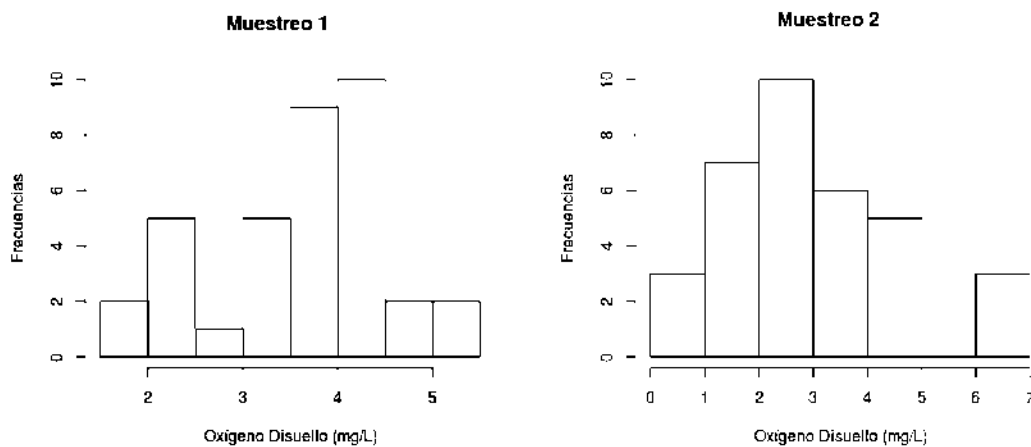


Figura 6.11: Frecuencia del oxígeno disuelto en las dos campañas de medición de los parámetros fisicoquímicos.

En el primer muestreo los pozos: Capula II (Num. 20), Río Florido (Num. 24); son los pozos que menor concentración de oxígeno presentan. En el segundo muestreo los manantiales: La Mintzita (Num. 27), Balneario Cointzio (Num. 30) y El Parian (Num. 34); muestran las concentraciones más altas de OD. Mientras que el pozo Capula II, es el que menor concentración registra (Fig. 6.10).

Alcalinidad

La alcalinidad es la capacidad para neutralizar iones hidrogeno (H^+) y se debe a las sales de los ácidos débiles como carbonatos, bicarbonatos, boratos, silicatos y fosfatos, principalmente.

Entra las dos campañas de mediciones se mantiene un comportamiento muy semejante, siendo los pozos Arko San Antonio (Num. 6), San Juanito Itzícuaru (Num. 9), El Cerrito Itzícuaru (Num. 26) y el manantial Balneario Coitzio (Núm. 30), los sitios que presentan registros elevados de alcalinidad.

En ambas campañas de medición, la mayor frecuencia se encuentra entre los 100 y 200 ppm.

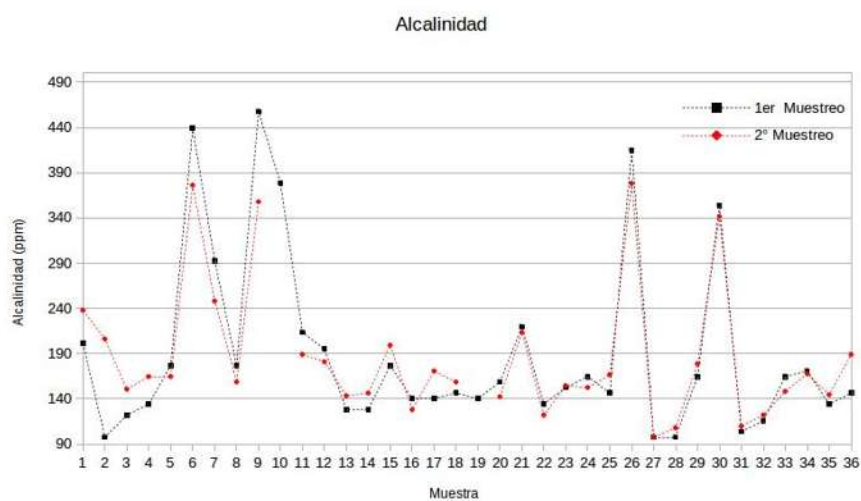


Figura 6.12: Alcalinidad de las campañas de medición de la red de monitoreo del agua subterránea

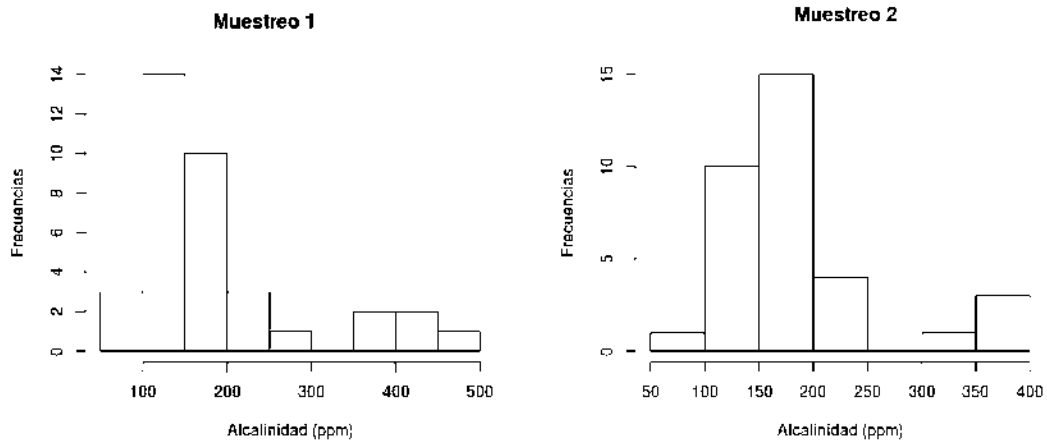


Figura 6.13: Frecuencia de alcalinidad en las dos campañas de medición de los parámetros fisicoquímicos.

6.1.4. Análisis de relaciones entre parámetros fisicoquímicos

En un análisis de regresión lineal el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos se muestra con una mayor relación entre la conductividad y el oxido reducción, de igual modo se muestra el mismo comportamiento entre la temperatura y la conductividad. Los parámetro que mantiene un cierto comportamiento, generando clusters entre el resto de los parámetros es el pH y la temperatura. Siendo estos los considerados para hacer un modelo lineal correlación.

Los pozos en relación a sus parámetros fisicoquímicos que presentan una variación significativa son 23 de Marzo, Arko San Antonio, San Juanito Itzicuario, Ario de 1815, Cerrito Itzicuario y Manantial Balneario Cointzio.

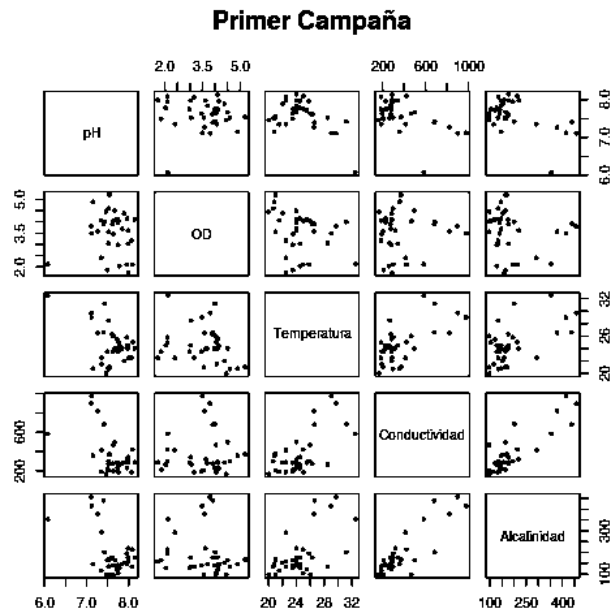


Figura 6.14: Regresión múltiple de parámetros fisicoquímicos correspondientes a la primer campaña de muestreo

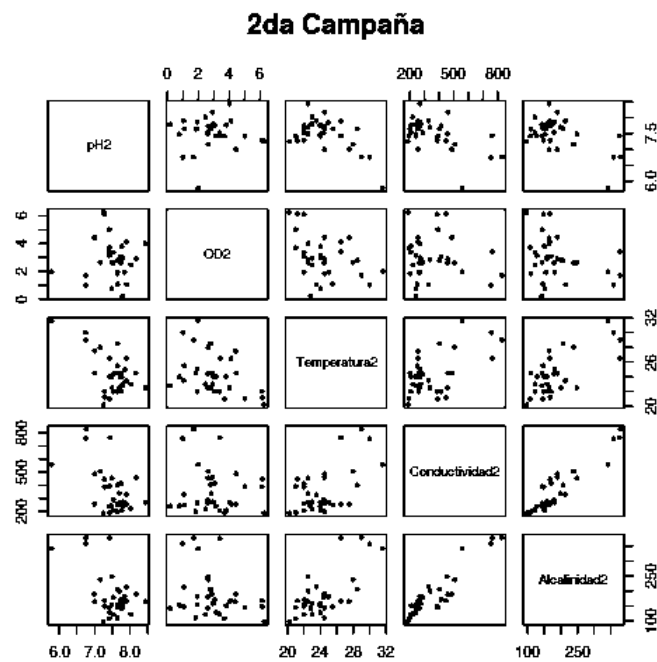


Figura 6.15: Regresión múltiple de parámetros fisicoquímicos correspondientes a la segunda campaña de muestreo

