



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE  
SAN NICOLÁS DE HIDALGO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL.**

**HACIA UNA CIUDAD DE MORELIA SENSIBLE AL  
AGUA.**

**T E S I S**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE: INGENIERA CIVIL**

**PRESENTA:**

**FLAVIA GORETTI CAMACHO PÉREZ.**

**ASESOR:**

**DRA.SONIA TATIANA SÁNCHEZ QUISPE.**

**COASESOR:**

**ING.LUIS DANIEL MEJIA FERREYRA**

**MORELIA MICHOACÁN, NOVIEMBRE DEL 2022**

## **AGRADECIMIENTOS.**

A Dios, a mis padres Luis Gerardo y Patricia por haberme formado como la persona que soy en la actualidad, a mi madrina María del Socorro, todos mis logros se los debo a ustedes. A mi tía Verónica y a mi tío Gera, que me apoyaron cuando lo necesité, a mis hermanos por todo el apoyo. A la Dra. Sonia Tatiana Sánchez Quispe por reconocer e impulsar mis habilidades y aptitudes, al Ing. Luis Daniel Mejía Ferreyra por su apoyo, a mi novio Manuel y su familia por brindarme todo su apoyo durante este tiempo, a todos mis amigos y maestros que me acompañaron y apoyaron durante esta etapa académica.

Agradezco al OOAPAS por su disposición al brindarme la información necesaria para este trabajo estando dentro y fuera de ahí. También agradezco URVIC por apoyarme y fortalecer mis conocimientos profesionales.

## **DEDICATORIA.**

Dedico este trabajo que significa la culminación exitosa de mi carrera profesional a mis padres Luis Gerardo y Patricia que no solo me han brindado calidad en educación escolar, si no también calidad en los principios y valores con los cuales he sido formada, a ustedes les debo tanto todo su esfuerzo y dedicación a mi persona.

A mi madrina María del Socorro que siempre ha sido nuestra segunda madre para mí y mis hermanos, nos has dado tanto sin pedirlo y nos has enseñado a querer tener siempre mucho más y lo mejor.

A mis hermanos; Mariana, Medugorie y Luis por todo su apoyo y paciencia durante este proceso, siempre cuento con ustedes y ustedes conmigo.

A mi tía Verónica y a mi tío Gerardo por apoyarme cuando lo necesité a pesar de no vernos seguido.

A la Dra. Sonia y al Ing. Daniel Mejía por todo el apoyo que me han brindado en este tiempo.

A mis abuelos Nicolás † y Flavia †., Javier † y Concepción † gracias por todo su esfuerzo y calidad humana por lo cual mis padres son así, y sin olvidar a mi hermana mayor Patricia †, que me han acompañado desde donde están.

A mi novio Manuel por acompañarme y apoyarme durante esta etapa, especialmente en los momentos cuando más lo necesité.

A mis amigas y amigos que ya saben quiénes son, por todo el apoyo que recibo de ustedes, siempre cuentan conmigo.

## CONTENIDO.

AGRADECIMIENTOS.....	1
DEDICATORIA.....	2
CONTENIDO.....	3
RESUMEN.....	8
ABSTRACT.....	9
1.- INTRODUCCIÓN.....	10
2.- MARCO TEÓRICO.....	11
2.1.- Zona de Estudio.....	11
2.2.- Geología.....	13
2.3.-Edafología.....	14
2.4.-Uso de suelo y vegetación.....	15
2.5 Climatología y precipitación.....	16
2.6.- Hidrografía.....	16
2.6.1.- Red Hidrográfica de la ciudad de Morelia.....	17
2.7.- Ciudad Sensible al Agua.....	19
2.7.1.-FASE I. Ciudad Enfocada en el Suministro del Agua.....	19
2.7.2.-FASE II. Ciudad Enfocada en el Alcantarillado.....	20
2.7.3.- FASE III. Ciudad Enfocada en el Drenaje Pluvial.....	20
2.7.4.-FASE IV. Ciudad Enfocada en los Cursos Pluviales.....	20
2.7.5.- FASE V. Ciudad Enfocada en el Ciclo del Agua.....	20
2.7.6.- FASE VI. Ciudad Sensible al Agua.....	21
3.- ANTECEDENTES.....	22
4.- JUSTIFICACIÓN.....	23
5.- HIPÓTESIS.....	24
6.- OBJETIVO.....	24
7.- METODOLOGIA.....	24
7.1.- Agua Potable.....	25
7.1.2.- Problemática de Morelia, identificación de causas de inundaciones y escasez de agua.....	25
7.1.3.- Identificación de escasez de agua en la ciudad.....	25

7.1.4.- Estado actual del agua en la Ciudad de Morelia.....	26
7.1.5.- Principales fuentes de abastecimiento superficial. ....	27
7.1.6.- Principales fuentes de abastecimiento subterráneas.....	28
7.1.7.- Gestión del agua en la ciudad de Morelia.....	28
7.1.8.- Red de distribución de agua potable de la ciudad de Morelia. ....	29
7.1.8.1.- Porcentaje de viviendas con agua entubada en la vivienda. ....	32
7.1.8.2.- Porcentaje de viviendas con tinaco. ....	33
7.1.8.3.- Porcentaje de vivienda con servicios: cisterna o aljibe. ....	33
7.2.- Alcantarillado sanitario de la ciudad de Morelia. ....	33
7.2.1.- Estado de la Red de Alcantarillado Sanitario de la ciudad. ....	34
7.3.- Alcantarillado pluvial de la ciudad de Morelia. ....	36
7.3.1.- Zonas de Riesgo de Inundación de la ciudad de Morelia. ....	36
7.3.2.- Cárcamos de la ciudad. ....	37
8.- RESULTADOS.....	38
8.1.- Evaluación de acuerdo a Brown. ....	38
8.2.- Estrategias Sensibles al Agua en la Ciudad de Morelia.....	38
8.2.1.- ZONA 1.....	39
8.2.2.- ZONA 2.....	40
8.2.3.- ZONA 3.....	41
8.2.4.- ZONA 4.....	42
8.2.5.- ZONA 5.....	43
8.2.6.- ZONA 6.....	44
8.2.6.1.- Canchas de Policía y Tránsito. ....	45
8.2.6.2.- La Huerta.....	46
8.2.6.3.- Prados Verdes. ....	47
9.- ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	48
10.- CONCLUSIONES.....	48
11.- REFERENCIAS.....	49

## LISTA DE FIGURAS (GRÁFICAS E IMÁGENES)

Imagen 1. Ubicación de la zona de estudio. Elaboró P.I.C. Flavia Goretti Camacho Pérez.....	11
Imagen 2. Ubicación de la zona de estudio. Elaboró P.I.C. Flavia Goretti Camacho Pérez.....	12
Imagen 3. Geología de la zona de estudio. Elaboró P.I.C. Flavia Goretti Camacho Pérez.....	13
Imagen 4. Edafología de la zona de estudio. Elaboró P.I.C. Flavia Goretti Camacho Pérez.....	14
Imagen 5. Uso de Suelos de la zona de estudio. Elaboró P.I.C. Flavia Goretti Camacho Pérez.....	15
Imagen 6. Red Hidrográfica de la ciudad de Morelia. Elaboró P.I.C. Flavia Goretti Camacho Pérez.....	17
Imagen 7. Etapas hacia una Ciudad Sensible al Agua. (Brown, 2009) .....	19
Imagen 8. Mapa colonias que presentan desabasto de agua potable en Morelia. Elaboró P.I.C. Flavia Goretti Camacho Pérez. ....	26
Gráfico 1. Extracción de m <sup>3</sup> de agua potable en la ciudad de Morelia. ....	26
Imagen 9. Mapa colonias con mayor riesgo de inundación. Elaboró: Ing. Iván González Arreguín,2020.....	27
Gráficos 2,3 y 4. Extracción de m <sup>3</sup> de agua potable de fuentes superficiales en la ciudad de Morelia. ....	27
Imagen 10. Mapa Pozos de la ciudad de Morelia. Elaboró: P.I.C. Flavia Goretti Camacho Pérez. (OOAPAS, Pozos, 2022).....	28
Gráfico 5. Capacidad de potabilización de las Plantas Tratadoras de Agua Potable de Morelia.....	29
Imagen 11. Mapa sectores de la ciudad de Morelia. Elaboró: P.I.C. Flavia Goretti Camacho Pérez. (OOAPAS, Sectores, 2022) .....	30
Imagen 12. Mapa Tanques Elevados en la ciudad de Morelia. Elaboró: P.I.C. Flavia Goretti Camacho Pérez. (OOAPAS, Tanques elevados).....	32
Gráfico 6. Porcentaje de viviendas con agua entubada en la vivienda. (INEGI, POBLACION EN HOGARES CENSADOS, 2020).....	32
Imagen 13. Reparación de tubería de Alcantarillado.....	33
Gráfico 7. Colonias más afectadas de la Red Sanitaria de Morelia. ....	35
Imágenes 14 y 15. Acciones del Programa Prevención e Inundaciones (PPI). (OOAPAS, 2021) .....	36

Imagen 16. Mapa Colonias con Riesgo a Inundaciones en la ciudad de Morelia. Elaboraron: M.I. Daniel Licea Rodríguez y P.I.C. Flavia Goretti Camacho Pérez. ....	37
Imagen 17. Mapa Zona 1 . Elaboró: P.I.C. Flavia Goretti Camacho Pérez. ....	39
Imagen 18. Construcción de presas y diques. (Cities & UNAM, 2015).....	39
Imagen 19. Terrazas de Infiltración. (Cities & UNAM, 2015) .....	39
Imagen 20. Limitar zonas urbanizadas. (Cities & UNAM, 2015).....	40
Imagen 21. Mapa Zona 2. Elaboró: P.I.C. Flavia Goretti Camacho Pérez. ....	40
Imagen 22 y 23. Estrategias (Cities & UNAM, 2015).....	41
Imagen 24. Mapa Zona 3. Elaboró: P.I.C. Flavia Goretti Camacho Pérez. ....	41
Imagen 25. Estrategias. (Cities & UNAM, 2015).....	42
Imagen 26. Mapa Zona 4. Elaboró: P.I.C. Flavia Goretti Camacho Pérez. ....	42
Imagen 27. Estrategias. (Cities & UNAM, 2015).....	43
Imagen 28. Mapa Zona 5. Elaboró: P.I.C. Flavia Goretti Camacho Pérez. ....	43
Imagen 29. Estrategias. (Cities & UNAM, 2015).....	44
Imagen 30. Mapa Zona 6. Elaboró: P.I.C. Flavia Goretti Camacho Pérez. ....	44
Imagen 31. Estrategias. (Cities & UNAM, 2015).....	45
Imagen 32. Inundación en Las Américas. Imagen 33. Ubicación Satelital Google Earth. ....	45
(Morelia, 2022) .....	45
Imagen 34. La Benthemplein conocida como “Plaza de Agua” (Bravo & Llopis, 2020) .....	46
Imagen 35 Canchas de Policía y Transito de Morelia en temporadas de lluvias.(Hernandez, 2021).....	46
Imagen 36. Inundación en carriles en la Huerta.(Sierra, 2022) .....	47
Imagen 37. Desazolve de rejillas pluviales.(Pantoja, 2022) .....	47

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación del municipio de Morelia en función de sus aguas superficiales. (IMPLAN, 2020) .....	16
Tabla 2. Tramos y longitud de los cauces según el estudio para el control de avenidas en el sistema Rio Grande-Rio Chiquito de la presa de Cointzio a su desembocadura al lago de Cuitzeo. (Ferreyra, 2020) .....	18
Tabla 3. Metas para una ciudad sensible al agua. (Brown, Keath, & Wong, 2009) .....	21
Tabla 4. Capacidad de Potabilización de las PTAP de Morelia. (Ung, 2021)	29
Tabla 5. Diámetros utilizados en la Red de Agua Potable de Morelia. (Cazarez, 2022) .....	31
Tabla 6. Porcentaje de viviendas con tinaco. (INEGI, POBLACION EN HOGARES CENSADOS, 2020) .....	33
Tabla 7. Porcentaje de vivienda con servicios: cisterna o aljibe. (INEGI, POBLACION EN HOGARES CENSADOS, 2020) .....	33
Tabla 8. Estado de la red de alcantarillado de la ciudad de Morelia. Levantado por el Encargado del área de Video Inspección de Alcantarillado, Carlos Antonio Montoya Pimentel y el Jefe de Departamento de Alcantarillado es Ing. José Joaquín Toledo .....	34
Tabla 9. Top 10 de colonias más afectadas en su red de alcantarillado sanitario de Morelia. ....	35
Tabla 10. Evaluación de las fases según Brown, de la ciudad de Morelia.....	38



## **RESUMEN.**

En este trabajo se presenta el estado actual de la infraestructura relacionada con el agua en la ciudad de Morelia, así como su relación con las problemáticas como son; la sequías e inundaciones que atraviesa la ciudad con respecto al cambio climático global y la urbanización en esta.

Representando como en la actualidad existe un desbalance ambiental a nivel mundial que ha logrado a impactar a la ciudad de Morelia, por lo cual cada día nos enfrentamos a mayores problemas con la escasez de agua, como lo es el suministro de agua potable, la disminución del nivel freático de los acuíferos en Morelia, así como las grandes inundaciones y encharcamientos en la ciudad que anteriormente no se presentaban.

Se tiene que en Morelia desde hace aproximadamente tres o cuatro años han existido fuertes inundaciones y encharcamientos dentro de la ciudad, además del problema de suministro de agua potable que ha sido afectado en algunas colonias de la misma, debido al desabasto y que se presenta.

Dichas afectaciones a la población ocurren mayormente en zonas dentro de la periferia, esto con respecto a los datos oficiales recabados por el Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (OOAPAS).

Para ello se toma la iniciativa de guiar a Morelia hacia una ciudad sensible al agua, tomando en cuenta los criterios del Dr. José Arturo Gleason Espíndola en su trabajo "México sensible al agua: Un enfoque innovador para la gestión del agua en las ciudades mexicanas".

**PALABRAS CLAVE:** Inundaciones, Sequia, Colonias, Agua

## **ABSTRACT.**

This document presents the current state of infrastructure related to water in the city of Morelia, as well as its relationship with problems such as; the drought and floods that the city is going through with respect to global climate change and urbanization in it.

