



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Barrancas. El drenaje de la eterna primavera:

Impactos económicos de los efluentes residuales en Cuernavaca

Tesis que para obtener el grado de Maestro en Estudios Territoriales,
Paisaje y Patrimonio

Presenta: Montes Mata Giovanni Marlon

Director de tesis: Dr. Rafael Monroy Ortiz

.....

.....

Cuernavaca Morelos

Diciembre, 2018



Barrancas. El drenaje de la eterna primavera:

Impactos económicos de los efluentes residuales en Cuernavaca

Comité Tutorial

Dr. Monroy Ortiz Rafael

Dr. Francisco Salvador Granados Saucedo

Mtro. Carlos Alberto Lemus Ramírez

Dra. María de la Luz Arenas Monreal

Mtro. Rafael Monroy Martínez

Agradecimientos...

A mis padres Francisco y Gloria, que sin ellos no sería ni una pisca de lo que soy ahora.

Al doctor, profesor y amigo Rafael Monroy, gracias por su paciencia y enseñanzas, y por permitirme demostrar que si se puede.

Al Mtro. Carlos Lemus por siempre estar en la mejor disposición de ayudar y contribuir.

A la Dra. Luz Arenas y a la Mtra. Margarita Sánchez, por sus enseñanzas y contribuciones pero sobre todo por abrirme las puertas en el INSP.

Al Dr. Francisco Granados por su amistad, ayuda y comprensión.

Al Mtro. Rafael Monroy por su amistad y consejos.

A mi amigo y colega Rodrigo Flores Reséndiz, sin tu ayuda no existiría ningún mapa en esta tesis.

A mi compañera de vida Flor, gracias por soportar mi mal humor y trasmitirme esa paz en el momento justo.

A mis compañeros del colectivo, por su amena compañía.

Gracias a mi familia por mantenerme a flote.

Para las dos estrellas que comenzaron esta historia conmigo pero que lamentablemente no la terminaron...*Alberto Montes y Julio Mata los llevo en el corazón.*

Con trabajo duro, es posible cambiar tus estrellas...

Índice

1. Introducción	8
2. Planteamiento del problema	9
3. Pregunta de investigación	11
4. Hipótesis	11
5. Objetivo	11
6. Metodología	12
7. Capítulo 1: Funcionamiento del modo de producción capitalista	14
7.1. Capital, Tierra y Trabajo	15
7.2. Capitalismo: aprovechamiento y extracción de las condiciones naturales	17
7.3. El metabolismo de sociedad y naturaleza	19
7.4. Contaminación de los recursos naturales	25
7.5. Conclusiones	29
8. Capítulo 2: Status del agua y efluentes residuales urbanos en el planeta	31
8.1. El agua como mercancía	31
8.2. La génesis de los efluentes residuales: Industria y Uso Urbano-domestico	35
8.2.1. <i>Industria</i>	35
8.2.2. <i>Uso Urbano-doméstico</i>	38
8.2.3. Conclusiones	45
9. Capítulo 3: Cuernavaca y sus aguas residuales	47
9.1. Clima, población y viviendas	47
9.2. Cuernavaca y sus servicios básicos	52
9.2.1. Disponibilidad de excusado	53
9.2.2. Disponibilidad de agua	56
9.2.3. SAPAC, organismo operador de distribución de agua	60
9.2.4. Drenaje y residuos líquidos	66
9.2.5. Tratamiento de aguas residuales en Cuernavaca	70
9.3. Barrancas de Cuernavaca, un permanente tiradero de aguas residuales	75
9.4. Análisis de las condiciones socio-económicas de Cuernavaca en torno a las descargas de efluentes residuales	88
9.4.1. Descargas municipales	88

9.4.2. Descargas directas de viviendas cercanas	93
9.5. Caminando y midiendo. Un acercamiento a los puntos de descarga municipal	99
9.6. Resultados	113
9.7. Conclusiones	117
10. Capítulo 4. Medio Ambiente y Salud humana: Efectos por verter aguas residuales a las barrancas de Cuernavaca	119
10.1. ¿Las condiciones ambientales determinan la salud humana?	119
10.2. Enfermedades relacionadas a la contaminación del agua y saneamiento: Origen y casos	119
10.3. Análisis de las variables: Contaminación por efluentes residuales y enfermedades relacionadas	121
10.4. Correlación por el método de Pearson	126
10.5. Estimación económica de las enfermedades intestinales	135
10.6. Conclusiones	136
11. Capítulo 5: Plan TARC-3F, como respuesta a los efectos derivados por la falta de tratamiento de aguas residuales en Cuernavaca	137
11.1. ¿Qué es el Plan TARC-3F?	137
11.2. TAR-F1	138
11.2.1. Reutilizar...agua de la lavadora	139
11.2.2. Reducir...agua en grifos, duchas, inodoros y aguas grises	140
11.2.3. Recuperar... agua pluvial	142
11.3. TARC-2F	143
11.3.1. Valoración económica del TAR-F2	145
11.4. TARC-3F	146
11.4.1. Cálculo del Prototipo de Cisterna séptica del primer rango	153
11.4.2. Cálculo del Prototipo de Cisterna séptica del segundo rango	156
11.4.3. Cálculo del Prototipo de Cisterna séptica del tercer rango	159
11.4.4. Cálculo del Prototipo de Cisterna séptica del cuarto rango	162
11.4.5. Valoración económica del TAR-F3	165
11.5. Conclusiones	168
12. Conclusiones generales	170