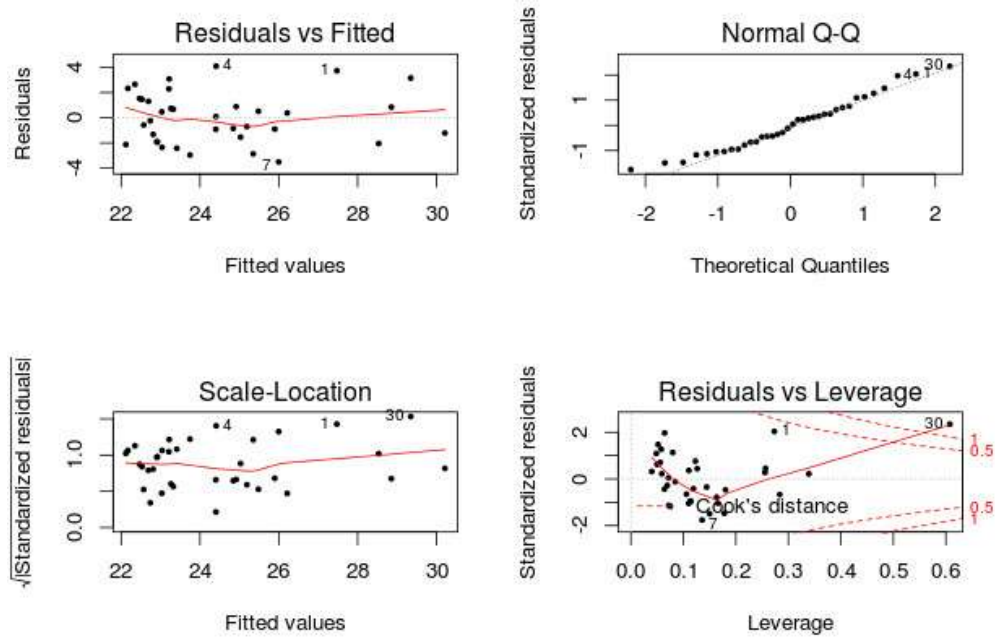


Figura 6.16: Modelo estadístico de temperatura

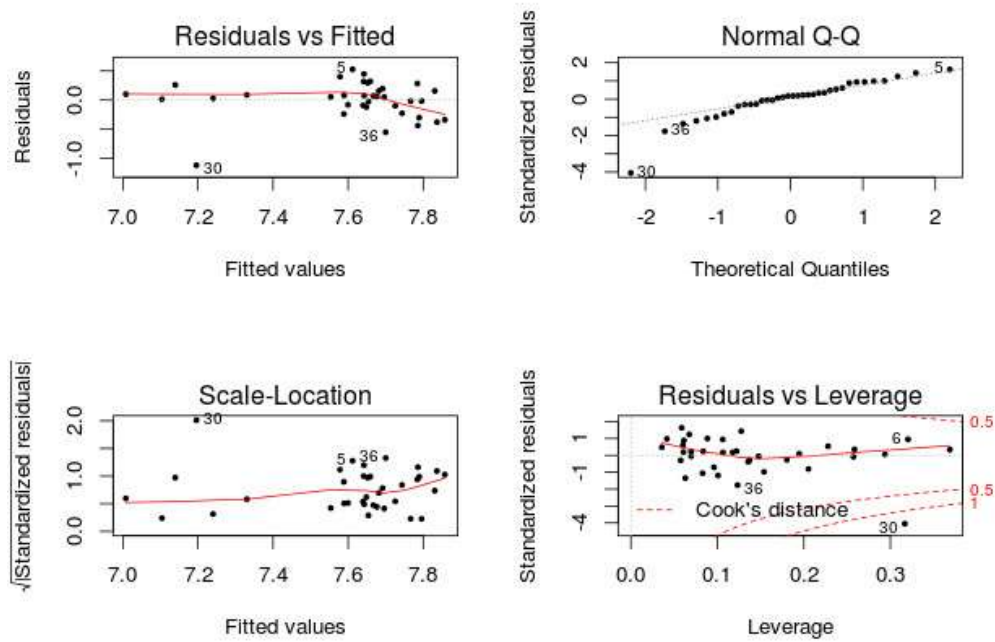


Figura 6.17: Modelo estadístico de pH

Cuadro 6.4: Resumen de diferencias significativas

Parámetro	Manantial o pozo
pH	5, 9, 30
Oxígeno Disuelto	9, 14, 20, 24, 27
Temperatura	1, 4, 9, 26, 27 30
Conductividad	1, 6, 9, 10, 26, 30

6.1.5. Elementos traza

Durante las campañas de medición de los parámetros fisicoquímicos, simultáneamente se tomaron muestras para determinar el contenido de elementos traza de la red de monitoreo del agua subterránea, así como también en dos lagunas de lixiviados del relleno sanitario del municipio de Morelia.

Las muestras fueron procesadas en la Facultad de Química de la UNAM, empleando la técnica de espectrometría de absorción atómica.

En base a los límites máximos permisibles establecido en la NOM-127-SSA1, los resultados fueron positivo para plomo, manganeso y arsénico, como se puede observar en los cuadros 6.1.5 y 6.6 (Fig. 6.18) donde se expresan los resultados de los dos monitoreos, enunciando como LC el límite de cuantificación.

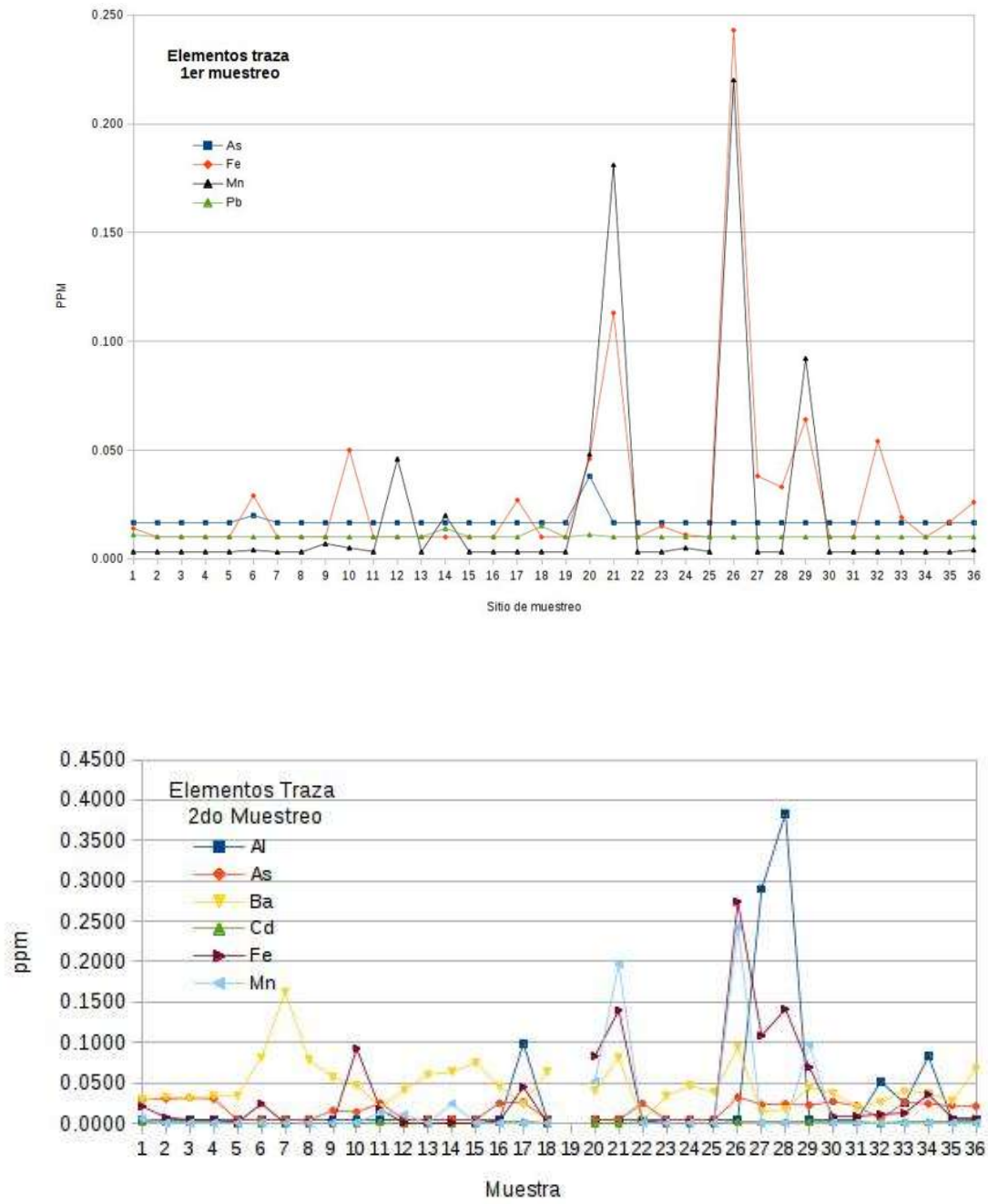


Figura 6.18: Elementos traza de las campañas de monitoreo del agua subterránea.

Cuadro 6.5: Elementos traza de la primer campaña de monitoreo del agua subterránea.