Representing how there is currently a worldwide environmental imbalance that has managed to impact the city of Morelia, for which every day we face greater problems with water scarcity, such as the supply of drinking water, the decrease of water table level of the aquifers in Morelia, as well as the great floods and puddles in the city that floods and puddles in the city that previously did not appear.

It has to be that in Morelia for approximately three or four years there have been strong floods and puddles within the city, in addition to the problem of drinking water supply that has been affected in some neighborhoods of the same, due to the drought and that is presented.

These effects on the population occur mostly in areas within the periphery, this with respect to official data collected by the Potable Water, Sewerage and Sanitation Operator Agency (OOAPAS).

To this end, the initiative is taken to guide Morelia towards a water-sensitive city, taking into account the criteria of Dr. José Arturo Gleason Espíndola in his work "Water-sensitive Mexico: An innovative approach to water management in Mexican cities"

**KEY WORDS:** Floods, Drought, Colonies, Water.

## 1.- INTRODUCCIÓN.

En las últimas décadas la mancha urbana de la ciudad de Morelia ha crecido de una forma considerable, esto afecta especialmente a las zonas más bajas de la ciudad ya que en dichas zonas se encuentran gran concentración de construcciones y viviendas, por lo cual no solo se requiere incrementar una mayor demanda de agua potable, sino también debido a la falta de permeabilidad del suelo, impide que el agua que bajaba de las zonas altas de la ciudad recargue los mantos subterráneos, provocando pequeños y grandes encharcamientos e inundaciones en dichas zonas.

Teniendo en cuenta que la recarga de los mantos acuíferos es indispensable para el abastecimiento de agua potable en la ciudad, ya que la mayor cantidad de agua se extrae de los 110 pozos que se encuentran distribuidos en la ciudad de Morelia.

Cabe mencionar que en los últimos años se ha registrado desabasto de agua potable en la ciudad de Morelia, reduciendo así la cantidad de agua en los manantiales y presa, así como en los pozos de la ciudad. Lo cual ha generado problemas e inconformidad en los usuarios los cuales llegan a ser afectados ante la falta de agua hasta 30 días. (OOAPAS, 2020)

Es por ello, la importancia de realizar este trabajo el cual, se tuvo que hacer de una recopilación exhaustiva de información para poder plantear una serie de estrategias y propuestas ante la problemática, así como también la ubicación de dichas propuestas en la ciudad, siguiendo una serie de lineamientos para llevar a Morelia a ser una Ciudad Sensible al Agua. Y así hacer de Morelia una ciudad moderna que brinde mayor calidad de vida a su población y eleve el estatus socioeconómico y ambiental de la ciudad.

## 2.- MARCO TEÓRICO.

### 2.1.- Zona de Estudio.

La ciudad de Morelia es la capital del Estado de Michoacán de Ocampo. El municipio se encuentra ubicado en la zona centro-norte del Estado con coordenadas geográficas 19°42'10" N, 101°11'32" W. Limita al norte con Tarímbaro, Chucándiro y Huaniqueo, al este con Charo y Tzitzio, al sur con Villa Madero y Acuitzio y al oeste con Lagunillas, Coeneo, Tzintzuntzan y Quiroga.

Es una de las ciudades más pobladas del estado, y cuenta con 13 tenencias, entre ellas; Atécuaro, Tiripetío, Capula, Santiago Undameo, Morelos, Atapaneo.



Imagen 1. Ubicación de la zona de estudio. Elaboró P.I.C. Flavia Goretti Camacho Pérez.



Imagen 2. Ubicación de la zona de estudio. Elaboró P.I.C. Flavia Goretti Camacho Pérez.

## 2.2.- Geología.

La ciudad de Morelia se encuentra localizada en una zona donde se presentan rocas volcánicas y sedimentarias. Como rocas extrusivas podemos encontrar; el basalto, la toba, andesita, mientras que el conglomerado como sedimentarias. (Monrroy, Rocha, Alcántara, & Torres, 2001)

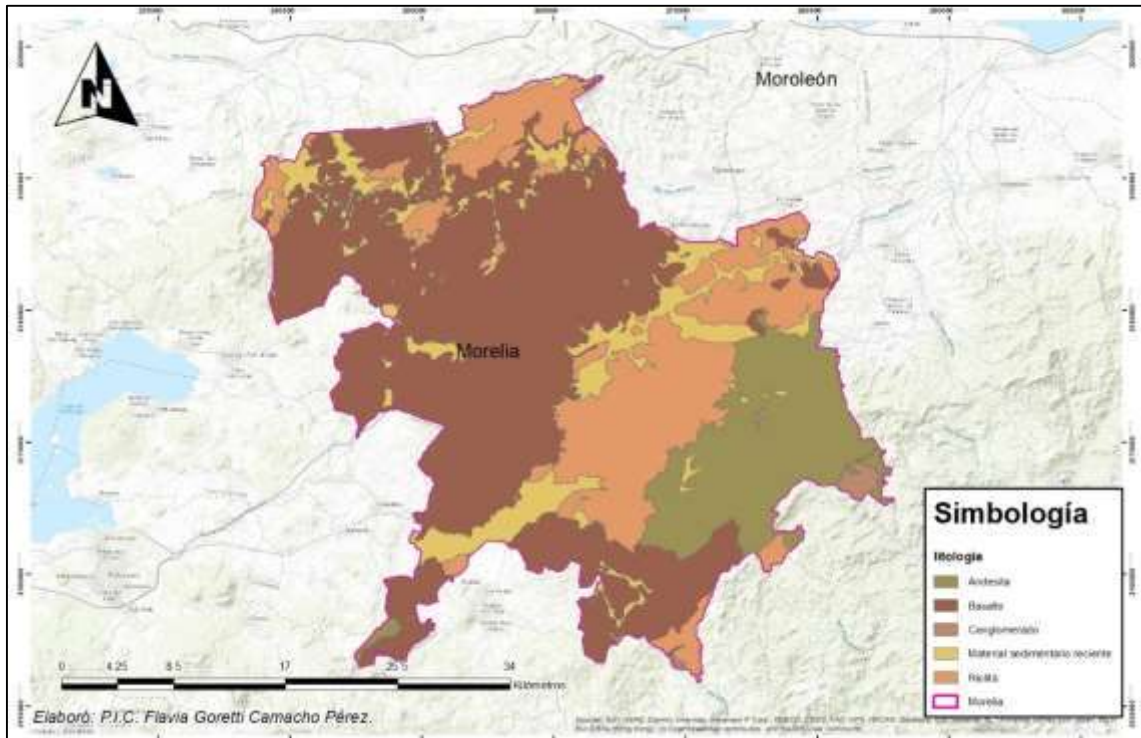


Imagen 3. Geología de la zona de estudio. Elaboró P.I.C. Flavia Goretti Camacho Pérez.

### 2.3.-Edafología.

Las derivaciones de los suelos en el municipio de Morelia son debido a la intensidad volcánica y estratigrafía de la zona. Además, varían de texturas finas (arcillas) a gruesas (arenas). Los tipos de suelo dominantes de la región ordenados de forma descendente son: Luvisol, Vertisol, Acrisol, Litosol, Feozem.

*Luvisol* son suelos con acumulación de arcillas, Vertisol; son aquellos suelos arcillosos secos en temporadas de estiaje que al humedecer son pegajosos. *Acrisol*: aquellos suelos que son amarillos, rojizos predominantes en zonas boscosas templadas. *Litosol*: suelos de piedra, cuentan con profundidad menor a 10 cm hasta roca. *Feozem*: son los suelos más comunes que cuentan con la primera capa oscura.

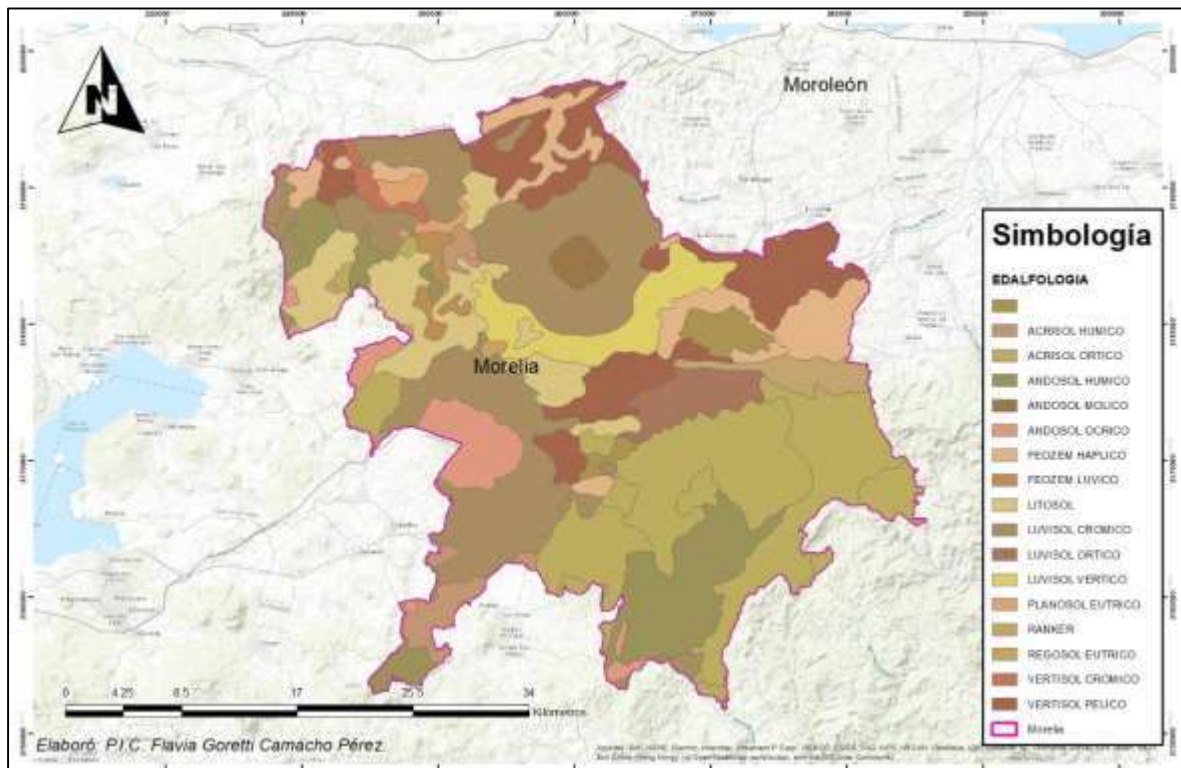


Imagen 4. Edafología de la zona de estudio. Elaboró P.I.C. Flavia Goretti Camacho Pérez.

En el municipio de Morelia sólo se encuentran suelos de textura media, donde el contenido de arena, limos y arcillas está proporcionalmente equilibrado; y suelos de textura fina o arcillosos. El 48% del municipio presenta susceptibilidad alta a la erosión dado por las características generales de los suelos Luvisoles.

#### 2.4.-Uso de suelo y vegetación.

El uso de suelo en el municipio se divide en dos: Agricultura y Zona Urbana. La vegetación, se encuentra distribuida en Bosque, Pastizal y Selva

Las zonas urbanas tienen clima templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media, y están creciendo sobre terrenos previamente ocupados por agricultura, selva caducifolia, pastizales y bosque de encino.

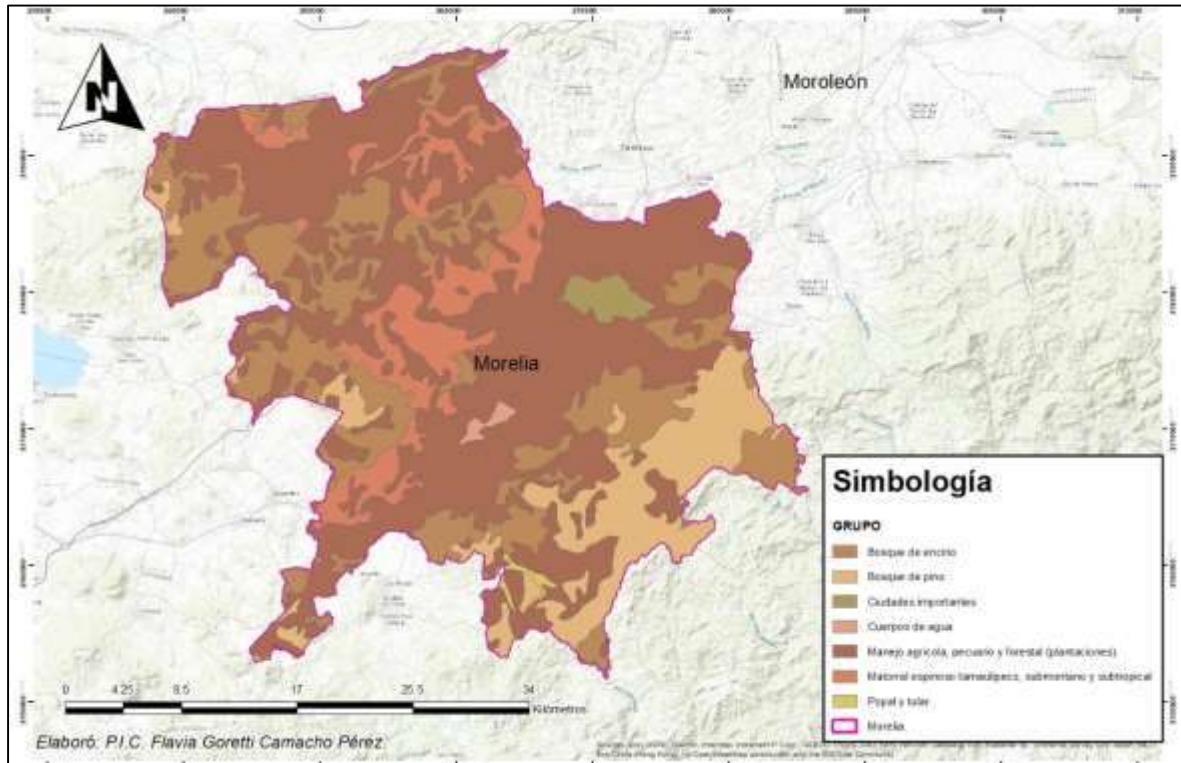


Imagen 5. Uso de Suelos de la zona de estudio. Elaboró P.I.C. Flavia Goretti Camacho Pérez.