13. Índice de figuras	173
14. Índice de tablas	176
15. Lista de referencias	177

Barrancas. El drenaje de la eterna primavera:

Impactos económicos de los efluentes residuales en Cuernavaca

1. Introducción

En un comienzo, el hombre hacía cambios en su entorno con la finalidad de volver al ambiente más amable y propicio para el desarrollo de la vida, pero sin interrumpir o desequilibrar los ciclos naturales. No obstante, en la lógica actual el medio ambiente se ha vuelto pobre e inhóspito, es decir, incapaz de servir de base para la vida, poniendo en tela de juicio las necesidades básicas humanas del presente y del futuro. En particular, el crecimiento urbano es determinante de una serie de efectos en el ambiente, dado que este responde a una lógica de extracción creciente e intensiva, opuesta al equilibrio ecosistémico; interrumpiendo el ritmo de recuperación de los recursos, extrayendo y contaminando. Al mismo tiempo, los patrones de consumo y contaminación del agua en particular, así como la forma en que estos se han intensificado y diversificado, generan impactos en la sociedad y el ambiente. Por ejemplo, se calcula que desde el año 1900 se han extraído cerca de 248,000 km³ de agua en el planeta, cifra equivalente a dos veces el agua de los lagos del mundo o bien, a casi 200 veces el agua de los ríos del planeta; tal efecto se da principalmente por el uso intensivo de la industria que rompe el ritmo de aprovechamiento comparado con procesos tradicionales. Incluso, se reconoce que debido al ritmo de extracción desmedido, el agua pasa de ser un recurso indispensable a un desecho inservible. Ante tal circunstancia, se calcula que 80% de las aguas residuales en el planeta no recibe tratamiento alguno antes de ser vertido a cualquier fuente natural, incluyendo barrancas, ríos, lagos, grietas e incluso el mar. Por tanto, los efectos en términos de salud humana derivados de la contaminación del agua y ausencia de tratamiento son alarmantes, al grado de estimar que 1 persona muere cada 20 segundos por tal condición. De manera similar, el caso mexicano no es la excepción, dado que el tratamiento de agua residual se estima en 51% del total utilizado a nivel nacional. Además, la ausencia en la dotación de agua y falta de tratamiento deriva en una circunstancia que impacta la alimentación, la salud y la naturaleza, requiriendo costos económicos y sociales para su recuperación.

El caso particular de Cuernavaca o también conocida como “*la ciudad de la eterna primavera*” es parecido al contexto global. La dotación de agua y tratamiento de agua residual está maquillada principalmente por porcentajes que no observan la realidad de la ciudad, ya que al parecer el hecho que exista infraestructura, es decir, tubería para conducir el agua aunque el líquido

no exista, red de drenaje que dirija los desechos líquidos urbanos pero los vierta a las barrancas cercanas, o mejor aún, que las plantas de tratamiento no funcionen, es sinónimo de eficiencia o calidad.

Por tanto, analizar los impactos económicos ocasionados por la contaminación de los ríos de Cuernavaca, particularmente aquellos generados en la ciudad, resulta un tema relevante. Para ello se identifican los usos del suelo desde donde se vierte efluente contaminante a las barrancas, estimando su densidad de población y el volumen de descargas residuales en los ríos; sistematizando la información en un SIG (Sistema de Información Geográfica) para estimar la proporción de población que vierte agua residual a los cauces y su posible correlación con problemas de salud. En segunda instancia, se analiza el tema de salud humana derivado de las descargas a las barrancas del municipio, ubicando el número de enfermedades intestinales que derivan de los 20 centros de atención ambulatoria y a su vez realizando una correlación estadística por el método de Pearson. Por último, se realiza una valoración económica ambiental que recae en una propuesta tecnológica para tratar los efluentes residuales de la ciudad, que responde a una condición de tratamiento diferenciado y su respectivo costo en términos tecnológicos, con el objetivo de mitigar la contaminación y al mismo tiempo reducir los efectos generados.

2. Planteamiento del problema

El impacto de las actividades de los seres humanos, en particular la actividad económica global sobre los ciclos hidrológicos de los últimos años, ha causado daños al ambiente, lo que puede resumirse en tres factores importantes: en primer lugar, el régimen de lluvias no se distribuye equitativamente sobre la superficie terrestre, ni el hombre se ha distribuido en proporción a las concentraciones o disponibilidad del agua, lo que implica un consumo de energía en sistemas de conducción y distribución del agua. En segunda instancia, el consumo de recursos hídricos registra incrementos relacionados al crecimiento poblacional y el desarrollo de tecnologías, esta última aprovecha y extrae el recurso para responder a las necesidades del mercado. Por último, la degradación de la calidad del agua como consecuencia de la contaminación y que incluso disminuye la cantidad disponible. Por tanto, los problemas del agua ya sea por su ausencia o por su contaminación incrementan el impacto en términos de salud humana y al mismo tiempo de las especies que de ella dependen (Andrade, 2004).