Sitio	Num.	Al mg/L	As mg/L	Ba mg/L	Cd mg/L	Cu mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	Pb mg/L	Zn mg/L
23 de Marzo	1	<L/C	<L/C	-	<L/C	<L/C	0.014	<L/C	0.011	<L/C
La Esperanza	2	<L/C	<L/C	-	<L/C	<L/C	<L/C	<L/C	<L/C	<L/C
Ricardo Flores Magón	3	<L/C	<L/C	-	<L/C	<L/C	<L/C	<L/C	<L/C	<L/C
San Isidro Itzacuaro	4	<L/C	<L/C	-	<L/C	<L/C	<L/C	<L/C	<L/C	<L/C
San José Itzacuaro	5	<L/C	<L/C	-	<L/C	<L/C	<L/C	<L/C	<L/C	<L/C
Arko San Antonio	6	0.020	<L/C	-	<L/C	<L/C	0.029	0.004	<L/C	<L/C
Mariano Abasolo	7	<L/C	<L/C	-	<L/C	<L/C	<L/C	0.003	<L/C	<L/C
Tzindurio Sarch	8	<L/C	<L/C	-	<L/C	<L/C	<L/C	<L/C	<L/C	<L/C
San Juanito Itzacuaro	9	<L/C	<L/C	-	<L/C	<L/C	<L/C	0.007	<L/C	<L/C
Arto de 1815	10	<L/C	<L/C	-	<L/C	<L/C	0.050	0.005	<L/C	<L/C
Gas del Lago	11	<L/C	<L/C	-	<L/C	<L/C	<L/C	<L/C	<L/C	<L/C
Villa Magna 3	12	<L/C	<L/C	-	<L/C	<L/C	<L/C	0.046	<L/C	<L/C
Villas del Pedregal 1	13	<L/C	<L/C	-	<L/C	<L/C	<L/C	<L/C	<L/C	<L/C
Villas del Pedregal 3	14	<L/C	<L/C	-	<L/C	<L/C	<L/C	0.020	0.014	<L/C
Ignacio Allende	15	<L/C	<L/C	-	<L/C	<L/C	<L/C	<L/C	<L/C	<L/C
Residencial Tinijaro	16	<L/C	<L/C	-	<L/C	<L/C	<L/C	<L/C	<L/C	<L/C
Héroes Republicanos	17	<L/C	<L/C	-	<L/C	<L/C	0.027	<L/C	<L/C	<L/C
Arko San Juan	18	<L/C	<L/C	-	<L/C	<L/C	<L/C	<L/C	0.015	<L/C
La Hacienda 1	19	<L/C	<L/C	-	<L/C	<L/C	<L/C	<L/C	0.010	<L/C
Capula 2	20	0.038	<L/C	-	<L/C	<L/C	0.046	0.048	0.011	<L/C
Tzacuaro	21	<L/C	<L/C	-	<L/C	<L/C	0.113	0.181	<L/C	<L/C
Cuto de la Esperanza	22	<L/C	<L/C	-	<L/C	<L/C	<L/C	<L/C	<L/C	<L/C
Lomas de a Maestranza	23	<L/C	<L/C	-	<L/C	<L/C	0.015	<L/C	<L/C	<L/C
Río Florido	24	<L/C	<L/C	-	<L/C	<L/C	0.011	0.005	<L/C	<L/C
Rancho Nuevo	25	<L/C	<L/C	-	<L/C	<L/C	<L/C	0.243	<L/C	<L/C
El Cerrito Itzacuaro	26	<L/C	<L/C	-	<L/C	<L/C	0.243	0.220	<L/C	<L/C
Manantial La Mintzita	27	<L/C	<L/C	-	<L/C	<L/C	0.038	<L/C	<L/C	<L/C
Pozo La Mintzita	28	<L/C	<L/C	-	<L/C	<L/C	0.033	<L/C	<L/C	<L/C
Hacienda Itzacuaro	29	<L/C	<L/C	-	<L/C	<L/C	0.064	0.092	<L/C	<L/C
Manantial Balneario Coutzizo	30	<L/C	<L/C	-	<L/C	<L/C	<L/C	<L/C	<L/C	<L/C
San Nicolás Obispo	31	<L/C	<L/C	-	<L/C	<L/C	<L/C	<L/C	<L/C	<L/C
Quanaqullo	32	<L/C	<L/C	-	<L/C	<L/C	0.054	<L/C	<L/C	<L/C
Manantial Sr. Lorenzo Itzacuaro	33	<L/C	<L/C	-	<L/C	<L/C	0.019	<L/C	<L/C	<L/C
Manantial El Parial	34	<L/C	<L/C	-	<L/C	<L/C	<L/C	<L/C	<L/C	<L/C
Manantial Tinijaro	35	<L/C	<L/C	-	<L/C	<L/C	0.017	<L/C	<L/C	<L/C
Manantial Hacienda Itzacuaro	36	<L/C	0.027	-	<L/C	0.011	3.038	0.693	<L/C	0.141
Lixiviados relleno sanitario	L1	<L/C	<L/C	-	<L/C	0.057	7.707	0.980	<L/C	0.222
Lixiviados relleno de tierra clausurado	L2	-	0.017	-	0.010	0.010	0.010	0.003	0.010	0.010
Límite de Cuantificación (LC)		-	0.050	0.700	0.005	2.000	0.300	0.150	0.010	5.000
Límite Máximo Permisible		0.020	0.050	0.700	0.005	2.000	0.300	0.150	0.010	5.000

Cuadro 6.6: Elementos traza de la segunda campaña de monitoreo del agua subterránea.

Sitio	Clave	Al	As	Ba	Cd	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
23 de Marzo	1	≤LC	0.029	0.0293	0.0012	≤LC	0.021	0.0057	≤LC	≤LC
La Esperanza	2	≤LC	0.030	0.0328	0.0012	≤LC	0.007	≤LC	≤LC	0.0141
Ricardo Flores Magon	3	≤LC	0.031	0.0308	0.0013	≤LC	0.004	≤LC	≤LC	≤LC
San Isidro Itzicuaro	4	≤LC	0.030	0.0335	0.0012	≤LC	0.005	≤LC	≤LC	0.0143
San Jos Itzicuaro	5	≤LC	≤LC	0.0336	≤LC	≤LC	≤LC	≤LC	≤LC	0.0238
Arko San Antonio	6	≤LC	≤LC	0.0816	≤LC	≤LC	0.0242	≤LC	≤LC	0.0045
Mariano Abasolo	7	≤LC	≤LC	0.1622	≤LC	≤LC	≤LC	≤LC	≤LC	0.0032
Tzindurio Sarchi	8	≤LC	≤LC	0.0783	≤LC	≤LC	≤LC	≤LC	≤LC	0.0042
San Juanito Itzicuaro	9	≤LC	0.0156	0.0570	≤LC	≤LC	≤LC	≤LC	≤LC	0.0043
Ario de 1815	10	≤LC	0.0138	0.0469	≤LC	≤LC	0.0923	0.0008	≤LC	0.0014
Gas del Lago	11	≤LC	0.025	0.0194	0.0012	≤LC	0.017	0.0137	≤LC	0.0059
Villa Magna III	12	≤LC	≤LC	0.0411	≤LC	≤LC	≤LC	0.0105	≤LC	0.0039
Villas del Pedregal I	13	≤LC	≤LC	0.0602	≤LC	≤LC	≤LC	≤LC	≤LC	≤l.c.
Villas del Pedregal III	14	≤LC	≤LC	0.0633	≤LC	≤LC	≤LC	0.0240	≤LC	≤l.c.
Ignacio Allende	15	≤LC	≤LC	0.0747	≤LC	≤LC	≤LC	≤LC	≤LC	0.0134
Residencial Tinijaro	16	≤LC	0.025	0.0454	0.0013	≤LC	0.003	≤LC	≤LC	0.0178
Héroes Republicanos	17	0.099	0.026	0.0237	0.0014	≤LC	0.045	≤LC	≤LC	≤LC
Arko San Juan	18	≤LC	≤LC	0.0639	≤LC	≤LC	≤LC	≤LC	≤LC	0.0015
La Hacienda 1	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Capula 2	20	≤LC	≤LC	0.0402	≤LC	≤LC	0.0831	0.0516	≤LC	0.0019
Tacuaro	21	≤LC	≤LC	0.0808	≤LC	≤LC	0.1397	0.1968	≤LC	0.0051
Cuto de la Esperanza	22	≤LC	0.025	0.0035	0.0013	≤LC	0.004	≤LC	≤LC	≤LC
Lomas de a Maestranza	23	≤LC	≤LC	0.0336	≤LC	≤LC	≤LC	≤LC	≤LC	≤l.c.
Ro Florido	24	≤LC	≤LC	0.0463	≤LC	≤LC	≤LC	≤LC	≤LC	0.0095
Rancho Nuevo	25	≤LC	≤LC	0.0389	≤LC	≤LC	≤LC	≤LC	≤LC	0.0042
El Cerrito Itzicuaro	26	≤LC	0.032	0.0934	0.0012	≤LC	0.274	0.2436	≤LC	≤LC
Manantial La Mintzita	27	0.290	0.023	0.0139	0.0013	≤LC	0.108	≤LC	≤LC	≤LC
Pozo La Mintzita	28	0.384	0.024	0.0170	0.0013	≤LC	0.141	≤LC	≤LC	≤LC
Hacienda Itzicuaro	29	≤LC	0.022	0.0443	0.0012	≤LC	0.069	0.0971	≤LC	≤LC
Manantial Balneario Cointizio	30	≤LC	0.027	0.0375	0.0013	≤LC	0.009	≤l.c.	≤LC	≤LC
San Nicolás Obispo	31	≤LC	0.021	0.0195	0.0013	≤LC	0.009	0.0007	≤LC	≤LC
Cuanajillo	32	0.0514	≤LC	0.0262	≤LC	≤LC	0.0111	≤LC	≤LC	0.0021
Manantial Sn. Lorenzo Itzicuaro	33	0.025	0.026	0.0397	0.0013	≤LC	0.012	≤LC	≤LC	≤LC
Manantial El Parial	34	0.083	0.024	0.0374	0.0013	≤LC	0.036	≤LC	≤LC	≤LC
Manantial Tinijaro	35	≤LC	0.022	0.0272	0.0014	≤LC	0.006	≤LC	≤LC	≤LC
Manantial Hacienda Itzicuaro	36	≤LC	0.021	0.0675	0.0012	≤LC	0.006	≤LC	≤LC	≤LC
Límite de Cuantificación (LC)		0.0035	0.0052	0.0006	0.0002	0.0021	0.0008	0.0002	0.0038	0.0017
Límite Máximo Permisible		0.200	0.050	0.700	0.005	2.000	0.300	0.150	0.010	5.000

Manganeso

Los pozos de Tacícuaro (Num. 21) y El Cerrito Itzícuaru (Num. 26). Estos dos pozos también presentan concentraciones significativas de hierro en sus aguas.

Cuadro 6.7: Concentraciones de manganeso mayores al límite que establece la NOM-127-SSA1.

Pozo	Muestreo 1	Muestreo 2
Tacícuaro	0.181	0.1968
El Cerrito Itzícuaru	0.220	0.2436

Arsénico

En el caso del arsénico, los valores determinados no rebasaron el límite establecido en la NOM-127-SSA1 (0.025 mg/L). El pozo Capula II (Num. 20) presentó el mayor valor.

Existe una diferencia significativa entre los resultados de ambos monitoreo. En el segundo monitoreo los mayores valores se ubican en el NE de la zona de estudio.

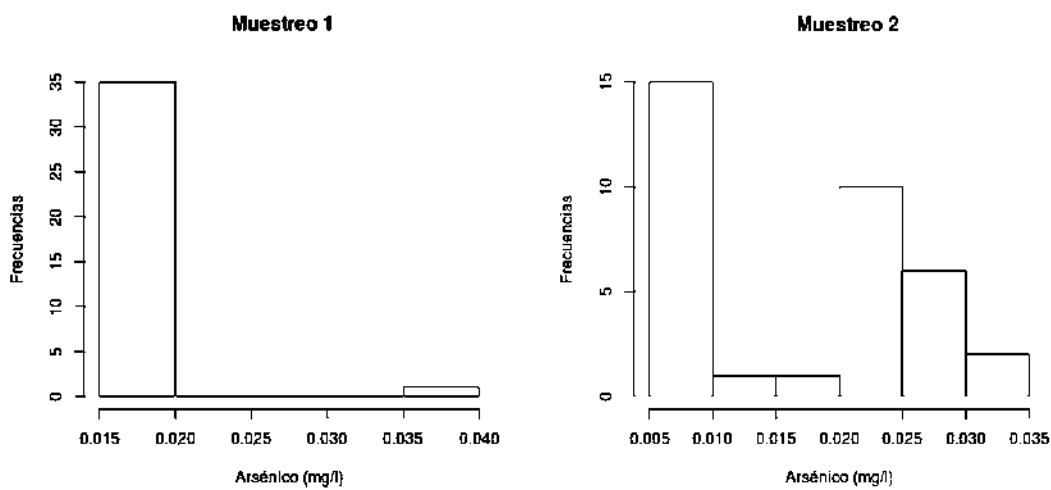


Figura 6.20: Frecuencia de concentración de arsénico en las dos campañas de monitoreo del agua subterránea.