## 2.5 Climatología y precipitación.

El rango de temperaturas que se tiene en la ciudad de Morelia va desde los 12°C hasta los 25°C, mientras que el clima de la ciudad de Morelia es el Templado subhúmedo con lluvias en verano.

La temporada de lluvias en el municipio de Morelia son los meses de mayo-julio, ya que se presentan fuertes y largas precipitaciones durante verano. Las precipitaciones registradas están en el rango de 600 a 1500 mm.

## 2.6.- Hidrografía.

De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua y la división por regiones para la administración del agua, el 93% de la superficie del municipio de Morelia se ubica dentro de la Región Hidrológica 12 y en menor proporción (7%) a la Región Hidrológica 18.

El municipio cuenta con corrientes de agua perennes como el Río Grande de Morelia, Tupátaro, El Tejocote y los Sauces; además de corrientes intermitentes como el Río Chiquito, Santa Inés, Los Huiramos, El Tecolote, Los Pirules, San José, El Guayabito, Loma Larga, La Higuera, Jaripeo, La Joya, La Tinaja y San Andrés.

También cuenta con cuerpos de agua perennes como; El Padre, Amado, L. Loma Caliente, Cointzio, El Bañito, La Mintzita, Los Venares y Umécuaro; e intermitentes como Llano de Rosas. (IMPLAN, IMPLAN, 2020)

**Tabla 1. Ubicación del municipio de Morelia en función de sus aguas superficiales. (IMPLAN, 2020)**

REGIÓN HIDROLÓGICA	CUENCA	SUBCUENCA	SUPERFICIE		
			ha	%	
12	LERMA-SANTIAGO	Lago de Pátzcuaro-Cuitzeo y Laguna de Yuriria.	106,467.37	89.1	
		Río Lerma-Chapala	Río Angulo	4,660.19	3.9
18	RÍO BALSAS	Río Tacámbaro	Río Carácuaro	3,345.78	2.8
		Río Cutzamala	Río Purungueo	5,018.66	4.2
<b>TOTAL</b>			<b>119,492.00</b>	<b>100</b>	

### 2.6.1.- Red Hidrográfica de la ciudad de Morelia.

Dentro de la zona urbana de la ciudad de Morelia fluye el Río Grande y el Río Chiquito. El Río Grande es el principal afluente que pasa por la ciudad, se localiza en la parte norte del estado, entre las coordenadas 19°37'45" y 19°56'20" de latitud norte y entre la 100°58'55" y 101°15'37" de longitud oeste. Tiene su origen en la presa de Coitzio, la cual está ubicada al Noreste de la ciudad, cuenta con una longitud de 61.18km aproximadamente, moviéndose hacia el noreste hasta llegar al Lago de Cuitzeo. Mientras que el Río Chiquito, el cual se encuentra al Sur de la ciudad de Morelia, es un sistema acuático de suma importancia para la ciudad de Morelia, capital del estado de Michoacán, ya que de acuerdo al plan de manejo propuesto por el Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales (INIRENA) y la Facultad de Biología UMSNH (2006), este sistema aporta el 30% del abastecimiento de agua superficial a la ciudad, además de contener flora y fauna más o menos conservada, como ejemplo, el 25% de la avifauna registrada en el estado de Michoacán habita en esa zona. De igual forma la sección llamada Loma de Santa María y depresiones aledañas, que se encuentran dentro de la microcuenca del Río Chiquito, es denominada como zona de restauración y protección ambiental (Piñón, Pérez, Torres, & Pineda, 2014)

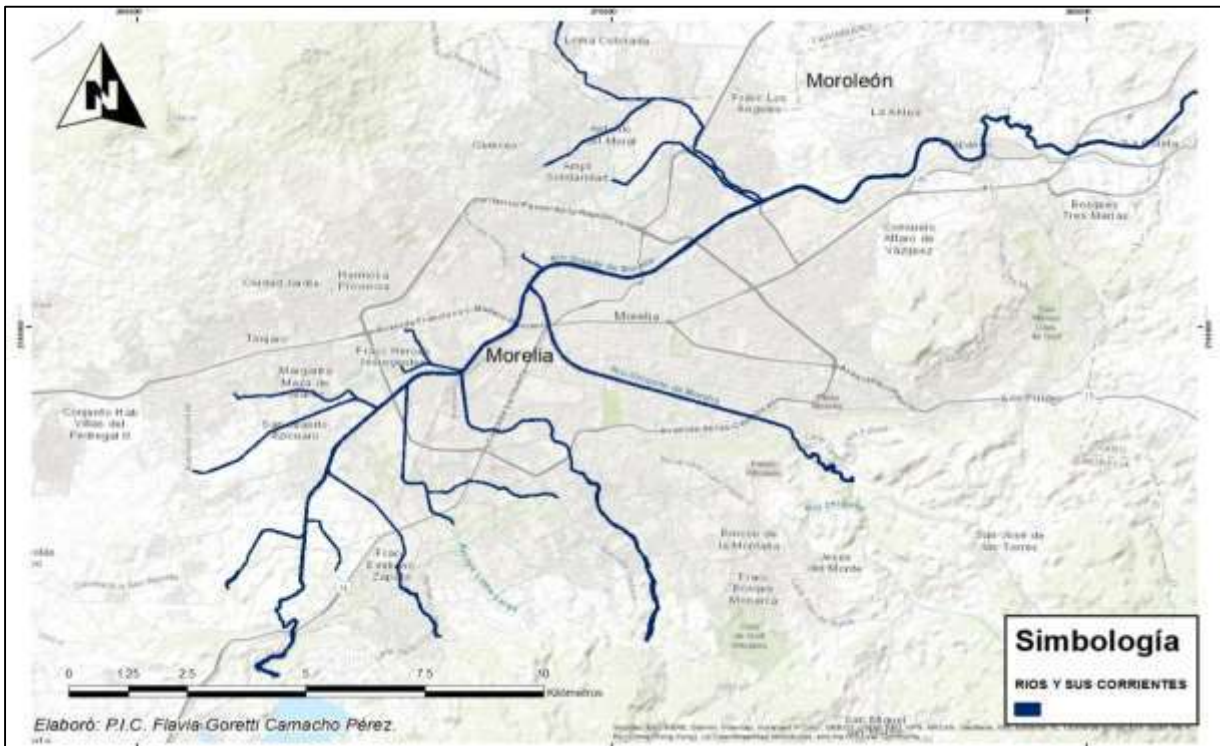


Imagen 6. Red Hidrográfica de la ciudad de Morelia. Elaboró P.I.C. Flavia Goretti Camacho Pérez.

**Tabla 2. Tramos y longitud de los cauces según el estudio para el control de avenidas en el sistema Rio Grande-Rio Chiquito de la presa de Cointzio a su desembocadura al lago de Cuitzeo. (Ferreyra, 2020)**

<b>Nombre del Dren</b>	<b>Longitud (km)</b>
Río Grande	61.18
Alberca	2.4
Calabocito	1.54
Calabozo	4.61
Itzicuario	4.4
Parian	2.92
Barajas	4.16
Arroyo Blanco	3.04
Arroyo de Tierras	9.19
Mora Tovar	2.56
Chiquito	9.16
Carlos Salazar	0.56
La Soledad	4.04
Quinceo	6.56
Erandeni	3.52
Los Pirules	0.35
La Goleta	12.76
El Rile	12.4
La Lobera-Vado Blanco	4.16
El Caguaro	7

## 2.7.- Ciudad Sensible al Agua.

Las ciudades sensibles al agua también son llamadas ciudades del futuro, propuesta por la Asociación Internacional del Agua (IWA por sus siglas en inglés). Una ciudad del futuro es aquella que implementa en ella obras y estrategias para brindar una mejor calidad de vida a la población. (Espíndola, 2020)

Una ciudad sensible al agua, es aquella ciudad que no depende solamente de las condiciones climáticas para controlar el desabasto de agua potable en la ciudad, sino que también incluye mejoras en la administración del agua en entorno urbano de una manera sostenible, adoptando el reciclaje de agua, invirtiendo o adecuando infraestructura en la ciudad.

Para lograr una Morelia sensible al agua se debe de seguir las seis fases según Brown (Brown, 2009):

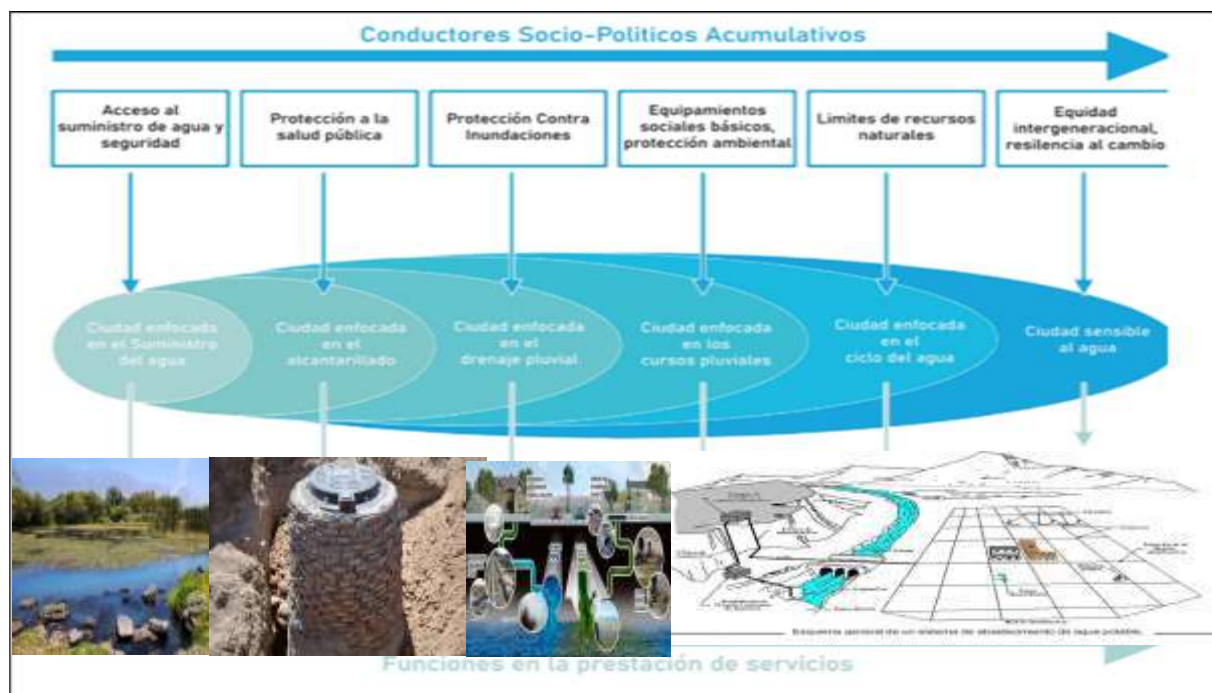


Imagen 7. Etapas hacia una Ciudad Sensible al Agua. (Brown, 2009)

### 2.7.1.-FASE I. Ciudad Enfocada en el Suministro del Agua.

La urbanización es un fenómeno que se presenta alrededor del mundo, por ello es importante plantear estrategias de manejo y control del agua de acuerdo a la región que se presente. Con el fin de lograr una ciudad con agua suficiente en sus sectores. Es por ello que deben analizarse las condiciones actuales de las fuentes de abastecimiento de la ciudad, así como su red de distribución con el fin de identificar el estado en el que se encuentran para poder plantear estrategias en las zonas que llegan a carecer del servicio de agua potable en la ciudad de Morelia.

### **2.7.2.-FASE II. Ciudad Enfocada en el Alcantarillado.**

Para una ciudad en desarrollo es importante conocer el estado actual de la red de drenaje sanitario con el que cuenta, ya que se pueden identificar las zonas más propensas a encharcamientos e inundaciones en temporadas de lluvias, lo cual proporciona información necesaria para reparación y mantenimiento de las líneas de alcantarillado y, o crear infraestructura adecuada de acuerdo a las características de la zona.

Debido a la incapacidad de desalojo de drenajes que presentan las ciudades, por distintos factores constructivos, es importante tener en buena condición la red de alcantarillado sanitario para no solo evitar inundaciones en temporadas de lluvias, sino también evitar la contaminación de los depósitos subterráneos por fugas de la red de drenaje sanitario.

### **2.7.3.- FASE III. Ciudad Enfocada en el Drenaje Pluvial.**

Es relevante que la población en general tome la importancia de aprovechar y almacenar el agua pluvial que cae en sus viviendas en temporadas de lluvias, porque si bien el agua evacuada de los techos de las viviendas da a parar a la red de alcantarillado pluvial y está a su vez a los colectores y drenes de la ciudad, estos comúnmente se trasladan de forma directa a la red de drenaje sanitario, mientras que lo ideal sería trasladarse directamente a depósitos para las plantas de tratamiento de la ciudad y no mezclarse con el drenaje sanitario como ocurre realmente, así reduciría costos en materia química y eléctrica a futuro en las plantas de tratamiento .

### **2.7.4.-FASE IV. Ciudad Enfocada en los Cursos Pluviales.**

Son una serie de acciones para el cuidado y aprovechamiento del agua en general, como programas de concientización sobre la importancia y cuidado del agua potable desde la población menor a la adulta, actividades de integración para el cuidado de manantiales y presas abastecedoras de agua potable en la ciudad, equipamiento de sistemas de captación de agua pluvial para viviendas en zonas afectadas y de bajos recursos, pequeñas y no tan pequeñas obras, y mantenimiento de infraestructura para aprovechamiento del agua residuales.

Dichos programas de concientización se llevarían a cabo en forma de pláticas al sector de educación básica en la ciudad y a constructores.

### **2.7.5.- FASE V. Ciudad Enfocada en el Ciclo del Agua.**

La ciudad no solo da a conocer el funcionamiento del ciclo del agua dentro de la misma ciudad, también ya cuenta con la infraestructura correcta para que la población pueda aprovechar la mayor con una segunda vida el agua, previamente utilizando como el tratamiento de aguas residuales, su proceso y aprovechamiento dentro de la urbanización.