De hecho, se estima que el límite planetario para el consumo de aguas azules, cuando los acuíferos y las aguas superficiales no pueden reutilizarse es de 4,000 km³/año con un consumo aproximado de 2,600 km³/año. Cabe destacar, que a este paso el límite será rebasado en algunas décadas, causando crisis ambiental pero también humana (PNUMA, 2012). Al mismo tiempo, la calidad del agua subterránea y superficial es menor, debido principalmente a la contaminación provocada por las áreas agrícolas y urbanas, los residuos sólidos, tratamiento de efluentes residuales, la sobre extracción de mantos acuíferos y fuentes industriales. Es más, la concentración de nitratos en las aguas subterráneas se incrementa, especialmente en áreas que tienen una urbanización dinámica, rezagos de saneamiento y falta de políticas públicas que atienden los desechos líquidos sin tratamiento.

Al mismo tiempo, la contaminación de aguas subterráneas y superficiales por agentes patógenos constituye una amenaza crítica para la salud humana que a su vez eleva los costos de tratamiento; los agentes patógenos representan un problema de salud por la calidad del agua, principalmente en países no desarrollados. De hecho, las heces humanas y animales son las principales contaminantes en el agua. Además, la eutrofización derivado de un exceso de nutrientes a causa de las aguas residuales domésticas, desechos del ganado, fertilizantes y erosión también son un problema continuo que afecta la calidad del agua y su disponibilidad (PNUMA, 2012).

En México, se estima que 70% de los cuerpos de agua dulce se etiquetan como contaminados y al 30% restante como extremadamente contaminados (Mendoza, 2014). Incluso, el agua "muerta" en un lago tarda alrededor de 500 años en regenerarse, mientras que la de un río lo hace en un mes si recibe afluentes limpios y no se le ensucia en su recorrido; sin embargo, las descargas urbanas domésticas e industriales son una constante (Oswald, 1992).

Por su parte, en el Estado de Morelos permea el paradigma de descargar efluentes contaminados hacia alguna fuente superficial. De hecho, el río Apatlaco perteneciente a la entidad, es considerado uno de los ríos más contaminados a nivel nacional. Paradójicamente, en Morelos se cuenta con porcentajes relativamente altos en términos de servicios de agua y drenaje (INEGI, 2010a).

El municipio de Cuernavaca, caso concreto de estudio también cuenta con altos porcentajes de agua y saneamiento; 95.12% son las viviendas particulares que disponen de agua de la red pública y 98% disponen de drenaje (INEGI, 2010a). Sin embargo, el agua en Cuernavaca es cada vez más escasa por falta de administración o por su contaminación.

Por tanto, la gestión del agua tiene que ser integral, descentralizada y participativa, promoviendo y garantizando la supervivencia de cada miembro de la sociedad. En este sentido, es necesario mejorar la calidad en el suministro de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento en zonas urbanas, sensibilizando a la población sobre el valor económico y estratégico del agua y al mismo tiempo atender el rezago en zonas rurales; incorporando nuevas tecnologías, promoviendo el tratamiento de aguas residuales e impulsando el intercambio de agua tratada por agua de primer uso y aumentar la eficiencia de los organismos encargados del servicio de agua potable, alcantarillado y saneamiento (Tortajado, 2004).

3. Pregunta de Investigación

Del planteamiento del problema surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuáles son los impactos económicos ocasionados por las descargas de efluentes residuales vertidos a las barrancas de Cuernavaca?

4. Hipótesis

La contaminación del agua tiene impactos económicos que inciden en la población, principalmente vinculados a enfermedades y pérdidas económicas en el ámbito laboral. Por tanto, las estrategias para reducir, controlar y mitigar la contaminación derivada de las descargas residuales a las barrancas de Cuernavaca, están asociadas a desarrollos tecnológicos para su tratamiento. Asimismo, existe la necesidad de una política pública de manejo y control de los residuos líquidos urbanos, donde se integren mecanismos de educación e información.

5. Objetivo

Analizar los impactos económicos ocasionados por la contaminación de las barrancas de Cuernavaca, particularmente aquellos generados en el ambiente urbano desde donde se desembocan dichos causes.

6. Metodología

La estrategia metodológica incluye:

Revisar las características de población urbana en Cuernavaca, en términos de densidad, distribución y condición socioeconómica.

Revisar el Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Cuernavaca vigente, publicado en el periódico oficial, para estimar la densidad de población por uso de suelo.

Revisar el Catastro de la red de alcantarillado del municipio de Cuernavaca en correlación con el Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población publicado en el periódico oficial, para identificar los usos del suelo que vierten efluente contaminante a las barrancas.