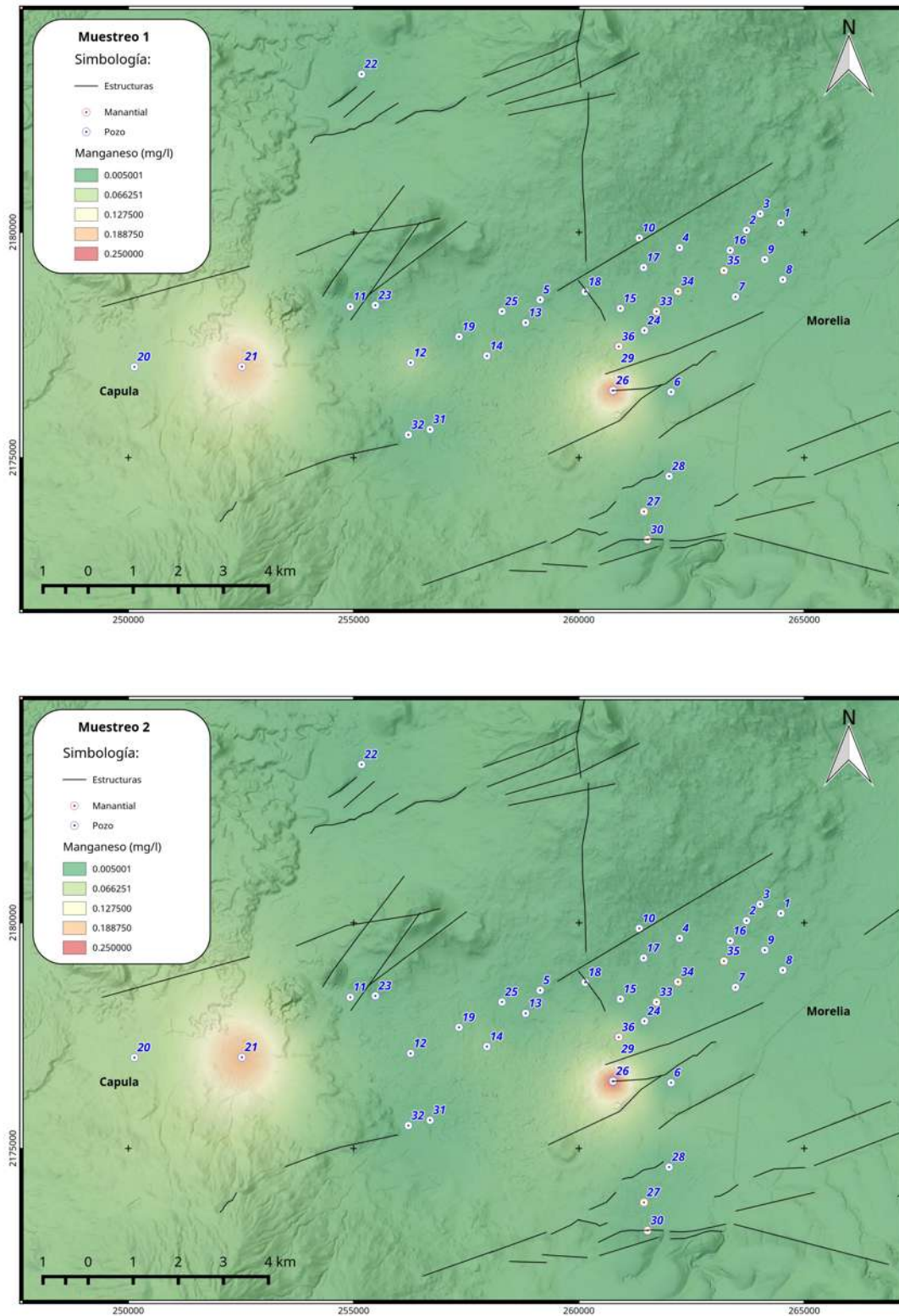


Figura 6.19: Dispersión espacial de Manganeso.

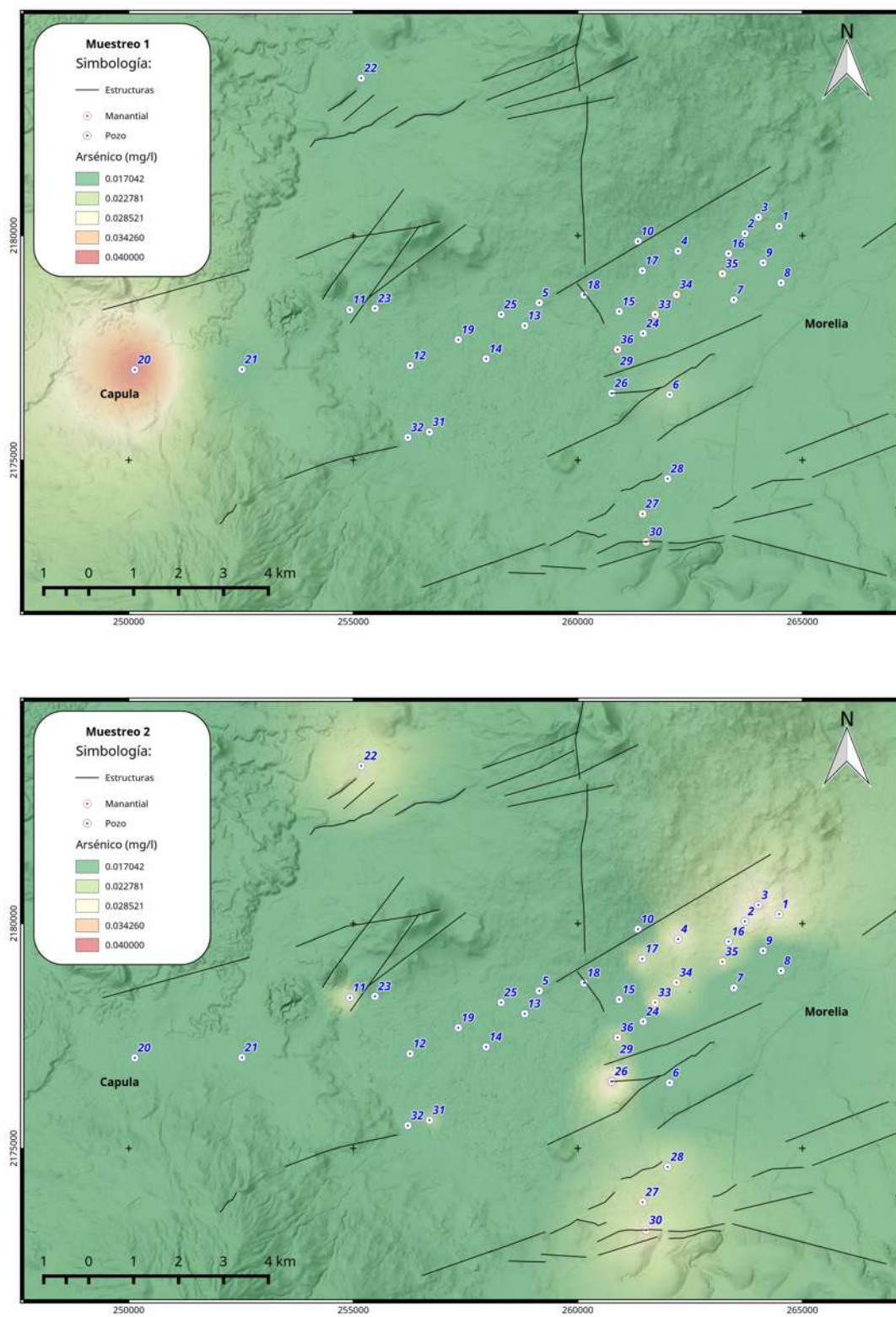


Figura 6.21: Dispersión espacial de Arsénico.

Plomo

Las concentraciones de plomo mayores al límite establecido en la NOM-127-SSA1 (colocar el valor del límite), se observaron únicamente en el primero monitoreo en los pozos Villas del pedregal III, Arko San Juan, La Hacienda I, Capula II y 23 de Marzo (Fig. 6.22).

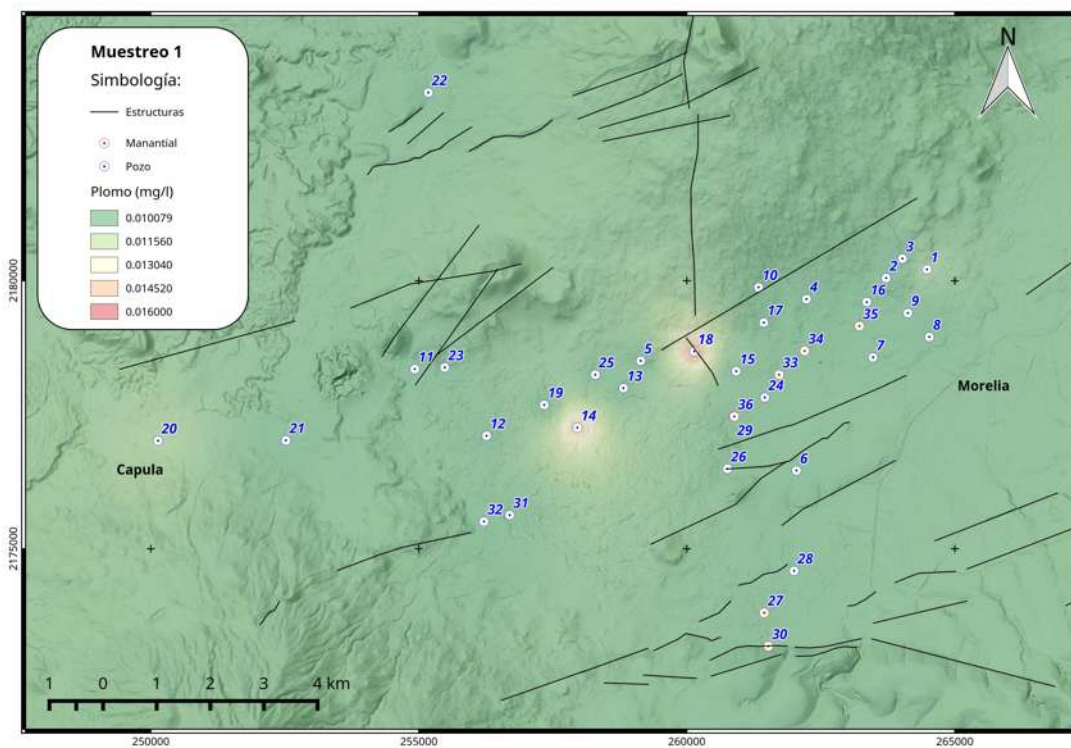


Figura 6.22: Dispersión espacial del plomo.