### 2.7.6.- FASE VI. Ciudad Sensible al Agua.

La ciudad cuenta con la infraestructura necesaria y equipamiento en las viviendas necesarias, plazas y centros comerciales, calles, entre otras necesitadas para cuidado y aprovechamiento del agua, por lo cual tiene el grado de ser una ciudad de primer nivel.

Tabla 3. Metas para una ciudad sensible al agua. (Brown, Keath, & Wong, 2009)

SIETE METAS PARA UNA CIUDAD SENSIBLE AL AGUA.						
1	2	3	4	5	6	7
Asegurar una buena gobernanza sensible al agua.	Incrementar el capital comunitario.	Alcanzar equidad en los servicios esenciales.	Mejorar la productividad y eficiencia de los recursos.	Mejorar la salud ambiental y ecológica.	Asegurar la calidad del espacio público.	Promover la infraestructura adaptativa.

### 3.- ANTECEDENTES.

La ciudad de Morelia enfrenta tres años consecutivos de desabasto de agua potable, afectando las fuentes superficiales como el manantial de la Mintzita, la presa de Coitzio y los pozos subterráneos.

Debido al crecimiento desmedido de la ciudad se presentan serios problemas como lo son la falta de agua potable en las viviendas e inundaciones severas en temporadas de lluvias.

Como sucedió el 23 de octubre del 2018 al paso del huracán Willa y la tormenta tropical Vicente en la ciudad de Morelia, donde 24 colonias de la ciudad se vieron gravemente afectadas por inundación tras las fuertes lluvias. En el cual se activó el protocolo de emergencias donde participaron distintas dependencias de la ciudad como lo son; Coordinación de Protección Civil de Morelia, el Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Morelia, la Secretaría de Servicios Públicos, DIF Municipal, la Dirección de Enlace Ciudadano y la Policía Municipal. (Marca Claro, 2018)

Algunas de las colonias que fueron afectadas son:

- Camelinas
- Ventura Puente
- Boulevard García de León
- Chapultepec Oriente
- Primo Tapia Poniente
- Manantiales de Morelia
- Calzada Juárez
- Calzada la Huerta
- Torreón Nuevo
- Carlos Salazar
- Prados Verdes
- Granjas de la Huerta

Mientras que el 27 de julio del presente año la ciudad de Morelia fue afectada por las fuertes lluvias, lo cual provoco estragos a la población en general como automovilistas varados, caída de árboles e inundaciones en diferentes colonias de la ciudad, mismas que fueron afectas años atrás con la tormenta Vicente. (Estrada, EL FINANCIERO, 2022)

En este caso también participaron elementos de la Guardia Civil de la Secretaría de Seguridad Pública (SSP), para auxiliar a las personas que se quedaron varadas en sus automóviles.

A su vez se considera que existen asentamientos que se situaron sobre los límites naturales del Río Grande y Río Chiquito, siendo estas depresiones naturales las cuales comúnmente servían como zonas de captación de agua, y ahora son estas zonas las que especialmente se presentan afectaciones por inundaciones en temporadas de lluvias.

Entendiendo los desafíos del sector del agua y el cambio climático, el Centro de Investigación Cooperativa para Ciudades Sensibles al Agua en Australia (CRCWSC), desarrolló un marco para los problemas de adaptación del agua a nivel de ciudad. Crearon el concepto de “agua ciudades sensibles” (CSW) con la idea de que hoy en día la mayor parte de la población vive en áreas urbanas y es necesario transitar hacia una gestión sostenible del agua en la ciudad.

Con lo cual buscan promover e implantar en la población la importancia de tomar en cuenta el cuidado y aprovechamiento del agua en una ciudad urbana.

Morelia se declara como “Ciudad Sensible al Agua” el 06 de noviembre del 2019, con la firma de un convenio entre el Organismo Operador de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento de Morelia (OOAPAS) y la Asociación Mexicana de Sistemas de Captación de Agua de Lluvia A.C. (AMSCALL).

#### **4.- JUSTIFICACIÓN.**

La ciudad de Morelia a lo largo de las últimas décadas ha presentado una serie de problemáticas en torno a la relación del agua potable e inundaciones, afectando a la población de forma directa. Tomando en cuenta que son consecuencias del cambio climático y el crecimiento desmedido de la población, se debe de contar con diversos factores para lograr buscar las soluciones que mejor se adapten a las zonas afectadas.

Con el fin de satisfacer las necesidades básicas de la ciudad de Morelia se pretende realizar un análisis en cual indique las fuentes de agua y la condición en la que se encuentran, así mismo detectar si existe una mala gestión y sus causas posibles.



## **5.- HIPÓTESIS.**

Si se analiza la problemática de la ciudad de Morelia en las zonas que presentan inundaciones y desabasto de agua potable, se podrán postular una serie de recomendaciones que lograrían coadyuvar en el abasto de agua potable, la disminución de encharcamientos e inundaciones, así como contribuir en el desarrollo urbano sensible al agua en la ciudad.

## **6.- OBJETIVO.**

Objetivo General:

Analizar a fondo la problemática que atraviesa la ciudad de Morelia con relación a las inundaciones y desabasto de agua potable, así como elaborar una serie de recomendaciones de coadyuven en el abasto de agua potable, la disminución de inundaciones, la recuperación de acuíferos, contribuyendo en el desarrollo sensible al agua en la ciudad. Lo cual ayuda a brindar una mejor plusvalía en la ciudad.

Objetivos Específicos:

- Identificar las colonias más afectadas ante la escasez de agua potable.
- Identificar las colonias más afectadas ante inundaciones y encharcamientos.
- Determinar la fase según Brown en la que se encuentra actualmente la ciudad de Morelia.
- Proponer una serie de alternativas aprovechando la infraestructura actual para mitigar las inundaciones en las zonas vulnerables.
- De acuerdo a la información obtenida enfocar a las autoridades correspondientes para trabajar en continuidad de la agenda 2030.
- 

## **7.- METODOLOGIA.**

Tomando en cuenta lo que abarca desarrollar e implantar las etapas hacia una ciudad sensible al agua, es necesario analizar la etapa en la que se encuentra actualmente la ciudad de Morelia, así de acuerdo a los resultados obtenidos, encabezar una serie de acciones y recomendaciones necesarias a seguir para lograr una ciudad de Morelia sensible al agua.

## **7.1.- Agua Potable.**

### **7.1.2.- Problemática de Morelia, identificación de causas de inundaciones y escasez de agua.**

El rápido crecimiento de la población, combinado con la industrialización, urbanización, intensificación de la agricultura y la demanda creciente de agua en nuestro estilo de vida, ha dado como resultado una crisis global que afecta a la población en general, por lo cual presentamos problemas de escasez de agua potable.

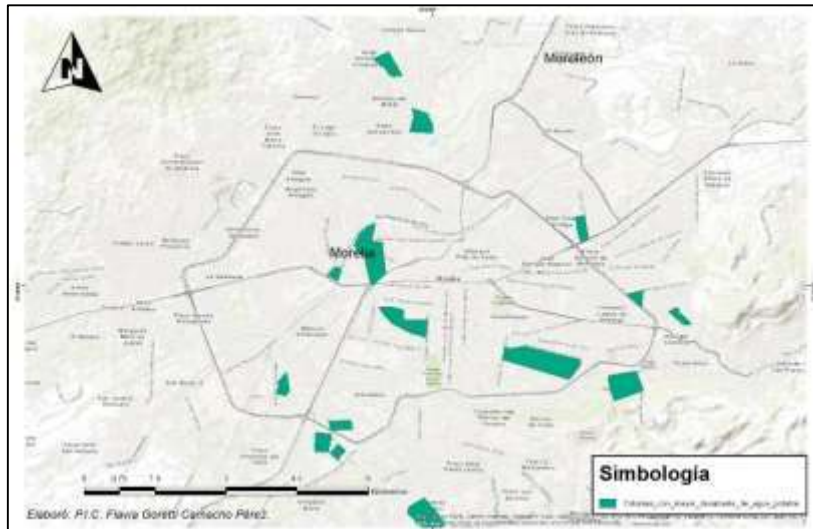
La ciudad de Morelia es afectada por la sequía a nivel mundial, esto tiene consecuencias en sus fuentes de abastecimiento tanto superficiales como subterráneas, por ello enfrenta una gran problemática en torno a la escasez de agua.

### **7.1.3.- Identificación de escasez de agua en la ciudad.**

En la ciudad de Morelia se localizan zonas con mayor desabasto de agua en la ciudad, que por lo regular se localizan al Norte de la ciudad, las cuales son abastecidas mediante tandeos. Es decir, cierta cantidad de agua en cierto tiempo. Al mismo tiempo algunas son las mismas zonas afectadas por inundaciones en temporada de lluvias. Por ello el agua de las inundaciones es desperdiciada ante la falta de infraestructura de captación de agua de lluvia, y al incluirlas se atacarían ambos problemas.

Algunas de las colonias que regularmente presentan desabasto de agua potable son (Alfaro, QUADRATIN, 2022):

- Ampliación Torreón Nuevo.
- Centenario.
- Ejidal Isaac Arriaga.
- Gertrudis Sánchez.
- Lomas de San Juan.
- Primo Tapia Oriente.
- Villas del Pedregal.
- La Huerta.
- Rinconada de Morelia
- Clara Córdoba.

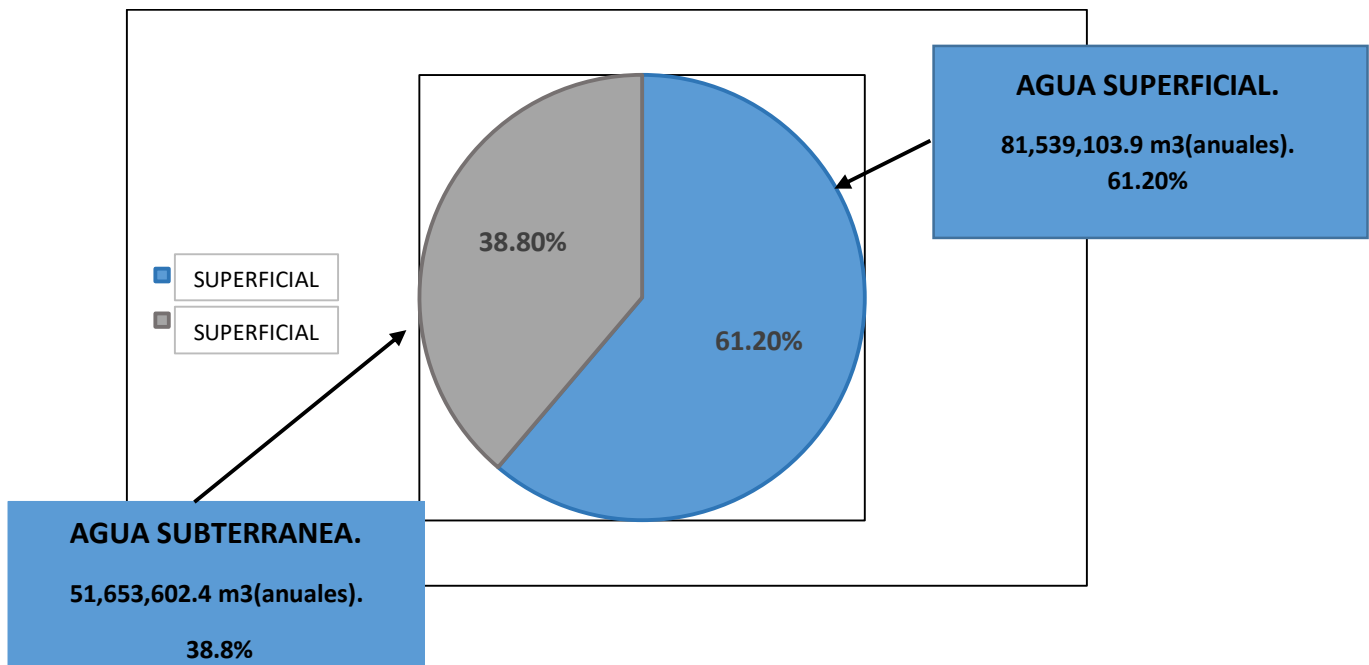


**Imagen 8. Mapa colonias que presentan desabasto de agua potable en Morelia. Elaboró P.I.C. Flavia Goretti Camacho Pérez.**

#### **7.1.4.- Estado actual del agua en la Ciudad de Morelia.**

De acuerdo con la información proporcionada por OOAPAS en el año 2017, se tiene reportado que el consumo de agua en la ciudad de Morelia proviene principalmente de fuentes superficiales y en segundo lugar subterráneas.

**Gráfico 1. Extracción de m3 de agua potable en la ciudad de Morelia.**



### 7.1.5.- Principales fuentes de abastecimiento superficial.

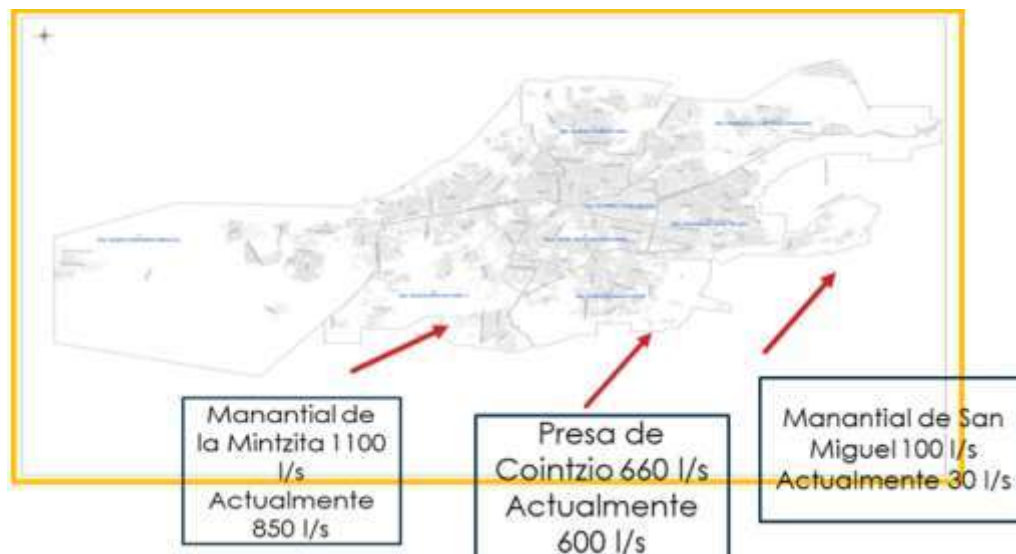


Imagen 9. Mapa colonias con mayor riesgo de inundación. Elaboró: Ing. Iván González Arreguín, 2020.