Analizar el catastro de la red de alcantarillado de Cuernavaca, para identificar la red existente y sus posibles descargas.

Identificar las descargas registradas por la SAPAC y hacer una validación en campo, seleccionada estadísticamente en torno a un 1.96 de confianza y con 0.10 de nivel de error, según los usos del suelo que vierten el efluente contaminante a las barrancas.

Medir el volumen de descargas de aguas residuales a lo largo de los ríos de Cuernavaca, con base en un cálculo propio utilizando el método volumétrico o también llamado gravimétrico, categorizado por uso de suelo.

Analizar el volumen total de agua residual generado y representarlo en términos gráficos estadísticos, reflejando la magnitud cuantitativa causada por las descargas de efluentes a los ríos de Cuernavaca.

Elaboración de un sistema de información geográfica con base en la plataforma ARC GIS 10.3 para identificar los volúmenes y tipos contaminantes de cada muestra, con el fin de estimar la contribución a la contaminación urbana por tipo de uso de suelo.

Analizar la relación entre descargas de efluentes residuales y enfermedades intestinales, revisando los registros de enfermedades en los centros de salud más cercanos, por medio de una correlación estadística (Método de Pearson).

Realizar una valoración económica ambiental de la morbilidad de la población próxima a las fuentes de contaminación, revisando los registros de enfermedades en los centros de salud más cercanos y el costo estimado por enfermedad intestinal en términos de medicamentos, atención y costos laborales.

Calcular la capacidad necesaria en términos de una propuesta tecnológica de tratamiento de aguas residuales, categorizado por rango de efluente y basado en los datos de la Organización Panamericana de la Salud.

Estimación económica ambiental de la propuesta tecnológica de tratamiento de aguas residuales, categorizado por rango de efluente y basado en los precios del tabulador de la ciudad de México.

7. Capítulo 1: Funcionamiento del modo de producción capitalista

“Prefiero tener rosas en mi mesa, que diamantes en mi cuello.”

-Emma Goldman-

7.1. Capital, tierra y trabajo

La globalización puede considerarse un proceso irreplicable e irreversible, la historia se mueve en una sola dirección y no hay vuelta atrás, así que degradar, impactar, deteriorar el medio ambiente de forma exponencial y recuperar las condiciones originales, no es posible. De hecho, la globalización a lo largo de la historia ha generado una serie de beneficios para una minoría, pero una cantidad de desigualdades, inequidades y efectos negativos para la mayoría; en la medida que la globalización responde a la dinámica del mercado, genera efectos malvados que le son inherentes, concentrar poder económico pero creando desigualdades e inequidades, reduciendo la diversidad medioambiental y marginalizando (Bifani, 2010).

Incluso, hasta la innovación tecnológica misma tiene fines económicos; las mejoras en el sistema de transporte por ejemplo, fueron motivadas por fines económicos, al aumentar la capacidad de transporte, reducir el tiempo de las travesías y reduciendo los costos. En términos generales, tanto la globalización como el mercado libre concentran riqueza y poder, no son equitativos y definitivamente son excluyentes, recayendo en un sector no desarrollado que lo vuelve cada vez más vulnerable; los del hemisferio sur se ven afectados por la ideología rapaz y perversa de la misma globalización y por los excesos de aquellos que la explotan en beneficio propio. Por tanto, la globalización conlleva efectos negativos que claramente son un serio obstáculo al desarrollo sustentable (Bifani, 2010).

Esta realidad conflictiva, tiene una base histórica que nos traslada hasta los años de la revolución industrial, cuando se da lugar a una serie de cambios técnicos e inventos que contribuyeron al avance de la comunicación entre sociedades lejanas, la producción en serie y la explotación de los recursos naturales, generados por la demanda del sector industrializado, entre los más importantes. El propósito de estas tecnologías, es eliminar las barreras al desarrollo del modo de producción capitalista y a su correspondiente distribución a nivel mundial; sin importar pasar por encima de cualquier especie e incluso de cualquier ecosistema (Harman, 2008).

Actualmente, el modelo neoliberal capitalista lleva a cabo un proceso de desposesión de los medios de producción, principalmente quitando la tierra a sectores sociales agrícolas, así como los recursos naturales, dando lugar a una canalización de la fuerza de trabajo hacia el sector industrial urbano y convirtiéndolo en una mercancía más. La disponibilidad de esta fuerza de trabajo se vuelve el principal factor determinante de la plusvalía, pero dejando indefenso a dicho sector, para el cual no existe otra alternativa que trabajar en beneficio del capital si es que se quiere sobrevivir (Marx, 2000).