6.2. Encuestas

6.2.1. Población entrevistada

El número de muestra determinada para la aplicación de encuestas fue 201. De la población encuestada 128 fueron hombres y 73 mujeres. De la muestra total el 84 % son jefes de familia, es decir, son las personas responsables de la manutención y cuidado

del hogar (cuadro 6.8).

Cuadro 6.8: Características sociodemográficas de la población encuestada

		n	%
Sexo	Hombres	128	63.68
	Mujeres	73	36.31
Jefe de familia	Si	169	84.07
	No	32	15.92
Nivel de estudio	Secundaria	3	1.48
	Medio Sup.	146	72.63
	Superior	10	4.90

6.2.2. Características organolépticas del agua en la vivienda

Se realizaron preguntas a la población sobre su percepción en cuanto al sabor, olor, color, sedimentos y materia suspendida del agua que llega a sus hogares; un 15 % de la población encuestada percibe algún tipo de olor, color y/o sabor..

Un 32 % de la población encuestada mencionó observar materia suspendida, mientras que un 52 % ha observado sedimentos presentes en el agua que abastece sus hogares (Cuadro 6.9).

Sabor

Es una medida de la calidad del agua como un indicador de contaminación, de acuerdo a la NOM-127-SSA1 debe ser agradable para los usuarios; sus estándares de medida son: detectable al gusto y no detectable al gusto. En caso de ser detectable al gusto, las sustancias que lo generan deben ser removidas.

Cuadro 6.9: Características organolépticas del agua en las viviendas.

		n	%
Sabor	Si	30	14.92
	No	171	85.07
Olor	Si	30	14.92
	No	171	85.07
Color	Si	31	15.42
	No	170	84.57
Materia suspendida	Continuamente	2	0.99
	Frecuentemente	8	3.98
	Ocasionalmente	54	26.86
	<i>Total</i>	<i>64</i>	<i>31.84</i>
Sedimentos	Continuamente	11	5.47
	Frecuentemente	12	5.97
	Ocasionalmente	81	40.29
	<i>Total</i>	<i>104</i>	<i>51.74</i>

Los tipos de sabores en el agua, de acuerdo a su mención por las personas, se clasifican en cloro, raro, metálico y fierro (Fig. 6.23). El sabor a cloro obtuvo el mayor número de menciones (9.4% del total de la población entrevistada). Especialmente dicha percepción se presentó en los fraccionamientos Arko San Juan, Ciudad Jardn, La Maestranza, Villas del Pedregal y, en las comunidades de San Jos Itzícuar, Tacícuar y Capula.

Los casos con sabor metálico y fierro se localizaron en las comunidades de San Lorenzo Itzícuar, San José Itzícuar y Tacícuar, donde la situacin se presenta desde hace más de 10 años. Como medida local, mencionan las personas de Tacícuar, se ha tratado de resolver este problema aplicando más cloro al agua.

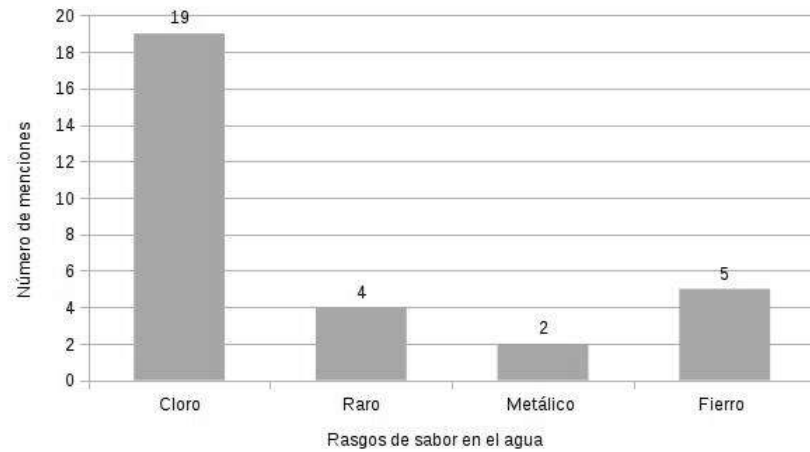


Figura 6.23: Percepción del sabor del agua.

Olor

Se reconocen cuatro tipos de olores particulares en el agua, el que más persiste es el olor a Cloro. En la comunidad de Tacícuaro se considera que el agua tiene un olor a fierro; en particular en dos viviendas el olor del agua es desagradable, asociándolo al olor de aguas negras (drenaje), mientras que en otras dos, el agua es considerada apestosa (Fig. 6.24).

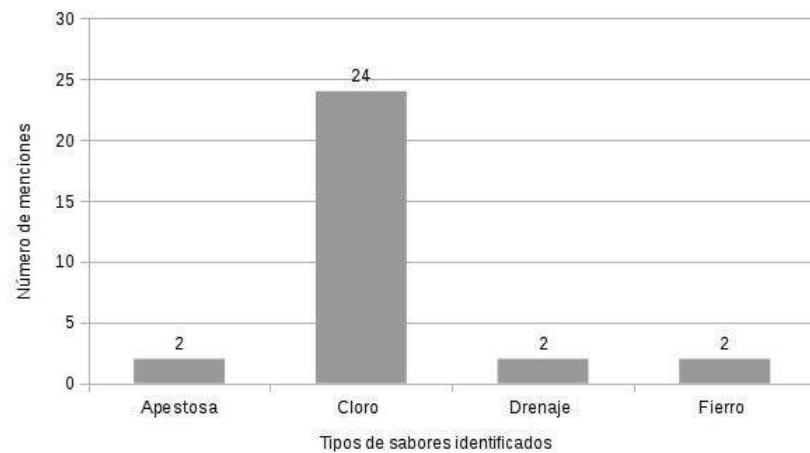


Figura 6.24: Percepción del olor del agua.

Es importante mencionar que la percepción del olor del agua puede variar, sin embargo, de acuerdo a la NOM-127-SSA1, el olor debe ser agradable para las personas que reciben el servicio de agua potable.

Color

El color del agua está ligado a la turbiedad y éste es consecuencia de la presencia de sustancias en solución o suspensión. El origen es la disolución de materiales vegetales o minerales; muchas veces el color está ligado a problemas de contaminación.

Los colores a los que hizo mención la población encuestada hacen referencia a la presencia de materia suspendida o sedimentos en el agua. Por la forma en que fueron mencionados se asocian a la presencia de arcillas o sedimentos que se incorporan durante el trayecto a la vivienda.

Los colores identificados en el agua fueron amarilla, blanca, café, charanda, colorada, sucia y turbia (Fig. 6.25).

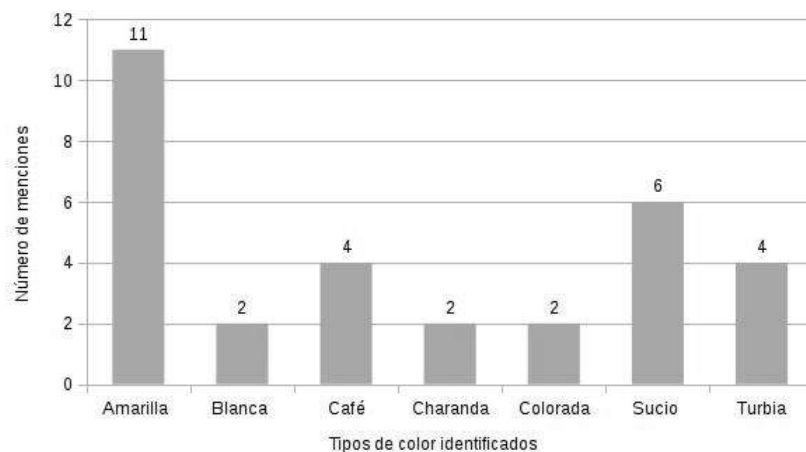


Figura 6.25: Percepción del color del agua.

Materia suspendida y sedimentos

De acuerdo a las observaciones de las personas encuestadas existe la presencia de materia suspendida y sedimentos en el agua, sobre todo durante la temporada de lluvias (Fig. 6.26).

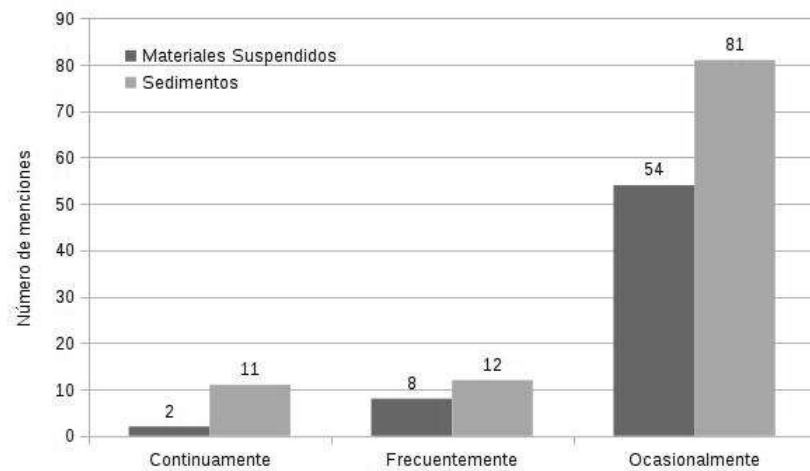


Figura 6.26: Materia suspendida y sedimentos en el agua.