Gráficos 2,3 y 4. Extracción de m<sup>3</sup> de agua potable de fuentes superficiales en la ciudad de Morelia.



Como se muestra en las Gráficas 2,3 y 4, actualmente se ha disminuido la cantidad de agua potable de las fuentes superficiales a comparación de años anteriores, de la ciudad de Morelia, específicamente en el manantial de San Miguel, ya que se encuentra en un nivel crítico de acuerdo a los datos proporcionados.

### 7.1.6.- Principales fuentes de abastecimiento subterráneas.

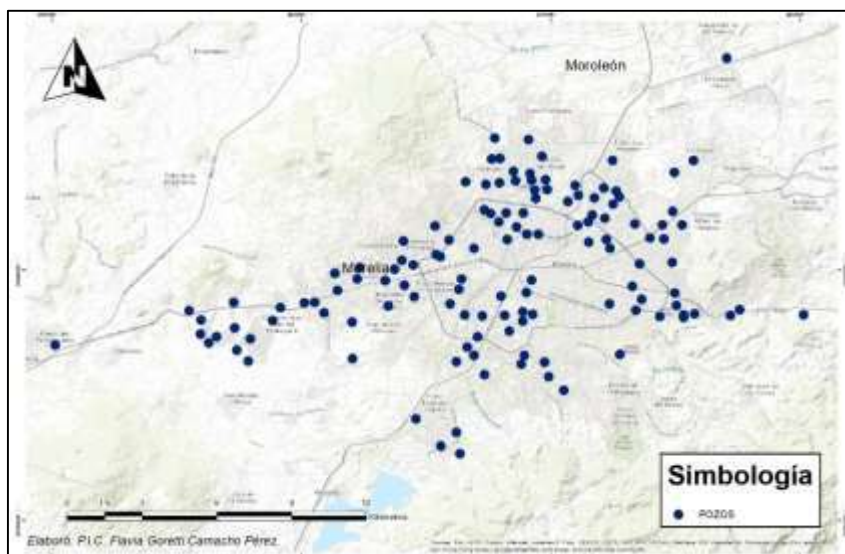


Imagen 10. Mapa Pozos de la ciudad de Morelia. Elaboró: P.I.C. Flavia Goretti Camacho Pérez. (OOAPAS, Pozos, 2022)

La ciudad de Morelia cuenta con 110 pozos funcionales en toda la ciudad, de los cuales todos proporcionan un caudal distinto de acuerdo a la zona y otras características.

### 7.1.7.- Gestión del agua en la ciudad de Morelia.

El agua es indispensable en el desarrollo de las ciudades, pero se torna difícil a mantener la misma cantidad debido al acelerado expansión y crecimiento poblacional, así como su distribución y calidad, los cuales suelen ser utilizados por actores con poder socio-político que debilitan el ciclo hidro-social.

La ciudad de Morelia, la cual históricamente, y a pesar de contar con fuentes de agua que cubren la demanda, presenta problemáticas de acceso al agua de índole social, económico y político; contaminación, acceso diferenciado, transitoriedad del servicio, manipulación, deficiente infraestructura, intereses dominantes y fuerzas de poder sobre el agua.

Los problemas trascendieron a diferentes sectores de la ciudad, siendo la zona norte una de las más afectadas en la ciudad ante la escasez de agua potable.

Existen plantas tratadoras de agua potable en la ciudad de Morelia, siendo cuatro de ellas las más grandes y que cubren la mayoría de la demanda;

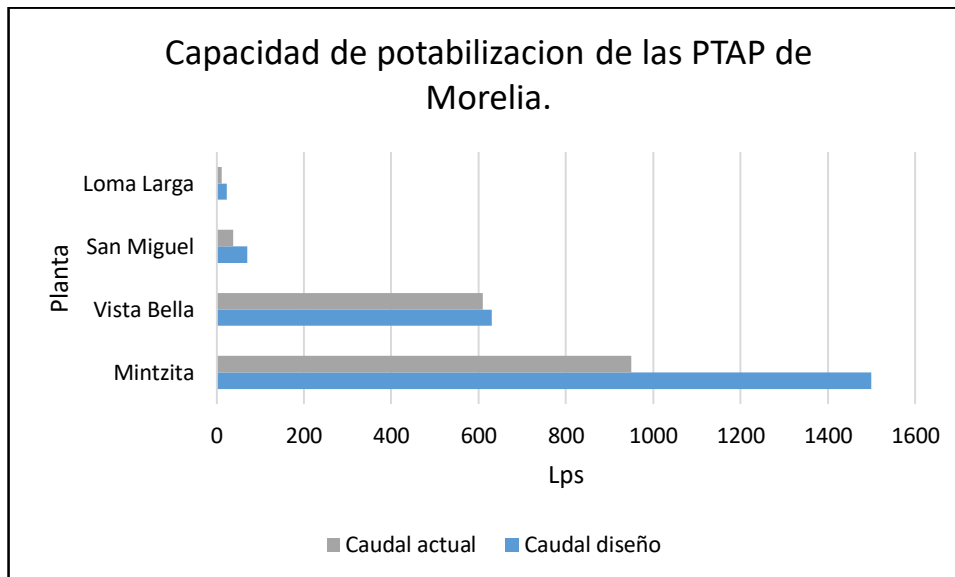
- Planta tratadora Mintzita.
- Planta tratadora Vista Bella.
- Planta tratadora San Miguel.
- Planta tratadora Loma Larga.

De las cuales, las plantas de San Miguel y Loma Larga mantienen su nivel actual a la mitad del diseñado.

**Tabla 4. Capacidad de Potabilización de las PTAP de Morelia. (Ung, 2021)**

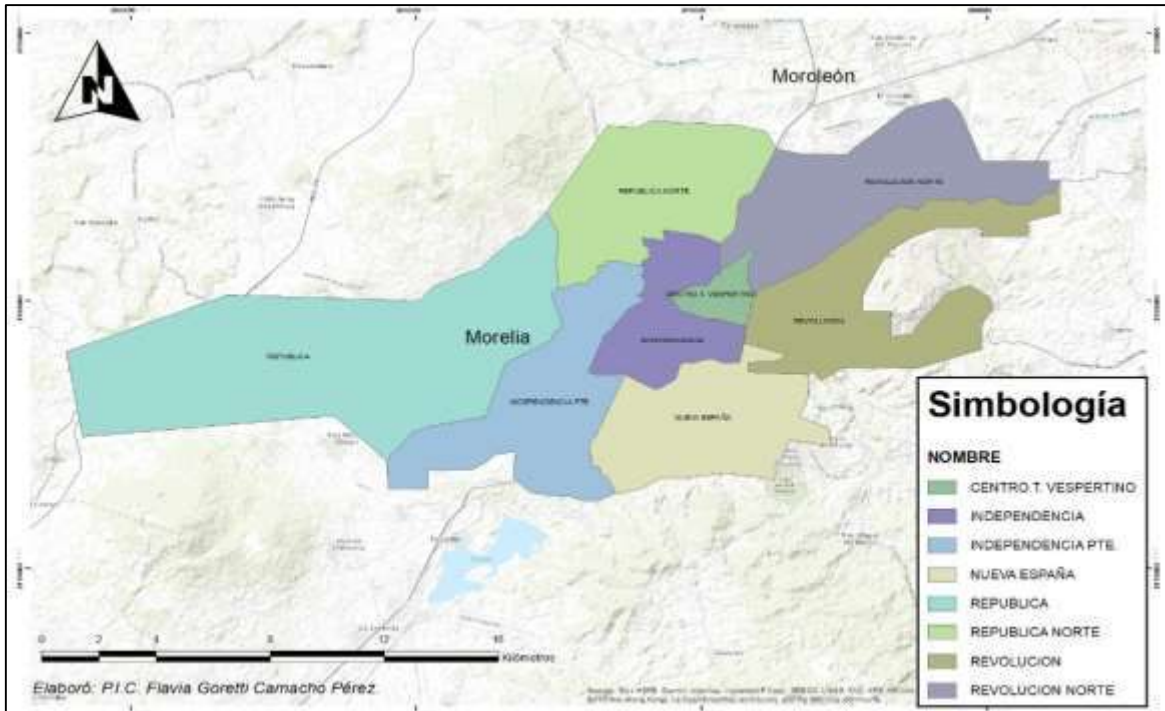
CAPACIDAD DE POTABILIZACIÓN DE LAS PTAP DE MORELIA.				
SITIO	CAUDAL DE DISEÑO		CAUDAL ACTUAL.	
<b>Mintzita</b>	1500	lps	950	lps
<b>Vista Bella</b>	630	lps	610	lps
<b>San Miguel</b>	70	lps	38	lps
<b>Loma Larga</b>	24	lps	12	lps

**Gráfico 5. Capacidad de potabilización de las Plantas Tratadoras de Agua Potable de Morelia.**



#### **7.1.8.- Red de distribución de agua potable de la ciudad de Morelia.**

La distribución de agua potable de ciudad de Morelia se encuentra dividida en ocho sectores, los cuales son atendidos cada uno por su “Jefe de sector”, quien es el encargado de atender y reportar las necesidades de su sector correspondiente en cuestión de agua potable.



**Imagen 11. Mapa sectores de la ciudad de Morelia. Elaboró: P.I.C. Flavia Goretti Camacho Pérez. (OOAPAS, Sectores, 2022)**

La red de distribución de agua potable de la ciudad de Morelia está compuesta por tramos de distintos diámetros de tubería, estos van de acuerdo a las características que se presentan en los ocho sectores, en la siguiente tabla se muestran los metros lineales totales que se encuentran contabilizados en los ocho sectores de la ciudad.

Cabe resaltar que no todas son redes son cerradas, y que cuentan además con sus cajas de válvulas y medidores de flujo en determinados puntos de conexión que permiten tener datos paramétricos.

**Tabla 5. Diámetros utilizados en la Red de Agua Potable de Morelia. (Cazarez, 2022)**

<b>DIAMETROS UTILIZADOS EN LA RED DE AGUA POTABLE.</b>	<b>METROS TOTALES</b>	<b>TOTAL(M)</b>
> de 2"	6,459.75	<b>2,080,691.90</b>
2"	281,305.02	
2 1/2"	443,778.77	
3"	644,668.96	
4"	336,168.87	
6"	187,642.30	
8"	77,632.48	
10"	19,724.35	
12"	17,517.43	
14"	11,286.91	
16"	32,714.05	
18"	4,293.16	
20"	2,810.40	
24"	9,584.64	
30"	24.25	
60"	5,080.56	

El agua que se distribuye en las redes de agua potable de la ciudad, proviene de todo un proceso:

- Captación.
- Rebombéo.
- Conducción.
- Tanque de regulación
- Red de distribución
- Tomas domiciliarias.

La ciudad cuenta en distintos puntos con tanques de almacenamiento y/o regulación de agua potable, son indispensables para proporcionar el agua potable de mejor manera en ciertas colonias.



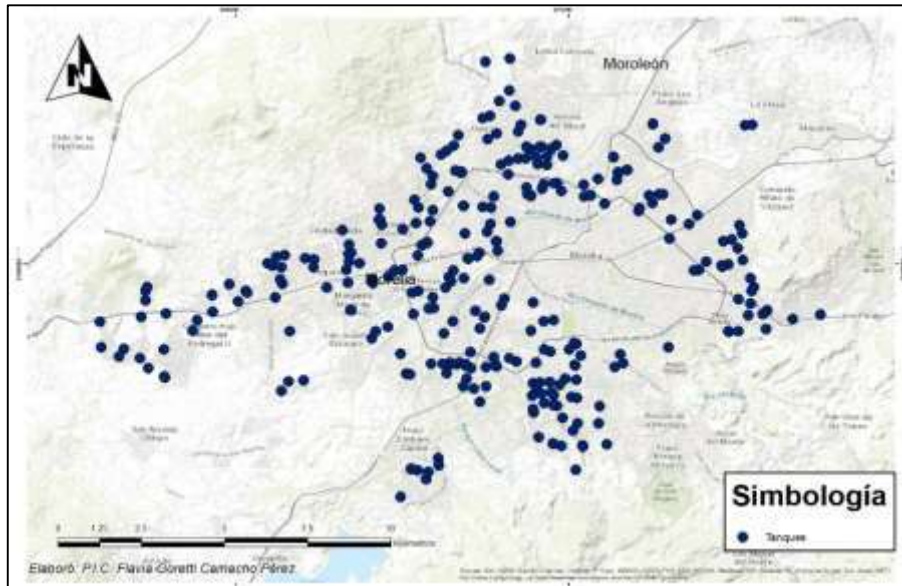
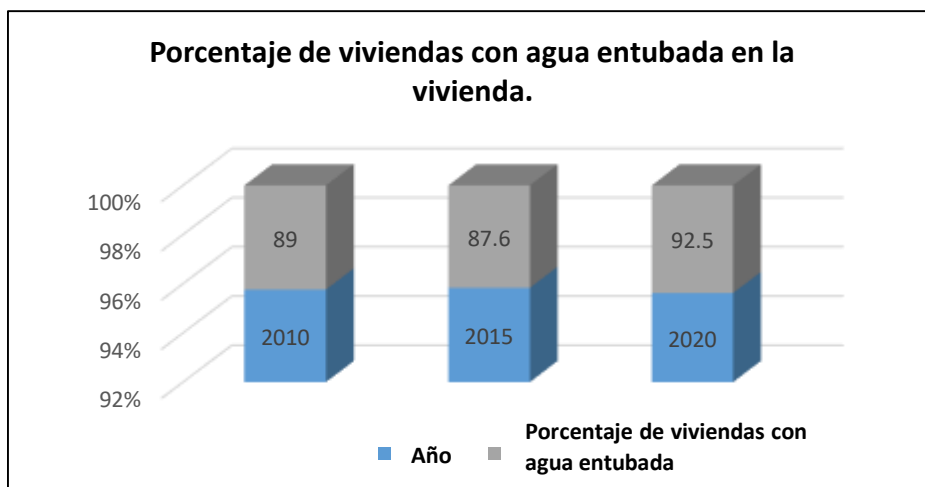


Imagen 12. Mapa Tanques Elevados en la ciudad de Morelia. Elaboró: P.I.C. Flavia Goretti Camacho Pérez. (OOAPAS, Tanques elevados)

#### 7.1.8.1.- Porcentaje de viviendas con agua entubada en la vivienda.

Gráfico 6. Porcentaje de viviendas con agua entubada en la vivienda. (INEGI, POBLACION EN HOGARES CENSADOS, 2020)



### 7.1.8.2.- Porcentaje de viviendas con tinaco.

Tabla 6. Porcentaje de viviendas con tinaco. (INEGI, POBLACION EN HOGARES CENSADOS, 2020)

AÑO	%
2020	90.6

### 7.1.8.3.- Porcentaje de vivienda con servicios: cisterna o aljibe.

Tabla 7. Porcentaje de vivienda con servicios: cisterna o aljibe. (INEGI, POBLACION EN HOGARES CENSADOS, 2020)

AÑO	%
2020	48.4

## 7.2.- Alcantarillado sanitario de la ciudad de Morelia.

De acuerdo al ARTICULO 7º de la LEY DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO DEL ESTADO DE MICHOACAN.- “Los Ayuntamientos Municipales del Estado tendrán a su cargo que prestar el servicio de agua potable, alcantarillado y saneamiento, en sus ámbitos territoriales a través de los organismos operadores municipales, de los organismos que se constituyan en virtud de la coordinación y asociación de dos o más ayuntamientos municipales, o con el Gobierno del Estado, para que los preste a través de organismos operadores, o por concesionarios”. (OCAMPO, 2002)

En la ciudad de Morelia la red de alcantarillado ha sido modificada de acuerdo al crecimiento de la ciudad, generalmente se utilizan diámetros de los tubos de 10” y 12”.