Por tanto, es necesaria la existencia de reservas suficientes de mano de obra para la operación del capital, lo que Marx llamaba “ejército de reserva industrial”, el cual debiera ser flexible, dócil, manipulable y al mismo tiempo, volverse experto cuando se le requiera. En otras palabras, el burgués controla la fuerza de trabajo por medio de la competencia por encontrar los mejores empleos y considerando ciertas características como género, raza, tribu, lengua, política, creencias religiosas y orientación sexual, como herramientas para condicionar el funcionamiento del mercado laboral, e incluso, haciendo presión sobre los salarios, privilegiando a determinado personal y aprovechándolo en su beneficio. Como resultado de esta situación, se han presentado manifestaciones tratando de revertir tales condiciones, que reflejan la vulnerabilidad del sector proletario en términos de su condición de reproducción social (Harvey, 2012).

Considerando las relaciones de producción y la apropiación de los factores productivos, existe una relación entre el crecimiento de la población y la acumulación del capital, que permite acceder al ejército de reserva necesario para sostener su racionalidad. Por tanto, este crecimiento provee herramientas a los capitalistas para manipular y jugar con las necesidades del sector más vulnerable; manipulando la oferta de trabajo y la dinámica de los salarios, persiguiendo un mayor excedente con base en un menor salario a los trabajadores; incluso el desempleo mismo presiona al trabajador a aceptar salarios cada vez menores. Aunado a ello, las nuevas tecnologías contribuyen al funcionamiento del sistema, ahorrando trabajo y justificando los despidos de personal, lo cual incrementa el ejército de mano de obra, volviéndolo así un ciclo constante de reproducción de ganancias (Harvey, 2012).

Respecto a los patrones de apropiación del territorio y recursos, los países hegemónicos se han repartido porciones del planeta a lo largo de la historia, los cuales pueden ser citados como etapas cíclicas. El capitalismo en particular, se caracteriza por la agudización de las condiciones de desigualdad económica y social. Dicha etapa ha provocado entre otras cosas, miseria,

degradación ambiental y superexplotación de la mano de obra, en un lapso de tiempo corto comparado con las demás etapas históricas (Hartman, 2008).

En 1900, la lógica del capital había estampado su huella hasta el rincón más remoto del planeta; no había región que no fuera afectada por el impacto de este modelo de producción.

Existen regiones como los desiertos de hielo de la Antártida, las junglas de las amazonas y las tierras altas de Nueva Guinea donde los apóstoles del capitalismo han estampado su huella (Hartman, 2008, p.355).

La adopción de esta formación económica también ha transformando la ideología de la sociedad y en poco tiempo, el mundo capitalista abarca todas las esferas del hombre e incluso es considerado un comportamiento que forma parte de la naturaleza humana (Hartman, 2008). Es por ello que se ha convertido en un sistema absoluto con efectos en la humanidad, debido a la apropiación de todos los beneficios posibles (Hartman, 2008).

Los dueños del capital tienen en sus manos el excedente con el que deben generar mayor ganancia, movilizándolo como materias primas, energía, maquinaria y fuerza de trabajo, convirtiéndolos en mercancías. Sin embargo, para que esta producción opere deben cumplir ciertas condiciones para que el capital se multiplique y expanda, a partir de la apropiación de los medios de producción (capital, tierra y trabajo). En esta relación de clase, el sector poderoso se apropia de los medios productivos para ejercer su dominio, subordina y se beneficia de la fuerza de trabajo (Sartelli, 2013).

Los factores de producción, capital, tierra y trabajo son apropiados por la clase dominante, sin embargo, estas fuerzas productivas funcionan siempre y cuando se efectivice el proceso de división social, separando personas en funciones de mando y otras de obediencia, es decir, la lucha de clases. Por tanto, lo que se puede o no hacer, queda determinado por las fuerzas productivas y principalmente por los intereses de las clases sociales poderosas (Sartelli, 2013).

No obstante, para que el dominio de la clase burguesa expanda su poder, el papel del Estado juega un rol importante para la operación de este modo de producción. El Estado contribuye al capital con planes para mantener controlado a este ejército de reserva, en caso de algún movimiento obrero organizado. En general, el desplazamiento del capital a zonas desprotegidas con abundante mano de obra y escasa organización forman parte de estas estrategias para continuar generando y acumulando riquezas. En este caso, el estado se encargara de garantizar a los inversionistas oferta de trabajo en calidad y cantidad suficiente (Harvey, 2012).

7.2. Capitalismo: Aprovechamiento y extracción de las condiciones naturales

“El humano sordo, no escucha el desgarrador llanto de un árbol”

Las transformaciones de los seres vivos es una consecuencia del proceso de evolución biológica; el ser humano en particular, se caracteriza por la adopción de un modo de producción, que le permite garantizar su supervivencia con base en el desarrollo de medios técnicos. Tan solo por el hecho de que el humano tiene el rasgo de desarrollarse, implica la inevitable consecuencia de transformación del ambiente, generando mayores impactos que otras especies. De hecho, con la creación de herramientas, vestimenta y vivienda indispensables para su desarrollo, el comunismo primitivo dio lugar a un ciclo inevitable de extracción, transformación y desecho, es decir, excesos en la utilización de recursos naturales con respecto a las necesidades fisiológicas humanas, lo cual puede ser descrito como *“un progreso humano... inevitablemente destructivo”* (Tanuro, 2013, p. 1).