6.2.3. Consumo de agua en la vivienda

Del total de la población entrevistada, en 15 viviendas (7.46 %) no compran agua embotellada, mientras que en 186 viviendas (92.53 %) emplean agua embotellada para las necesidades del hogar. Existe un consumo promedio de 2.5 garrafones a la semana, con una capacidad de 20 litros cada uno.

Existe una tendencia de uso del agua de la red de abastecimiento público, principalmente en la preparación de alimentos; mientras que para el consumo de bebidas (café, té, aguas preparadas) el agua que se emplea es de garrafón (Cuadro 6.10 y Fig. 6.27).

Cuadro 6.10: Consumo de agua en la vivienda.

		n	%
Preparación de alimentos	Red	89	44.27
	Red y Garrafón	20	9.95
	Garrafón	92	45.77
Para beber	Red	15	7.46
	Red y Garrafón	8	3.98
	Garrafón	178	88.55

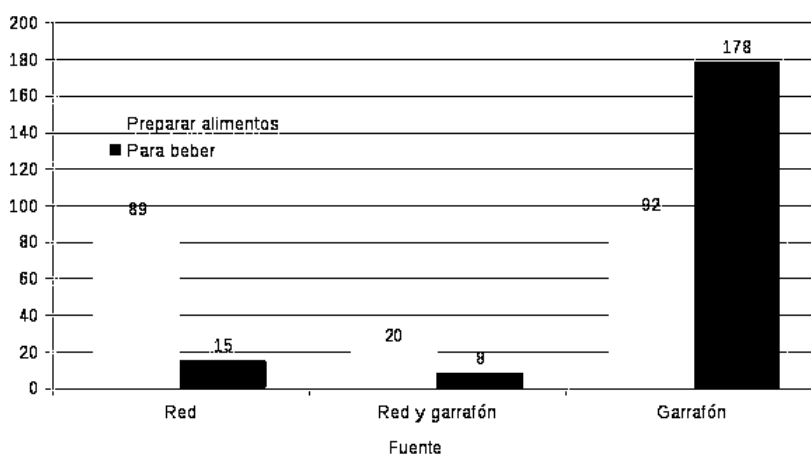


Figura 6.27: Consumo de agua en la vivienda por tipo de fuente de abastecimiento.

6.2.4. Sintomatologías asociadas

La función de los reactivos y preguntas en los cuestionarios fue vincular por conjuntos de síntomas presentes en la población. De acuerdo a la literatura los padecimientos en el sistema nervioso, en ciertos casos, se puede asociar a la presencia de algún tipo elemento químico en el organismo. En la población encuestada 70 personas manifiestan algún tipo de síntoma asociado al sistema nervioso.

Los síntomas asociados a padecimientos dermatológicos fueron los que mayor registro y mención se obtuvo. Se identificó un total de 143 casos equivalente al 70.42 %, en síntomas como alteraciones cutáneas y la pérdida de pelo los síntomas más registrados(6.11).

El siguiente grupo de padecimientos que mayor sobre sale es aquel de síntomas asociados a padecimientos gastrointestinales. Un 10.83 % de la población padece manchas y alteraciones en los dientes. Muchas veces éste problema está asociado a la presencia de sales o minerales en el agua, los cuales se acumulan en las dentaduras de las personas que consumen este tipo de agua (6.11).

Cuadro 6.11: Tipos de síntomas asociados.

		n	%
Sistema Nervioso	Temblores de manos y pies	12	5.91
	Mucho sueño	26	12.80
	Ansiedad/agresividad	28	13.79
	Demencia	4	1.97
	<i>Total</i>	<i>70</i>	<i>36.44</i>
Dermatológicas	Alteraciones cutáneas	51	25.12
	Pérdida de pelo	52	25.61
	Cambio de color en el pelo	10	4.92
	Alteraciones bucales	30	14.77
	<i>Total</i>	<i>143</i>	<i>70.42</i>
Gastrointestinales	Sabor metálico	16	7.88
	Falta de apetito	24	11.82
	Manchas en los dientes	22	10.83
	Vómitos frecuentes	4	1.97
	Diarreas frecuentes	18	8.86
	<i>Total</i>	<i>84</i>	<i>41.06</i>
Sistema endócrino	Dificultad para orinar	12	5.91
	Fallo renal	12	5.91
	Diálisis	2	0.98
	<i>Total</i>	<i>26</i>	<i>12.80</i>
Oseas	Osteoporosis	4	3.94
	Dolor de huesos	34	16.74
	Dolor de articulaciones	36	17.73
	<i>Total</i>	<i>74</i>	<i>38.41</i>

De los padecimientos crónicos más mencionados sobresale la diabetes y la hipertensión. No se identificaron casos de cáncer o fallecimientos por algún tipo de éste.

Sin embargo, en la Unidad Médica Familiar de San Nicolás de Obispo existen algunos casos que se han canalizado al hospital regional del Seguro Social por presentar sintomatologías relacionadas con posible cáncer de laringe y estomago.

Las comunidad de Tacícuaro, San José Itzicuario, La Mintzita, Cuto de la Esperanza y la Colonia Guadalupe Victoria, son las que presentan mayor cantidad de casos asociados a síntomas de padecimientos de tipo dermatológico. Siendo Tacicuario y San José Itzícuario los que mayor cantidad de registros presenta para los síntomas en padecimientos de enfermedades gastrointestinales (Cuadros 6.12 y 6.13).

Cuadro 6.12: Síntomas asociados a padecimientos dermatológicas a nivel comundiad.

Comunidad	n x comunidad	Alteraciones Cutneas	Perdida del Pelo	Cambio del Color del Pelo	Alteraciones Bucales	Total
Tacícuaro	20	4	6	3	2	15
San Nicolás	11	3	2	0	1	6
San José Itzícuario	24	6	6	1	5	18
La Mintzita	10	4	4	1	5	14
La Concepción	11	4	3	0	2	9
Cuto de la Esperanza	10	4	4	1	5	14
Cerrito Itzícuario	6	1	2	1	0	4
Capula	14	3	2	1	1	7
Villas del pedregal	10	4	1	1	1	7
Río Florido	10	1	2	0	1	4
La maestranza	10	3	2	0	1	6
Gpe. Victoria	15	5	3	1	4	13
La Luz	11	1	3	0	1	5
Frac Las Peas	11	1	4	0	1	6
Ciudad Jardín	10	5	1	0	1	7
<i>Total</i>	<i>183</i>	<i>49</i>	<i>45</i>	<i>10</i>	<i>31</i>	

Cuadro 6.13: Síntomas asociados a padecimientos gastrointestinales a nivel comundiad.

Comunidad	n x comunidad	Sabor Metálico	Falta de Apetito	Manchas en dientes	Diarreas frecuentes	Vomitos frecuentes	Total
Tacícuaro	20	4	3	6	1	0	14
San Nicolás	11	3	1	0	1	0	5
San José Itzícuario	24	1	1	3	4	2	11
La Mintzita	10	0	2	1	1	0	4
La Concepción	11	2	2	0	1	0	5
Cuto	10	0	2	1	1	0	4
Cerrito Itzícuario	6	0	1	2	0	0	3
Capula	14	0	1	1	0	0	2
Villas del pedregal	10	0	2	1	0	0	3
Río Florido	10	0	1	1	0	0	2
La Maestranza	10	2	2	1	1	0	6
Gpe. Victoria	15	0	1	2	4	2	9
La Luz	11	1	0	1	0	0	2
Frac. Las Peñas	11	1	0	1	1	0	3
Ciudad jardín	10	2	4	2	1	0	9
<i>Total</i>	<i>183</i>	<i>16</i>	<i>23</i>	<i>23</i>	<i>16</i>	<i>4</i>	



Figura 6.28: Padecimientos crónicos identificados en la población encuestada

6.2.5. Relación de consumo de agua y sintomatologías

Se identificaron 19 casos de personas encuestadas que presentan sintomatologías por algún tipo de intoxicación. Estas se dieron en las comunidades de San José Itzicuarro, Tacicuarro, Capula y San Nicolás de Obispo. En la zona periurbana de Morelia se identificaron casos en las colonias Ciudad Jardín, Guadalupe Victoria y, en los fraccionamientos La Maestranza y La Luz (Fig. 6.29).

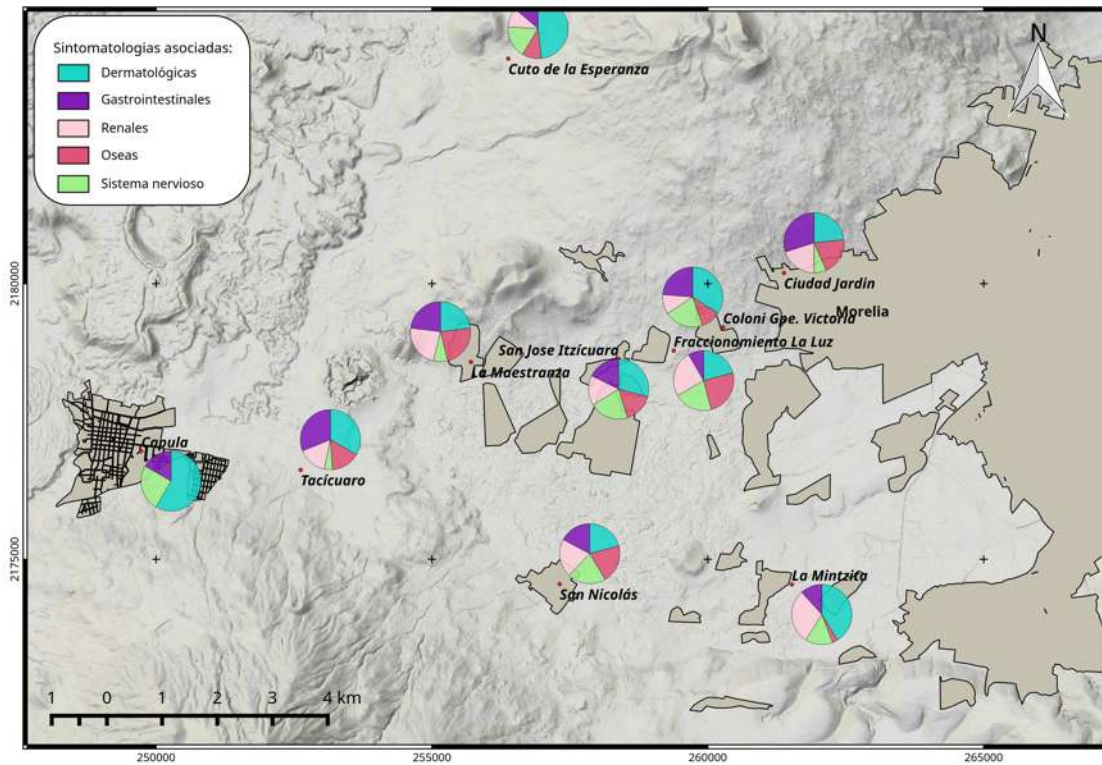


Figura 6.29: Localidades con reporte de sintomatologías

En la comunidad de Tacicuaró dos personas de las encuestadas consumen agua directamente de la red de abastecimiento público, las cuales presentan alteraciones bucales, pérdida de pelo, alteraciones en la piel, diarreas frecuentes, ansiedad/agresividad, temblores en extremidades y sabor metálico al ingerir alimentos.