Imagen 13. Reparación de tubería de Alcantarillado.

## 7.2.1.- Estado de la Red de Alcantarillado Sanitario de la ciudad.

Los datos del estado actual de la red de alcantarillado sanitario de la ciudad de Morelia se encuentran ubicados por colonia, ya que es de una forma más eficiente el identificar los tramos más afectados de esta manera.

**Tabla 8. Estado de la red de alcantarillado de la ciudad de Morelia. Levantado por el Encargado del área de Video Inspección de Alcantarillado, Carlos Antonio Montoya Pimentel y el Jefe de Departamento de Alcantarillado es Ing. José Joaquín Toledo Álvarez.**

INC	CLAVE	COLONIA	POZOS DE VISTA	MATERIAL DE TUBERIA	POT % DE DEP. TOTAL	TUBERIA (M)
2005	2	SAN LORENZO (ITZICUARO) (EL POTRECO)	35	AMBOS	58.2%	1,556.84
2000	3	FERNANDEZ DARCOS LOS LAURELES	30	CONCRETO	105.0%	2,083.05
2000	4	IGNACIO LOPEZ RAMON AMPL	9	CONCRETO	105.0%	480.00
1998	5	VILLAS DEL REAL (POMENTE)	3	CONCRETO	105.0%	257.45
1996	6	ALBERTO OVIEDO MOTA	38	CONCRETO	125.0%	1,154.31
1998	7	VILLAS DEL REAL	365	CONCRETO	105.0%	8,878.82
1998	8	VILLAS DE VILLADOLO	5	CONCRETO	125.0%	389.43
1998	9	VILLAS DE PATANA	11	AMBOS	81.8%	817.00
1996	10	ANGEL SEVA GONZALEZ	127	CONCRETO	125.0%	7,558.93
1998	11	NIÑOS HEROES HACIENDA LA TRINI	18	CONCRETO	105.0%	996.16
1998	12	POBLADO GERRALDIZ SANCHEZ	33	CONCRETO	105.0%	1,090.42
1998	13	RANCHO DEL PUNHUATO	33	CONCRETO	105.0%	1,814.80
2009	14	VICENTE LOMBARDO TOLEDANO JETNAS DE MEXIC	487	AMBOS	41.6%	31,878.85
1990	15	BOCANIGRA	76	CONCRETO	105.0%	5,114.52
1998	17	VIRREYES	9	CONCRETO	105.0%	1,179.88
1990	18	BUENA VISTA I	43	CONCRETO	105.0%	1,367.68
1990	19	VIRREY ANTONIO DE MENDOZA	14	CONCRETO	105.0%	1,387.83
1990	20	CUAUHTEMOC	278	CONCRETO	105.0%	11,337.67
2000	21	SAN ISIDRO ITZICUARO	279	CONCRETO	105.0%	18,948.48
2000	22	SOLIDARIDAD AMPL	37	CONCRETO	105.0%	2,279.50
1998	23	SAN JUANITO ITZICUARO	96	CONCRETO	105.0%	6,235.72
2000	24	JOSÉ MARÍA PÉREZ SUÁREZ	108	CONCRETO	105.0%	6,732.62
1990	25	CENTRO	197	CONCRETO	105.0%	12,884.01
2001	26	EMILIANO ZAPATA DEL SUR	107	CONCRETO	100.0%	6,408.63
1997	27	CONJUNTO HABITAC. CAMERUNAS	24	CONCRETO	120.0%	754.18
1992	28	EL HAC. DE S. DE LA HU	8	PVC	87.9%	416.88
1999	29	LOMAS DE LA JONA	28	CONCRETO	100.0%	1,042.88

Debido a la cantidad de datos, se realizó un listado a continuación sobre el top 10 de colonias más afectadas en su red de alcantarillado sanitario:

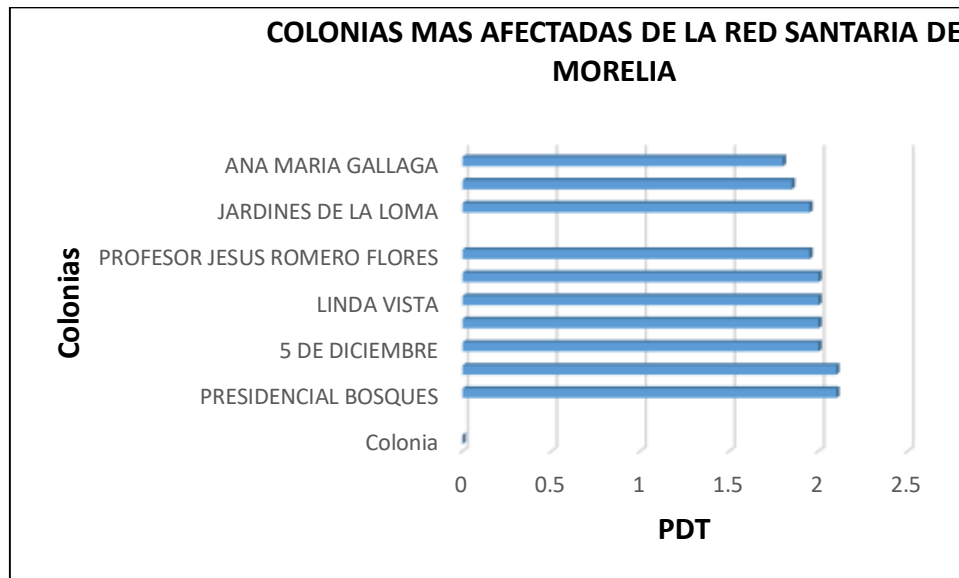
- ✓ Presidencial bosque.
- ✓ 18 de mayo.
- ✓ 5 de diciembre.
- ✓ Jardines de Guadalupe.
- ✓ Linda vista.
- ✓ Lomas del Punhuato.
- ✓ Profesor Jesús Romero Flores.
- ✓ Jardines de la loma.
- ✓ Josefa Ortiz de Domínguez.
- ✓ Ana María Gallaga.

**Tabla 9. Top 10 de colonias más afectadas en su red de alcantarillado sanitario de Morelia.**

Colonia	Porcentaje de tubería total dañada	Tubería (m)
PRESIDENCIAL BOSQUES	210.00%	2175.02
18 DE MAYO	210.00%	3406.4
5 DE DICIEMBRE	200.00%	5221.45
JARDINES DE GUADALUPE	200.00%	12413.13
LINDA VISTA	200.00%	1667.66
LOMAS DEL PUNHUATO	200.00%	3493.92
PROFESOR JESUS ROMERO FLORES	195.00%	8309.97
JARDINES DE LA LOMA	195.00%	102.89
JOSEFA ORTIZ DE DOMINGUEZ	185.00%	1594.88
ANA MARIA GALLAGA	180.00%	1232.21

En la tabla se muestra el listado en orden, las líneas de drenaje sanitario más dañado de la ciudad de Morelia, siendo el PDT% el porcentaje de tubería total dañada.

**Gráfico 7. Colonias más afectadas de la Red Sanitaria de Morelia.**



Lo cual como resultado da un total de 1,142,003.06 m de red dañada en la Ciudad de Morelia que es igual a 1142.00306 km, como consecuencia de esto son las filtraciones de agua contaminada a los mantos freáticos.

### 7.3.- Alcantarillado pluvial de la ciudad de Morelia.

Existen líneas de alcantarillado sanitario y pluvial que convergen entre sí, aumentando así el gasto en tuberías cuando se encuentra en temporada de lluvias. Esto provoca inundaciones, especialmente en las zonas con los niveles más bajos topográficamente.

No existe como tal un registro de las líneas de redes de alcantarillado pluvial en la ciudad de Morelia, por lo tanto, no se tiene con certeza un diagnóstico de su red.

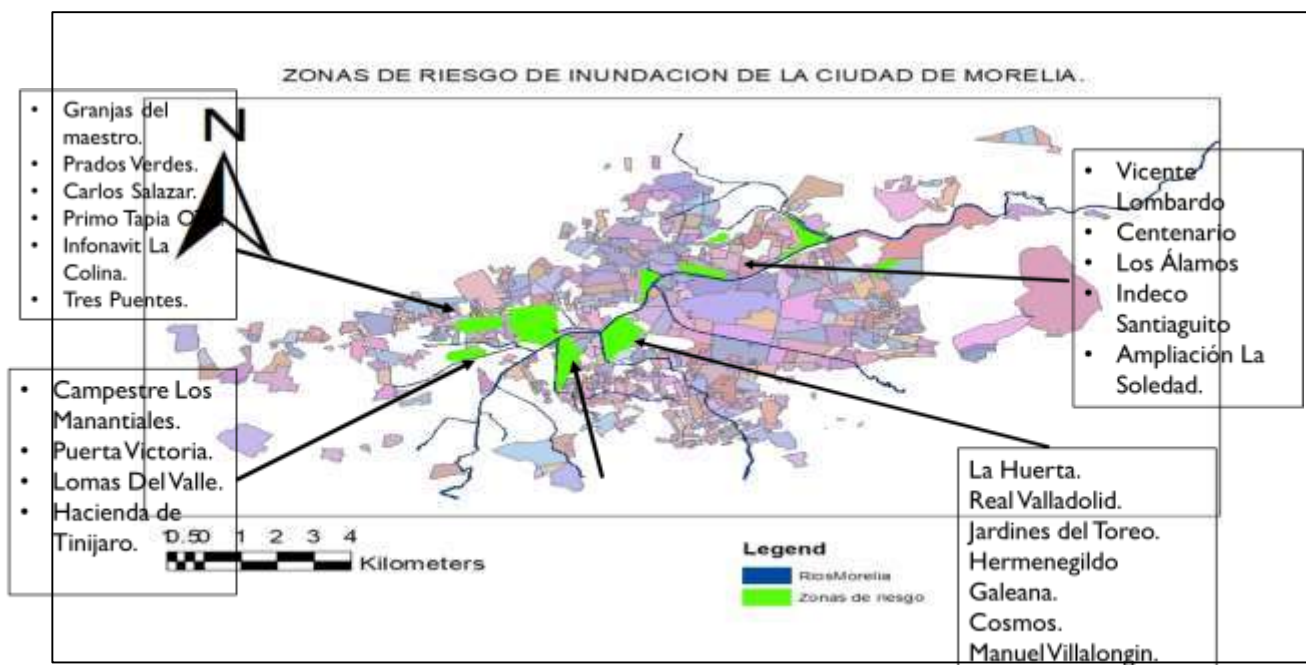
El Departamento de Alcantarillado del OOAPAS tiene un Programa de Prevención de Inundaciones (PPI), el cual se implementa cada año tres meses antes de temporada de lluvias, con el fin de limpiar los principales drenes y corrientes de la ciudad para prevenir fuertes encharcamientos e inundaciones.



Imágenes 14 y 15. Acciones del Programa Prevención e Inundaciones (PPI). (OOAPAS, 2021)

#### 7.3.1.- Zonas de Riesgo de Inundación de la ciudad de Morelia.

De acuerdo a Protección Civil y Bomberos de Morelia, se tiene contemplado que en al menos 54 colonias de la ciudad de Morelia son susceptibles a presentar inundaciones. Algunas de las colonias de Morelia susceptibles a presentar inundaciones son: Carlos Salazar, Prados Verdes, Torreón Nuevo, Benito Juárez, Abasolo, Torremolinos, Agustín Arriaga Rivera, Campestre Club Las Huertas, Gertrudis Sánchez, Medallistas Olímpicos, Chapultepec Sur, Zaragoza, Prados Verdes, Boulevard García de León, la avenida Poliducto y Tres Puentes. (Velázquez, 2022).



**Imagen 16. Mapa Colonias con Riesgo a Inundaciones en la ciudad de Morelia. Elaboraron: M.I. Daniel Licea Rodríguez y P.I.C. Flavia Goretti Camacho Pérez.**

### 7.3.2.- Cárcamos de la ciudad.

La ciudad de Morelia cuenta con 12 cárcamos en la ciudad que se monitorean y operan manualmente para evitar inundaciones en colonias que se ubican por debajo del nivel del Río Grande.

Los cuales llevan el nombre de la colonia o ubicación de ellos.

#### Los Cárcamos son:










- 1) Cárcamo Arroyo de Tierras.
- 2) Cárcamo Itzicuaros.
- 3) Cárcamo Tres Puentes.
- 4) Cárcamo Prados Verdes.
- 5) Cárcamo Barajas.
- 6) Cárcamo Higueras
- 7) Cárcamo Jacarandas.
- 8) Cárcamo Carlos Salazar I.
- 9) Cárcamo Carlos Salazar II.
- 10) Cárcamo Irititcateme.
- 11) Cárcamo Mora Tovar.
- 12) Cárcamo Riva palacios.