Sin embargo, la dinámica de aprovechamiento de los recursos naturales se modificó exponencialmente con la aparición del modo de producción capitalista, desarrollando una dinámica de explotación para generar utilidades. Es a este modo de producción que se le atribuye 5% del desarrollo de la humanidad, pero cuyos avances tecnológicos han ocasionado mayores daños al ambiente respecto a la comunidad primitiva; ya que la tecnología moderna permite modificar su relación con la naturaleza a una mayor tasa de aprovechamiento (Sartelli, 2013). La computarización y robotización de los sistemas de fabricación en particular, cumplen un papel importante en la sustitución de mano de obra y la correspondiente intensificación de la explotación de los recursos naturales a un ritmo mayor.

En este sentido, los avances técnicos de los últimos 200 años han causado impactos al medio ambiente natural, dando lugar a una serie de desequilibrios ecosistémicos (Tanuro, 2013). Entre las invenciones es posible mencionar: el perfeccionamiento considerable de la locomotora de vapor (1824), la invención de la turbina (1824-1827), el comienzo de la utilización del cemento portland (1824), el comienzo de la extracción del salitre chileno (1830), la creación de la maquina cegadora (1831), la creación del primer automóvil (1831), el descubrimiento de la inducción (Faraday, 1832), la invención de la lancha eléctrica (1834), la invención del telégrafo electromagnético (1832, la invención de la máquina de coser (1847), el martillo de vapor (1842) , el tendido de cable (1848) ,

la taladradora (1875) , el motor a gas (1876), el método Thomas de producción de acero (1878), los motores de gasolina (1885) y el motor diésel (1893), por mencionar algunos. Estos son algunos avances técnicos que rápidamente encontraron un sitio amplio en la práctica industrial y que dieron paso a una dinámica de explotación que rompe con la tasa de recuperación de los ecosistemas (kondratiev, 2008).

Es por ello, que el modo de producción capitalista resulta dependiente de la naturaleza como proveedora de materias primas y receptor de residuos, derivados de la escala de producción. Por tanto, la actividad del hombre ha modificado las condiciones originales del planeta en un corto lapso de tiempo, ocasionando extinción de especies, contaminación del aire, agua y suelo, así como el aumento en la temperatura global, entre los más importantes (WWF, 2016).

El entorno natural está sometido a cambios ocasionados por la acción humana; esta permite describir la historia de la destrucción creativa del territorio, la cual ha reconfigurado al entorno natural como una “segunda naturaleza”, dejando una huella en el planeta, reduciendo la calidad de los recursos vitales al destinarlos a la producción de mercancías. De hecho, en la historia del capitalismo es posible identificar diferentes consecuencias ambientales, destructivas e irreversibles, las cuales están vinculadas precisamente a la producción y reproducción de esta segunda naturaleza (Harvey, 2012).

Dadas estas condiciones críticas, la libre actuación del mercado requiere algún mecanismo de regulación en el que la participación del Estado, e incluso, los mismos agentes económicos actúen. Debido a ello, el Estado se ubica como mediador entre el capital y la naturaleza, politizando las formas de producción capitalista o consolidando el poder político del capital, lo cual canaliza las condiciones naturales en calidad y cantidad requeridas, en los momentos y lugares adecuados. En consecuencia, el acceso a las condiciones naturales implica una disposición ilimitada que afecta su recuperación; por tanto, la pérdida de recursos implica que existe una barrera natural, la cual es considerada según O ’Connor (1998) como la segunda contradicción del capitalismo. Esta, genera cierta preocupación en el sector político, ya que funciona como una barrera capaz de causar inestabilidades económicas y pérdidas. Es un hecho que las crisis en el modo de producción capitalista son paradójicas, se concentran como impactos en los factores de producción y a pesar de que estas son inevitables, también le resultan fundamentales para restaurar el equilibrio y resolver temporalmente las contradicciones de la acumulación del capital. Con los impactos en el

ambiente, el capitalismo puede encontrar barreras causantes de crisis económicas que afectan sus utilidades (Harvey, 2012).

Por ejemplo, en el 2008 la reducción de la oferta de petróleo llegó a niveles críticos, sin embargo, no se culpó al dinamismo de la extracción de las empresas petrolíferas, sino a plantear una escasez natural. Es así que el capitalismo solo va en una dirección ecológicamente insostenible, sustituyendo cualquier recurso por otro que sea igualmente redituable, sin importar los impactos que se tengan (Harvey, 2012). Como resultado de ello, el mundo del capital no se interesa en el cuidado y preservación de la naturaleza, puesto que las actividades al servicio del medio ambiente no tienen fin de lucro ni generan ganancias (Tanuro, 2013).