La relación de distancias entre pozos de extracción del agua del subsuelo y localidades con algunas afecciones a la salud coincide en Capula y Tacicuaró. El pozo de San Nicolás de Obispo es el que presenta la menor relación. (Cuadro 6.14).

Cuadro 6.14: Relación de distancias entre pozos de extracción y localidades con afecciones.

Localidad	Pozo	Distancia (m)
Capula	Capula II	408.49
Tacícuaró	Tacícuaró	411.44
San Nicolás de Obispo	San Nicolás de Obispo	1,242.63
La Maestranza	La Maestranza	297.32
San José Itzícuaró	Rancho Nuevo	396.51
Col. Gpe. Victoria	Arko San Juan	544.15
Fraccionamiento La Luz	San José Itzícuaró	370.23
Ciudad Jardín	Ario de 1815	321.27

Capítulo 7

Conclusiones

7.1. Discusión

En el presente trabajo se realizó un análisis multivariado de los parámetros fisicoquímicos medidos en la red de monitoreo del agua subterránea en la zona de estudio. Dicho análisis se basa en un modelo de regresión lineal múltiple que evalúa los mencionados parámetros fisicoquímicos.

Los resultado del análisis multivariado indican que los pozos 23 de Marzo, San Juanito Itzícuar, Ario de 1815, Tacícuar, Río Florido, El Cerrito Itzícuar, y el manantial Balneario Cointzio presentan diferencias significativas en sus parámetros fisicoquímicos en relación el resto de los aprovechamiento que conforman la red de monitoreo del agua subterránea.

Las altas temperaturas registradas en los pozos 23 de Marzo y San Juanito Itzícuar (31° y 30°C, respectivamente), ubicados al noreste de la zona de estudio, donde también se presentan abatimientos importantes (valores de abatimiento), son el reflejo de la extracción del agua a mayor profundidad o un indicio de una posible actividad hídrotérmal.

Los pozos Cerrito Itzicuario y Tacicuario existe una **fuerte**(chechar término) relación entre la temperatura y la presencia de sólidos disueltos totales, lo que puede ser un indicio de que la disminución de la calidad del agua sea de origen hidrotermal.

Los pozos Arko San Antonio, San Juanito Itzicuario, Ario de 1815, El Cerrito Itzicuario y el manantial Balneario Cointzio; son los que mayor conductividad eléctrica registran en ambos muestreos reflejando una realación con los valores de temperatura.

Los valores de pH se encuentran en el rango de 7 a 8 pH, siendo el manantial Balneario Cointzio el que refleja una mayor acidez. Esto indica nos indica un tipo de agua con tendencia a ser de tipo neutra a ligeramente alcalina, que dentro de los límites de la norma es consideraba apta para el consumo humano.

El Oxígeno disuelto de las campañas de medición de la red de monitoreo del agua subterránea mostró cambios significativos. Estos cambios entre las concentraciones se le atribuye al tiempo en que fueron tomadas las muestras, lo que da una relación de disminución en las concentraciones de OD durante la presencia de lluvias y un aumento en la temporada de estiaje.

En base a los límites máximos permisibles establecido en la NOM-127-SSA1, se observó valores positivo para manganeso ambos monitoreos, el arsénico y plomo sus valores están por debajo de la norma.

En el caso del manganeso los pozos de Tacicuario y El Cerrito Itzicuario son los que registran una mayor concentración. Obervando que los compuestos férricos y mangánicos que predominan en las aguas son insolubles e incorporan los iones metálicos al agua en forma de bicarbonatos ferroso y manganeso; por lo que se puede atribuir que la presencia de estos elementos es de origen geológico.

La presencia de arsénico está por debajo de la norma, se analizó una posible relación de su origen por considerarse un elemento bastante toxico para los seres vivos. El pozo Capula II fue el que mayor concentración presenta (0.038 mg/L), este pozo se localiza a las afueras de la localidad de Capula a (valor) de distancia de granjas avícolas. Se tiene conocimiento de la presencia de arsénico en la dieta de aves; el cual es acumulado en tejido organismo y el resto es desechado como lo menciona Naula (2012). Las acumulaciones de gallinaza presentan un fuerte foco de contaminación por arsenico.

El 30% de la población manifestó percibir un sabor a cloro en el agua, el cual se atribuye a una alta dosificación de cloro durante la distribución a los hogares, sin embargo, de acuerdo lo establecido por la NOM-127-SSA1 el sabor debe ser agradable.

Un 88.5% de la población consume el agua embotellada para beber y un 45.77% compra agua para la preparación de alimentos. El total de la población usa el agua potable suministrada por la red de abasto público. Lo que se puede asociar la presencia de sustancias como el cloro en el agua a la caídas de pelo y manchas en la piel. Que corresponde al grupo de síntomas asociados

Las principales localidades donde la población presenta la mayor cantidad de síntomas son Capula, Tacícuaro, San Nicolás, San Jose Itzícuaru, La Mintzita, La concepción, Cuto de la Esperanza, El Cerrito Itzicuaru, Capula, Villas del pedregal, Río Florido, La Maestranza, Guadalupe Victoria, Fraccionamiento La Luz, Fraccionamiento Las Peñas y Colonia Ciudad Jardín.

7.2. Conclusiones

De acuerdo al modelo estadístico empleado los pozos 23 de Marzo, San Juanito Itzícuaru, Ario de 1815, Tacícuaro, Río Florido, El Cerrito Itzícuaru, y el manantial

Balneario Cointzio presentan diferencias significativas en sus parámetros fisicoquímicos en relación al resto de los aprovechamientos que conforman la red de monitoreo del agua subterránea en la zona de estudio.

Las altas temperaturas registradas en los pozos 23 de Marzo y San Juanito Itzicuarro, son el reflejo de la extracción del agua a mayor profundidad o un indicio de una posible actividad hidrotermal.

El monitoreo de elementos traza arrojó valores positivos para plomo, manganeso y arsénico con relación al resto de elementos. La presencia de manganeso en los pozos de Tacicuarro y El Cerrito Itzicuarro se puede atribuir a un origen geológico.

En lo que respecta al arsénico, las concentraciones encontradas están dentro de los límites que establece la NOM-127-SSA1; sin embargo, los pozos en donde se registraron (Capula II y Tacicuarro) se ubican cerca de granjas avícolas, las cuales se han identificado como focos probables de contaminación. Todas estas relaciones, principalmente a síntomas de enfermedades de tipo gastrointestinal y dermatológicas.

Las principales localidades donde la población presenta la mayor cantidad de síntomas son Capula, Tacicuarro, San Nicolás, San José Itzicuarro, La Mintzita, La Concepción, Cuto de la Esperanza, El Cerrito Itzicuarro, Capula, Villas del Pedregal, Río Florido, La Maestranza, Guadalupe Victoria, Fraccionamiento La Luz, Fraccionamiento Las Peñas y Colonia Ciudad Jardín.

Las localidades de Capula y Tacicuarro presentan síntomas con padecimientos que se pueden relacionar con la presencia de plomo, manganeso o arsénico; sin embargo éstos no se pueden asociar a la calidad del agua subterránea con base en los resultados obtenidos en este trabajo de investigación.

7.3. Recomendaciones

Considerar la calidad del agua en los planes de desarrollo urbano es necesario, la disponibilidad del agua y su calidad son un derecho fundamental. Es importante continuar con el monitoreo de la calidad del agua subterránea para identificar a tiempo cualquier concentración mayor a los límites establecidos en la NOM-127-SSA1.

Sería importante realizar epidemiológicos en las comunidades de Tacúcuaro, San Nicolás de Obispo, San José Itzicuaru. Así como la toma de muestras de sangre en la población para la determinación de metales.

Ante la presencia de concentraciones de materia suspendida y sedimentos, es necesario emplear algún tipo de filtro. Esto a consecuencia de existir un considerable porcentaje de hogares que usan el agua de la red de abasto para la preparación de alimentos.

7.4. Bibliografía

Aguilar Barojas, Sarafí (2005), Fórmulas para el Cálculo de la Muestra en Investigaciones de Salud, Salud Tabasco, Vol 11, Num. 1-2, Villaerosa Tabasco.

Arellano, O., Ortega, L. & Gesundheit, P., 2012. Estudio de la contaminación en la cuenca del río Santiago y la salud pública de la región, México.

Arumi, J.L. et al., 2006. Evaluación del riesgo de contaminación con nitrato de pozos de suministro de agua potable rural en Chile. Revista Panamericana de Salud Pública, 20(6), pp.385392.

Auge, M.P., 2006. Agua Subterránea Deterioro De Calidad Y Reserva. (Vulnerabilidad del Acuífero Mapuche) D. de ciencias geológicas, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.

Ávila, J.A. & Garduo, V.H., 2007. Análisis del abatimiento de los niveles freáticos del sistema acuífero de Morelia. Ciencia Nicolaita, 46, pp.105122.

Ávila, P., 2001. Conflictos por la contaminación y gestión del agua en el distrito de riego Morelia-Queréndaro. Relaciones 60, pp.221250.

Beldarrain Chaple, Enrique (1999) Enfermedades Transmitidas a Través del Agua, Academia de Ciencias La Habana, Habana, Cuba.

CONAGUA, 2011. Estadísticas del agua en México Semarnat, ed., México.

CONAGUA, 2015. Estadísticas del agua en México Semarnat, ed., México.