## 8.- RESULTADOS.

### 8.1.- Evaluación de acuerdo a Brown.

De acuerdo a las seis fases de Brown hacia una ciudad sensible al agua Morelia cumple con las primeras dos fases y la mitad de la tercera fase, por ser una ciudad en desarrollo.

Tabla 10. Evaluación de las fases según Brown, de la ciudad de Morelia.

CIUDAD ENFOCADA EN EL SUMINISTRO DEL AGUA	CIUDAD ENFOCADA EN EL ALCANTARILLADO	CIUDAD ENFOCADA EN EL DRENAJE PLUVIAL	CIUDAD ENFOCADA EN LOS CURSOS PLUVIALES	CIUDAD ENFOCADA EN EL CICLO DEL AGUA	CIUDAD SENSIBLE AL AGUA
					
La ciudad de Morelia cuenta con monitoreo de las fuentes de abastecimiento agua potable que proporcionan agua a la ciudad, así como información de la red de agua potable en sus ocho sectores.	Se tiene un diagnóstico del estado de las redes de alcantarillado sanitario de la ciudad, lo cual proporciona información necesaria para atender y cambiar las tuberías de las redes más afectadas de la ciudad.	La ciudad de Morelia en conjunto con distintas dependencias brinda apoyo con el Programa de Prevención e Inundaciones (PPI) en la ciudad en temporada de lluvias.			

### 8.2.- Estrategias Sensibles al Agua en la Ciudad de Morelia.

De acuerdo en los resultados obtenidos y a la interpretación de la información, se identificaron 6 zonas en la ciudad, en las cuales se recomienda implementar las estrategias sensibles al agua pertinentes de acuerdo a dicha zona.

### 8.2.1.- ZONA 1.

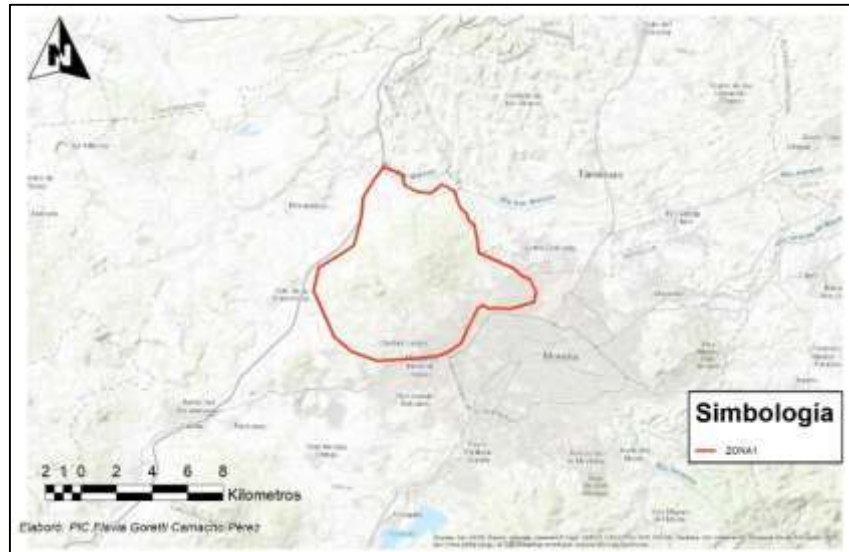


Imagen 17. Mapa Zona 1. Elaboró: P.I.C. Flavia Goretti Camacho Pérez.

Almacenar el máximo de agua de lluvia con el fin de maximizar la infiltración del agua al acuífero ya que de acuerdo a su ubicación y topografía se logra tener corrientes directas de agua. Para ello se puede implementar:



Imagen 18. Construcción de presas y diques. (Cities & UNAM, 2015)



Imagen 19. Terrazas de Infiltración. (Cities & UNAM, 2015)





Imagen 20. Limitar zonas urbanizadas. (Cities & UNAM, 2015)

### 8.2.2.- ZONA 2.

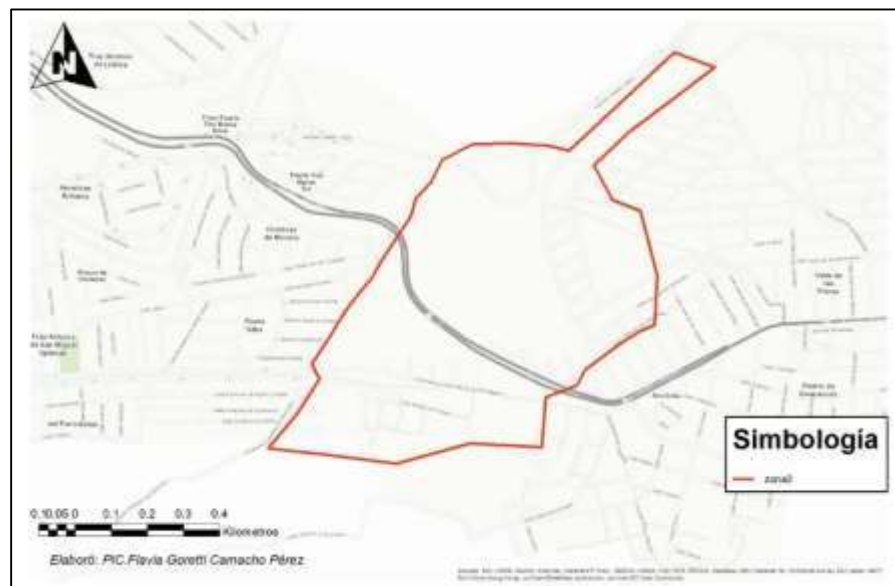


Imagen 21. Mapa Zona 2. Elaboró: P.I.C. Flavia Goretti Camacho Pérez.

En las laderas minimizar la velocidad y el volumen de las escorrentías con el fin de prevenir inundaciones en las áreas bajas. Las laderas están en el área de transición entre las montañas y la baja Cuenca urbanizada.

Lo ideal para la ciudad de acuerdo a sus características son las áreas de retención urbana.



Imagen 22 y 23. Estrategias (Cities & UNAM, 2015)

### 8.2.3.- ZONA 3.



Imagen 24. Mapa Zona 3. Elaboró: P.I.C. Flavia Goretti Camacho Pérez.

En esta zona en particular se busca minimizar la velocidad y el volumen de las escorrentías con el fin de prevenir inundaciones en las áreas bajas.

Por lo cual las estrategias más aplicables en la ciudad es el dejar más áreas verdes, implementar pavimentos más porosos y ajustar el perfil en las obras.

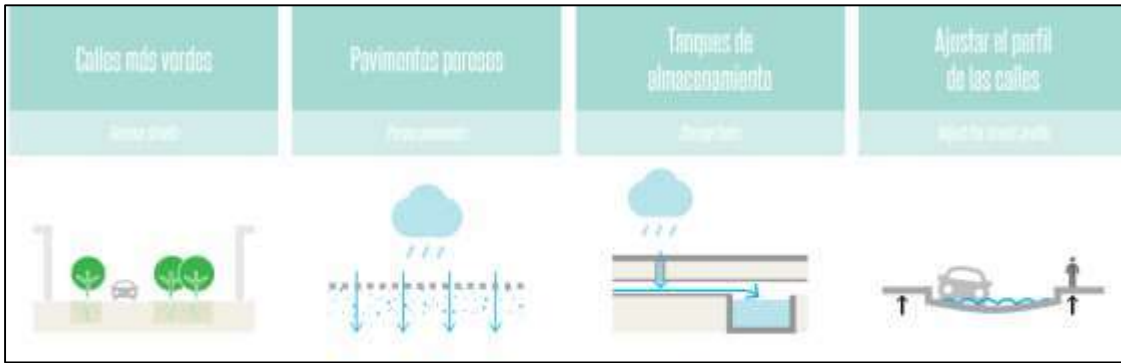


Imagen 25. Estrategias. (Cities & UNAM, 2015)

#### 8.2.4.- ZONA 4.

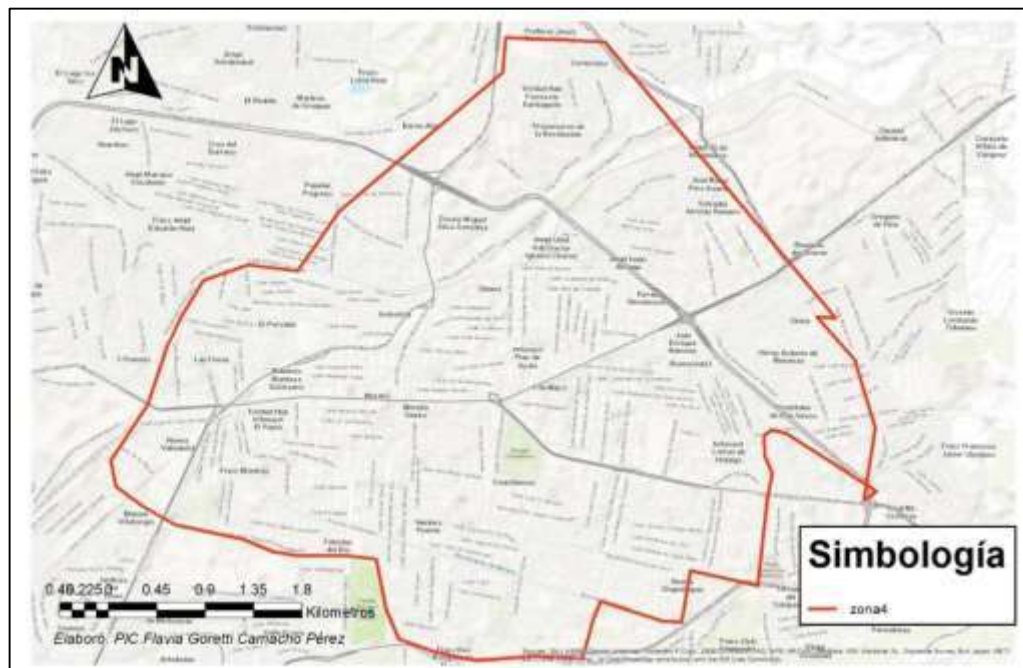


Imagen 26. Mapa Zona 4. Elaboró: P.I.C. Flavia Goretti Camacho Pérez.

El objetivo en esta zona es prevenir los efectos negativos de las inundaciones, así como de la sequía. En esta zona tienen que capturar el agua durante los momentos de intensas lluvias y luego reutilizarla durante los periodos de sequía. Por lo cual lo más pertinente en esta zona de la ciudad son las áreas bio-retención y la consciencia de agua.



Imagen 27. Estrategias. (Cities & UNAM, 2015)

### 8.2.5.- ZONA 5.

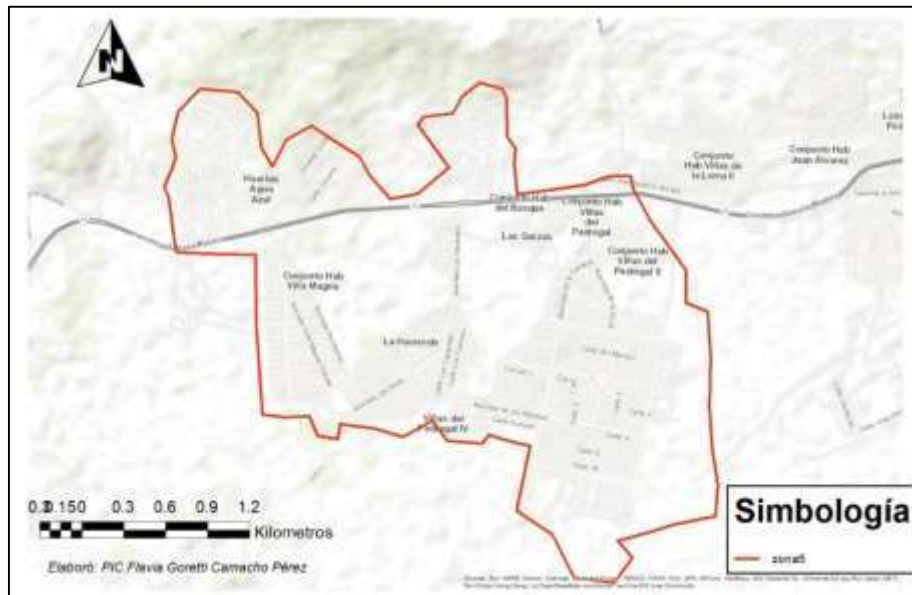


Imagen 28. Mapa Zona 5. Elaboró: P.I.C. Flavia Goretti Camacho Pérez.

Al igual que en la zona 4, el objetivo principal de esta zona es prevenir los efectos negativos de las inundaciones, así como de la sequía. Tomando en cuenta que son zonas con fraccionamientos se puede implementar de forma directa algún Sistema de Captación de Agua de Lluvia, así como habilitar plazas de agua.