Bajo esta lógica, no se da cuenta de los efectos negativos ocasionados por la dinámica del capital, la cual paradójicamente, atenta contra su modo de acumulación. El calentamiento de la atmósfera por ejemplo, afectará personas, lugares, pero al mismo tiempo utilidades para el capital; la lluvia ácida afectará por igual bosques, ríos y lagos, edificios y ganancias; la salinización de los mantos freáticos, los desechos tóxicos, desechos sólidos y líquidos, así como la erosión del suelo dañarán los ciclos ecosistémicos como las ganancias (O'Connor, 1998).

7.3. El metabolismo de sociedad y naturaleza

“La naturaleza nunca se apresura. Átomo por átomo, poco a poco logra su trabajo.”

-Ralph Waldo Emerson-

El concepto de metabolismo que Marx describe, es un proceso que tiene lugar entre el hombre y la naturaleza, ya que a través de la fuerza de trabajo, el humano media, regula y controla el metabolismo que se establece entre el hombre y el medio ambiente. Sin embargo, la ruptura de esta relación tiene lugar con las acciones de producción capitalista y la separación antagónica entre la ciudad y el campo; reflejada en la infertilidad de los suelos agrícolas, encargados de producir y alimentar a la población urbana, lo cual debe atribuirse entre otras cosas, a factores como la falta de inversión en la mejora del suelo, el conflicto de clases entre el agricultor arrendatario capitalista y el terrateniente, o el empobrecimiento real del suelo relacionado con la ausencia del reciclado del estiércol motivada por la creciente división entre el campo y la ciudad. Además, las nuevas tecnologías traducidas en fertilizantes que actúan como responsables de la destrucción ecológica, en este caso de la disminución de fertilidad del suelo (Schoijet, 2008).

Existe un reconocimiento creciente de que la tecnología ha servido para racionalizar el proceso de destrucción ecológica. Tan solo entre 1820 y 1830, las preocupaciones por el agotamiento de suelo condujeron al pánico y a un aumento exponencial de la demanda de fertilizantes, sin darse cuenta que caían en una contradicción. Según Liebig (citado de Foster, 2013), el problema de la disminución de la fertilidad de los suelos agrícolas está relacionado con la grieta entre el campo y la ciudad, así como con la contaminación de las ciudades a partir de la generación de desechos por el hombre y animales, para lo cual comenta que:

“Si fuera posible- escribió - recoger , sin la menor perdida , la totalidad de los excrementos sólidos y fluidos de los habitantes de las ciudades , y devolverle a cada agricultor la porción procedente de los productos que originalmente había suministrado a la ciudad, se podría mantener la productividad de sus tierras casi intacta en los tiempos venideros , y la reserva existente de elementos minerales de cada campo fértil seria de sobra suficiente para las necesidades de las poblaciones en aumento”(Foster, 2013, p. 239).

Es así que la industria y la agricultura a gran escala se combinan para empobrecer el suelo y al trabajador.

Marx se refiere a las condiciones naturales como elementos determinantes de la dinámica del capital; estas pueden referirse como contribuciones de la naturaleza a la producción física. Por tanto, las condiciones naturales favorables aumentan la productividad del trabajo y reducen el valor de cambio de las mercancías, que a su vez incrementan la producción del valor excedente y la utilidad. Sin embargo, las “condiciones naturales o externas” al igual que la fuerza de trabajo, no tienen un valor de cambio, pero sí un valor de uso, por lo que se les denomina mercancías ficticias; de hecho, las condiciones naturales y la fuerza de trabajo no son producidas de manera capitalista, aunque son compradas y vendidas como si lo fuesen (Marx, 2000).

Para Harvey (2012), los economistas y capitalistas cuentan con un ingenio delirante para ponerle precio al ambiente; por mucho capital que se invierta en la transformación y aprovechamiento de los recursos naturales (agua, tierra, aire entre otros), estos son producidos bajo una lógica que no los reconoce para su venta en el mercado mundial. En este sentido, la teoría del valor permite identificar que la tierra, el agua, el aire y otros elementos naturales no cuentan con este precio, a pesar de estar dispuestos para el uso del capital en cantidades y condiciones, cuyos límites representan barreras al desarrollo del capital. El hecho de que una especie se extinga, o que un ecosistema se pierda, da lugar a problemas económicos, políticos, sociales, culturales e

ideológicos, pero principalmente ecológicos; abriendo paso a la paradoja de crisis ambiental que eventualmente tomará forma de crisis económica.

Como resultado de una práctica sobre extractiva y continua, existe una crisis ambiental de alcance global, cuyas principales implicaciones son para la producción de alimentos, así como para la estabilidad económica de los países que dependen de los recursos naturales. La pesca por ejemplo, demuestra que la captura intensiva de algunos peces ha ocasionado una falta de disponibilidad; en 1993, la FAO informó que 9 de las 17 pesquerías más importantes del mundo estaban pasando por serios problemas, 4 de las cuales se han declarado comercialmente agotadas y las otras, como plenamente agotadas o sobrexplotadas. Incluso, las especies más afectadas se están acercando a la extinción no solo comercial sino biológica (O' Connor, 1998).