CONAGUA, 2013. Estadísticas del Agua en México Semarnat, ed., México.

Díaz Díaz, María (2014), Concentraciones de Cadmio en Sangre en una Población Laboral Hospitalaria y su Relación con Factores Asociados, Universis Complutense de Madrid, Facultad de Medicina, Tesis Doctoral. Madrid España.

Díaz, R.E. et al., 2013. Presión antropogénica sobre el agua subterránea en México: Una aproximación geográfica. Investigaciones Geográficas: Boletín del Instituto de Geografía, 2013(82), pp.93103.

Ferrer, A., 2003. Intoxicación por metales Metal poisoning. , 26(ext 3900).

Godínez, R., 2007. Evaluación Socioeconómica del Saneamiento de Aguas Residuales de Morelia Michoacán, Morelia Michoacán.

González, M. & Al, E., 2009. Determinación de Plomo y Cadmio en Sangre y su Relación con fuentes de Exposición. Estudio PESA, 2008. Revista del Laboratorio Clínico, 2(3), pp.115123.

Laporta, Y. et al., 2008. Metahemoglobinemia asociada a la ingesta de acelgas. An Pediatric, 69(2), pp.18196.

Buenfin-Rojas, M. (2007), Determinación de Metales Pesados (As, Cd, Hg y Pb) Presentes en el Río Hondo, Quintana Roo, VI Internacional y XII de Ciencias Ambientales, Memoria en Extenso, Chihuahua México.

Manassaram, D.M. et al., 2010. Nitrates in drinking water and methemoglobin levels in pregnancy: a longitudinal study. *Environmental health: a global access science source*, 9(1), p.60. Available at: <http://www.ehjournal.net/content/9/1/60>.

Mínguez, L., Mendiola, J. & Torres, A.M., 2014. Calidad seminal y toxicidad de metales pesados y plaguicidas. *Revista salud ambiente*, 14(1), pp.819.

Naula Naula, Gabriela M. (2012) Determinación de la presencia de arsénico en balanceados, gallinaza y víceras de pollo, Colegio de Ciencias e Ingeniería, Universidad de San Francisco de Quito, Quito, Ecuador.

Garduño-Monroy, et al (2010), Unidades Geohidrológicas de la Región Morelia-Cuitzeo, Morelia Michoacán.

Pérez, M. et al., 2002. Influencia del Basurero Municipal en la Calidad del Agua del Acuífero de la Ciudad de Durango, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 18(3), pp.111116.

Reyes, L.R., Pedroza, S. & Macedo, M.G., 2013. Estudio geoelectrico e hidroquímico para mapear la pluma de lixiviados derivados de un basurero a cielo abierto en Mexicaltzingo , Estado de México . , 9(3), pp.107114.

Rivera, P. et al., 2014. Evaluación de la calidad del agua ante la enfermedad renal crónica en la Zona Oriente de Michoacán, México. Título. *Revista Tlamati*.

Salas, H. et al., 2001. Manual de Evaluación y Manejo de Sustancias Tóxicas en Aguas Superficiales Tercera.

Smith, A.H. et al., 2011. Original Contribution Evidence From Chile That Arsenic in Drinking Water May Increase Mortality From Pulmonary Tuberculosis. , 173(4), pp.414420.

Toledo, A., 2002. El agua en México y el mundo. *Gaceta Ecologica*, 64, pp.918.

UNWATER, 2010. Agua limpia para un mundo sano.

Verduzco, L.A., 2010. Evaluacion De La Contaminacion Al Acuífero En La Region Morelia Capula Causada Por El Impacto De La Infiltracion De Lixiviados Generados Por El Basurero Municipal De La Ciudad De Morelia. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

WWDR, 2015. Agua para un mundo sostenible datos y cifras, Perusa, Italia.

Zhitkovich, A., 2011. Chromium in Drinking Water: Sources , Metabolism , and Cancer Risks. Chemical Research in Toxicology, 24(Vi), pp.16171629.

Apéndice A

Gestión



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS DE LA TIERRA
MAESTRIA EN GEOCIENCIAS Y PLANIFICACIÓN DEL TERRITORIO
 Edificio U-4 Ciudad Universitaria, Morelia, Michoacán. CP 58060. México.
 Tels. 0052-443-3223500 ext 4024
 isaisrade@gmail.com



Morelia, Michoacán a 13 de octubre del 2015

DR. JESUS SALGADO HERNÁNDEZ
JEFE DE JURIDICCIÓN SANITARIA N.1 MORELIA
DE LA SECRETARIA DE SALUD DE MICHOACÁN
PRESENTE

Por este conducto hago de su conocimiento que nuestro alumno **RAFAEL ORGANISTA MOTA** adscrito al posgrado en Geociencias y Planificación del Territorio, realiza una tesis cuyo enfoque se asocia a la calidad del agua subterránea y sus posibles afectaciones por enfermedades de origen hídrico en la region Capula-Morelia. Suplicamos a Usted le brinde el apoyo necesario para que pueda entrevistarse con los medicos responsables de cada una de las unidades médicas que integra la zona de estudio del alumno Rafael Organista.

Agradecemos por su atención y su posible apoyo.

Saludos cordiales

Dra. ISABEL ISRADE ALCANTARA.

Asesora del Alumno

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS DE LA TIERRA

14:10
DRA MARTHA EVA VIVEROS SANDOVAL
 Tutora del alumno del posgrado

JAR
DR. ALEJANDRO AVILA OLIVERA
 Coasesor del alumno

tel. 55 45 28 44 57

COORDINACIÓN DE SERVICIOS DE SALUD
 JURISDICCIÓN SANITARIA No. 1

[Firma]
DR. JAIME VEGA RODRIGUEZ

[Firma]
Dr. Alan G. Gil V.



Apéndice B

Formato de encuesta



Cuestionario región Cointzio-Capula



Fecha									Sexo	Edad	Numeración

Fecha: _____ Entrevistador: _____

I.- Datos de ubicación.

Domicilio: _____ Localidad: _____
 Fraccionamiento/Colonia: _____ Zona: _____
 Manzana: _____ Lote: _____

II.- Datos de vivienda del entrevistado.

Jefe de familia: (si) (no) _____
 Lugar de origen: _____
 Ocupación: _____
 Tiempo continuo de residencia: _____
 Residencia Anterior: _____
 N° habitantes en casa: _____
 Mujeres () Hombres ()

Habitantes por rango de edad
0-10 años
11-15 años
16-25 años
25-40 años
40-60 años
> de 60 años

III.- Características del agua.

Conectado a red: (si) (no) _____ Otro: _____ Nombre del Pozo: _____
 Sabor: _____ Olor: _____ Color: _____

	Presencia		Frecuencia	
	si	no	continuamente	ocasionalmente
Materiales suspendidos				frecuentemente
Materiales sedimentables				

IV.- Manejo interno del agua

Cisterna.
 Ubicación: _____ Volumen: _____
 Uso: (constante) (ocasional) (periódico) _____
 Condiciones: _____ Mantenimiento: _____

Tinaco/Tambos

Tipo: _____ Volumen: _____
 Condiciones: _____ Mantenimiento _____
 Patrón de consumo: _____

¿Compra agua en garratón? (si) (no) _____ Unidades semanales: _____

Tipo de agua		
	Garratón	Tinaco red interna
Preparación de alimentos		
Preparación de bebidas		
	Tinaco red interna	Otros

V.- Antecedentes médicos

Antecedentes familiares

Enfermedades crónicas: _____
 Casos de cáncer: _____ Tipo: _____
 Defunciones por cáncer: () Tipo: _____ Relación familiar: _____

Hipertensión: _____ Diabetes: _____

Antecedentes individuales de salud

Fuma () Cuentos cigarrros () con filtro () sin filtro ()
 Ingesta regular de bebidas alcohólicas: _____
 Toma suplementos alimenticios? (s) (no) ¿Que tipo de suplemento? _____

Antecedentes ginecoobstétricos

N° de embarazos () N° de partos normales () N° de abortos ()
 Cesáreas ()

Estado de salud en niños

¿Sufrir el niño de : (1) Oídos, (2) Nariz, (3) Garganta, (4) Otro _____
 ¿Qué padecimiento? (1) Asma, (2) Rinitis, (3) Amigdalitis, (4) Infección de vías respiratorias _____
 ¿El niño toma alguna medicina? (s) (no) ¿Qué medicina? _____
 ¿Debido a que se le recetó esta medicina? _____
 ¿El niño cuenta con todas las vacunas? (s) (no) ¿Cual le falta: _____
 Toma suplementos alimenticios? (s) (no) ¿Que tipo de suplemento? _____

Aspectos Pedagógicos

¿Cómo es la conducta del niño? _____
 (1) Normal, (2) Tranquilo, (3) Inquieto, (4) Otros: _____
 ¿Cómo es su aprendizaje? _____
 (1) Bueno, (2) Regular, (3) Malo. _____
 ¿Cómo es el sueño del niño? _____
 (1) Duerme tranquilo, (2) Duerme inquieto, (3) Padece de insomnio. _____
 ¿Cuántas horas duerme? _____
 (1) de 8 o más horas, (2) de 6 a 8 horas, (3) menos de 6 horas. _____

OBSERVACIONES: _____

VI- Síntomas Clínicos de Enfermedades hídricas

Alergias comunes a corto plazo

- () Alteraciones cutáneas
- () Pérdida drástica de pelo
- () Cambio de coloración del cabello, a azul o verde.
- () Alteraciones bucales (en encías)
- () Sabor metálico
- () Falta de apetito constante
- () Manchas amarillas o blancas en los dientes
- () Diarreas frecuentes/continuas
- () Vómito frecuente/continuo

Alergias Urinarias y Renales

- () Dificultad para orinar
- () Falta renal
- () Necesidad de diálisis renal
- () Niños nacidos sin un riñón (agenesia renal)

Cáncer

Tipo de Cáncer: _____
 Edad de presentación del cáncer: _____

Alergias del Sistema nervioso Central (Relacionados a Aluminio)

- () Temblores de pies y/o manos
- () Trastornos del sueño: Insomnio continuo
- () Incremento en la ansiedad/agresividad
- () Demencia
- () Alzheimer
- () Enfermedad de Parkinson

Otros

- () Osteoporosis
- () Enfisema Pulmonar
- () Dolores reumáticos en personas jóvenes: Dolor de huesos
- () Dolor en articulaciones (coyunturas)