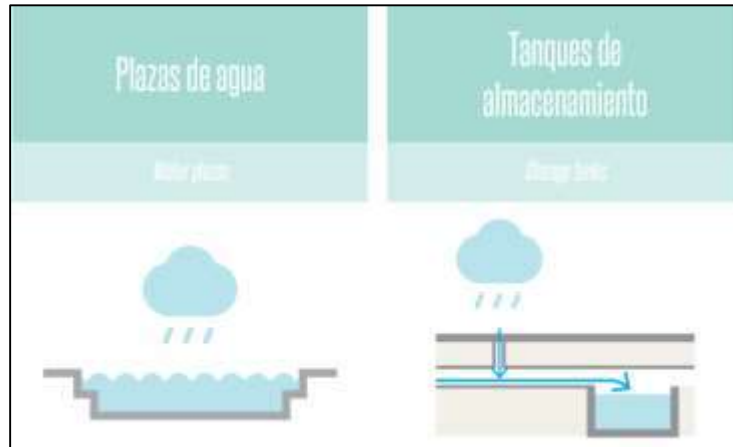


Imagen 29. Estrategias. (Cities & UNAM, 2015)

### 8.2.6.- ZONA 6.

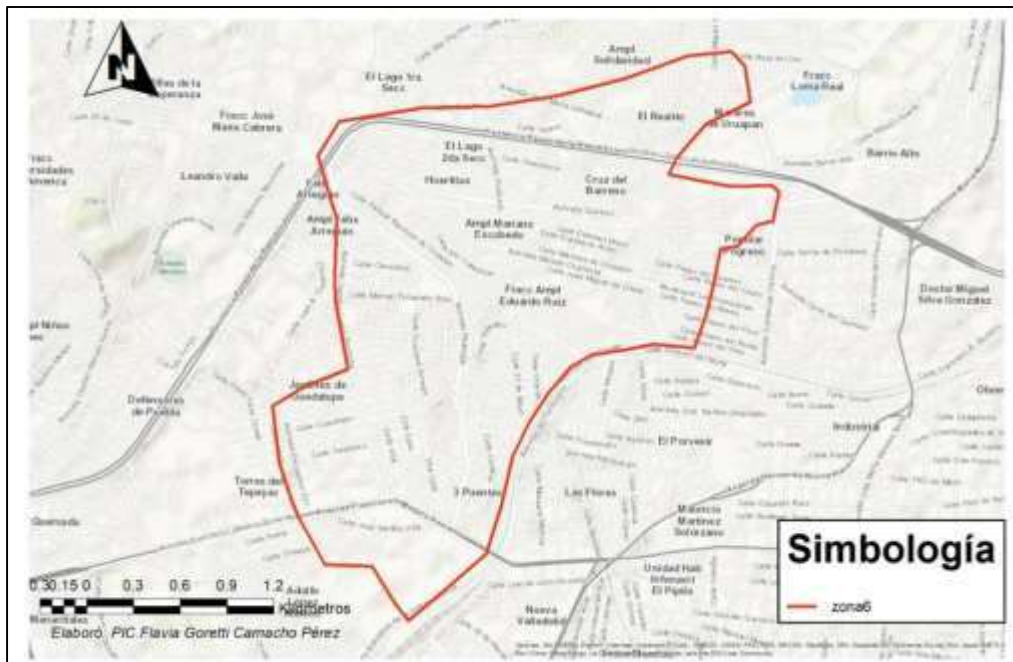


Imagen 30. Mapa Zona 6. Elaboró: P.I.C. Flavia Goretti Camacho Pérez.

Como se observaron en los resultados, más de la mitad de la red de drenaje se encuentra en mal estado, además que convergen la red de alcantarillado pluvial con el sanitario, por lo cual no existe una separación del agua, contaminando mayor cantidad, y por ello el diámetro de las tuberías de la red no es suficiente para el gasto a trasladar, es por ello que en esta zona en general el agua brota de los pozos de visita, provocando encharcamientos e inundaciones en dicha zona.

Lo ideal para esta zona es la separación del sistema de drenaje, para lograr aprovechar limpiar de manera más fácil y económica el agua pluvial separada de la red sanitaria.

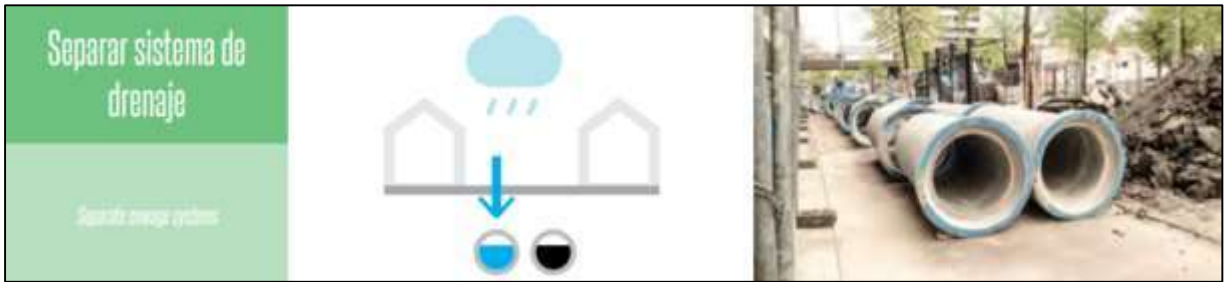


Imagen 31. Estrategias. (Cities & UNAM, 2015)

Considerando que al delimitar las zonas más afectadas podemos ubicar zonas en las cuales se puede dar el máximo aprovechamiento del agua, aquí lo más importante sería instalar un sistema SCALL, inclusive el TLALOQUE en las viviendas y negocios para que los habitantes aprovechen de forma directa el recurso sin necesidad de molestias.

Como puede ser en el centro comercial *Las Américas* ubicado en la Av. Lic. Enrique Ramírez de la ciudad de Morelia, en el cual se puede implementar un sistema de captación de agua pluvial, con la cual podrían utilizar en los baños del centro comercial, considerando que es una zona con riesgo a inundaciones.



Imagen 32. Inundación en Las Américas.



Imagen 33. Ubicación Satelital Google Earth. (Morelia, 2022)

### 8.2.6.1.- Canchas de Policía y Tránsito.

Es la zona con más problema de inundaciones tiene la ciudad, por lo cual aquí debido a su uso, y ubicación se sugiere la implementación de canchas al estilo, de La plaza de agua en Rotterdam. La cual en temporada de estiaje sería útil como canchas y en temporada de lluvia almacenadora de agua. Así como un diseño de canal con doble función para desembocar a la Mintzita y utilizar el agua pluvial.



Imagen 34. La Bentemplein conocida como “Plaza de Agua” (Bravo & Llopis, 2020)



Imagen 35 Canchas de Policía y Tránsito de Morelia en temporadas de lluvias.(Hernandez, 2021)

#### 8.2.6.2.- La Huerta.

Confirmando con la lluvia torrencial por la tarde del 19 de septiembre del 2022, la cual dejó estragos en *Calzada la Huerta* y alrededores. Se debe implementar en las tiendas comerciales y en participación con Grupo Ramírez y Coca-Cola, sistemas de captación de agua pluvial para contrarrestar las inundaciones en dicha zona, y con ello aprovechar el agua pluvial en W.C., limpieza de pisos, entre otros.



**Imagen 36. Inundación en carriles en la Huerta.(Sierra, 2022)**

Debido a las costumbres y la falta de cultura de la población, podemos tener en cuenta tomar una serie de acciones para empezar a generar una cultura del agua. Iniciando con aprovechar el agua e infraestructura existente de manera adecuada para su aprovechamiento.

#### **8.2.6.3.- Prados Verdes.**

Desde hace aproximadamente 20 años esta colonia ha sufrido las consecuencias de las inundaciones, siendo una de las más afectadas en las últimas décadas. (Pantoja, 2022)



**Imagen 37. Desazolve de rejillas pluviales.(Pantoja, 2022)**



## **9.- ANÁLISIS DE RESULTADOS.**

De acuerdo a las zonas afectadas ante la escasez de agua potable e inundaciones en la ciudad de Morelia, es recomendable el aplicar SCALL en las viviendas, negocios, plazas y tiendas comerciales de dichas zonas afectadas, así como la realización de obras estructurales sencillas en la ciudad como las biorretenciones en camellones centrales y banquetas, adecuación de plazas captadoras de agua pluvial en zonas más específicas y propias de recreación, tomando en cuenta la magnitud del problema que se presenta en temporada de lluvias en dichas zonas.

Sin olvidar implementar todo tipo de difusión por parte de las autoridades municipales y escolares, presentando el estado actual del agua que tenemos en la ciudad y las consecuencias a futuro a la población para tomar las medidas necesarias.

Todo esto es de acuerdo a la fase de una ciudad sensible al agua en que se encuentra la ciudad de Morelia, que cabe recalcar que se encuentra en la fase número dos por ser una ciudad en desarrollo, y para lograr ser una ciudad de primer nivel debe cumplir con ciertos servicios que brinden comodidad y plusvalía a la población en general.

Estas son algunas de las estrategias a implementar en las zonas identificadas, las cuales son las más dañadas tanto en temporada de lluvias como de estiaje, al implementar las estrategias se reducirán las inundaciones y se aprovechara al máximo el agua pluvial que cae en la ciudad de Morelia, mejorando los servicios de protección y suministro de agua potable, haciendo con ello crecer la calidad de vida, sin contar que con mejoras en la infraestructura existente y la inversión en nueva infraestructura se puede lograr aprovechamiento de espacios públicos y hacerlos funcionales en toda época del año.

## **10.- CONCLUSIONES.**

En este trabajo de investigación se tuvo que recopilar información de diversas fuentes, lo cual fue una tarea complicada, ya que no se cuenta con toda la información actualizada en el OOAPAS. Además de que falta difusión de información impartida del departamento de Cultura del Agua del Organismo. Así como implementar medidas no estructurales, como actividades de concientización escolares a los niveles de educación básica, con el fin de concientizar a la población para actuar de la mejor forma posible para cuidar y aprovechar el agua que tenemos.

De acuerdo a la información recabada en este trabajo, podemos identificar las zonas más vulnerables ante la sequía e inundaciones en la ciudad de Morelia, por lo cual debemos tener conciencia sensible al agua e implementar las estrategias y acciones que impulsen a Morelia a ser una ciudad Sensible al agua. Recordando que la sequía y las inundaciones son una problemática a nivel mundial y que por lo tanto debemos de tomar acciones propias en estos momentos, por ejemplo, en temporadas de lluvias iniciando con llenar de agua pluvial depósitos para posteriormente utilizarla en actividades del hogar. Es necesario que las autoridades y la ciudadanía realicemos obras considerando el aprovechar el máximo el agua, cuidando así nuestro medio ambiente e impulsando una ciudad sustentable que nos beneficie a todos de corto a largo plazo.

## 11.- REFERENCIAS.

- Alfaro, F. (14 de Marzo de 2022). *QUADRATIN*. Obtenido de QUADRATIN: <https://www.quadratin.com.mx/principal/sin-agua-potable-23-colonias-de-morelia/>
- Alfaro, F. (Marzo de 2022). *Sin Agua Potable, 23 colonias de Morelia*. Obtenido de QUADRATIN.
- Bravo, D., & Llopis, M. (12 de junio de 2020). *Public Space*. Obtenido de Public Space: <https://www.publicspace.org/es/obras/-/project/h034-water-square-in-benthemplein>
- Brown, R. R. (2009). *Urban water management in cities: historical, current and future regimes. Water science and technology*,.
- Brown, R., Keath, N., & Wong, T. H. (2009). Urban water management in cities: historical, current and future regimes. *Water Science & Technology*.
- Cazarez, S. (2022). *Diametros utilizados en la red de agua potable*. Morelia.
- Cities, 1. R., & UNAM. (2015). *Hacia una ciudad de México sensible al agua*. Ciudad de México: De Urbanisten; Deltares.
- Daniel, M. F. (2020). *Obras para el control de inundaciones en la zona sur de la ciudad de Morelia*. Morelia.
- Espíndola, J. A. (2020). *México Sensible al Agua*. Guadalajara.
- Estrada, A. (27 de Julio de 2022). *EL FINANCIERO*. Obtenido de EL FINANCIERO: <https://www.elfinanciero.com.mx/estados/2022/07/27/tromba-en-morelia-tumba-arboles-y-provoca-inundaciones-videos/>
- Estrada, A. (27 de julio de 2022). *Tromba en Morelia 'tumba' árboles y provoca inundaciones*. Obtenido de EL FINANCIERO: <https://www.elfinanciero.com.mx/estados/2022/07/27/tromba-en-morelia-tumba-arboles-y-provoca-inundaciones-videos/>
- Ferreyra, L. D. (2020). *Obras para control de inundaciones en la zona sur de Morelia*. Morelia.
- Hernandez, C. (7 de Septiembre de 2021). *INDICIO MICHOACAN*. Obtenido de INDICIO MICHOACAN: <https://indiciomich.com/canchas-de-policia-y-transito-inundadas-y-apestosas>
- IMPLAN. (2019-2020). Morelia.
- IMPLAN. (Septiembre de 2020). *IMPLAN*.

- IMPLAN. (2021). *IMPLAN, Morelia Mx*. Obtenido de IMPLAN, Morelia Mx:  
<https://implanmorelia.org/site/datos-tema/geograficos/>
- INEGI. (2020). *POBLACION EN HOGARES CENSADOS*. Morelia.
- INEGI. (2020). *POBLACIÓN EN HOGARES CENSADOS*. Morelia.
- Marca Claro*. (octubre de 2018). Obtenido de Marca Claro:  
<https://www.marca.com/claro-mx/trending/2018/10/23/5bcf0632ca4741b70b8b4634.html>
- Monrroy, G., Rocha, E. A., Alcántara, I. I., & Torres, G. M. (2001). Efectos de las fallas asociadas a sobreexplotación de acuíferos y la presencia de fallas. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 37-44.
- Morelia, E. S. (14 de agosto de 2022). *El Sol de Morelia*. Obtenido de  
<https://www.elsoldemorelia.com.mx/local/lluvia-de-este-domingo-provoca-inundaciones-y-apagones-de-morelia-8739417.html>
- OOAPAS. (2020). Morelia.
- OOAPAS. (2021).
- OOAPAS. (2022). Pozos. Morelia, Michoacán, México.
- OOAPAS. (2022). Sectores. Morelia, Michoacán, México.
- OOAPAS. (s.f.). Tanques elevados. Morelia.
- Pantoja, O. (28 de julio de 2022). *cb digital*. Obtenido de cb digital:  
<https://cbtelevision.com.mx/20-anos-de-inundaciones-en-prados-verdes/>
- Piñón, M., Pérez, R., Torres, U., & Pineda, R. (Abril de 2014). Integridad biótica de la microcuenca del Río Chiquito, Morelia, Michoacán, México, basada en la comunidad de macroinvertebrados acuáticos. *Revista de Biología Tropical*, 62.
- Sierra, C. (19 de Septiembre de 2022). *QUADRATIN*. Obtenido de QUADRATIN:  
<https://www.quadratin.com.mx/principal/morelia-lluvia-genera-encharcamientos-en-calzada-la-huerta/>
- Ung, F. (2021). Morelia.
- Velázquez, J. (22 de Mayo de 2022). *CONTRAMURO*. Obtenido de CONTRAMURO:  
<https://www.contramuro.com/54-colonias-de-morelia-en-riesgo-de-inundaciones-en-esta-proxima-temporada-de-lluvias/>