Al mismo tiempo, los cambios en los patrones climáticos, la temperatura, la salinidad del agua, el crecimiento de las flotas pesqueras, las prácticas de pesca que matan peces inmaduros, la destrucción de las zonas costeras de desove, son algunas de las principales causas de este impacto negativo, sin duda como resultado de las operaciones de la dinámica de acumulación capitalista (O'Connor, 1998). Sin embargo, los capitalistas tratan de minimizar los comentarios sobre las catástrofes ambientales y destacan el compromiso de las empresas con la tecnología y los productos verdes, porque temen el costo económico de hacerle frente a una verdadera crisis (Sartelli, 2013).

En la economía capitalista, las utilidades son tanto el medio como el fin de la actividad económica; el capital en expansión se configura cuando los capitales individuales usan las actividades productivas para generar más utilidades, lo que sin duda se vuelve una lógica de "dinero en busca de más dinero". Esta expansión capitalista no tiene límites estrictamente económicos, debido a que el capital subvalúa la naturaleza y solo se encuentra con límites ecológicos (O' Connor, 1998).

De esta manera el patrón actual es extraer y consumir estos recursos a un ritmo muy acelerado mayor a lo de su producción geológica (Martínez y Roca, 2001), ya que principalmente, la naturaleza se rige sobre principios muy distintos a los de la dinámica del capital, incluyendo aquellos sistemas biológicos y físicos, ciclos hidrológicos, sistemas de calor /energía, ciclos del suelo, diversidad del ecosistema, entre otros. Por esta razón, en algún punto de la producción, el capital se encontrará con barreras naturales que deberá superar. No obstante, el capital puede funcionar independientemente de cualquier condición natural; según Gary Snyder, el capital

“expande lo suficiente su sostén económico como para poder permitirse destrozar un ecosistema y seguir avanzando” (O’ Connor, 1998).

De hecho, la globalización, a lo largo de la historia ha generado una serie de beneficios pero también una cantidad apreciable de desigualdades, inequidades y en general, condiciones deplorables (Bifani, 1997).

En este sentido, cuando la economía se encuentra en estado de expansión, la demanda de materias primas crece; el resultado es que los capitales individuales deben convertir una gran parte de sus utilidades en más materias primas. Por tanto, los aumentos de la demanda de recursos y la mayor explotación de los mismos elevan los costos promedio, tendiendo a deprimir las tasas de ganancia y de acumulación. Es entonces que los capitales individuales y combinados intentan superar los cuellos de botella invirtiendo en equipo, tecnología e infraestructura para poder explotar nuevas fuentes de materia prima, depósitos de minerales, de combustibles fósiles y tierra fértil por mencionar algunas. Sin embargo, cuando el capital se encuentra en estado de crisis, las materias primas relativamente caras, crean incentivos para que los capitales individuales reciclen, utilicen sustitutos, produzcan y usen eficientemente determinada cantidad de materiales y de combustibles (O’ Connor, 1998).

Históricamente, el capital industrial a través de la innovación tecnológica ha encontrado maneras de utilizar eficientemente los materiales, pero con fines económicos; las mejoras en el sistema de transporte fueron motivadas por objetivos económicos: aumentar la capacidad de transporte, reducir el tiempo de las travesías, rebajar los costos entre otros. Tanto la globalización como el mercado libre concentran riqueza y poder, no son equitativos y definitivamente son excluyentes, recayendo en un sector vulnerable con unas cuantas excepciones, el costo de extracción de recursos se ha reducido y la cantidad de energía necesaria para generar determinada cantidad de electricidad ha bajado...“no se puede tener libertad total y al mismo tiempo pretender la protección o conservación máxima del sistema natural” (Bifani, 1997).

Por otro lado, las materias primas baratas plantean el peligro de un rápido agotamiento de los recursos naturales, no porque sean baratas, sino porque cuando es así, las tasas de utilidad son relativamente altas, y por lo tanto, la demanda de recursos y la acumulación serán relativamente rápidas. En este sentido, las altas tasas de ganancia conllevan altas tasas de acumulación, las que a su vez llevan a una mayor demanda de materias primas; en consecuencia, los niveles más altos de explotación de materias primas crean costos de producción más bajos cuyos resultados son tasas

de utilidad y acumulación más altas todavía. En pocas palabras, si las materias primas son baratas, las tasas de acumulación y agotamiento de recursos serán relativamente altas. Sin embargo, si las materias primas son caras, se harán inversiones de capital para reducir su costo o desarrollar formas de utilizarlas eficientemente (O' Connor, 1998).

Es este sentido, si no se interrumpe la dinámica de acumulación de capital, serán más altas las tasas de agotamiento de recursos naturales, así como la generación de residuos contaminantes.

La naturaleza es un punto de partida para el capital pero no suele ser un punto de regreso. La naturaleza es un grifo económico y también un sumidero, pero un grifo que puede secarse y un sumidero que puede taparse. La naturaleza, como grifo, ha sido más o menos capitalizada; la naturaleza como sumidero está más o menos no capitalizada. El grifo es casi siempre propiedad privada; el sumidero suele ser propiedad común. El grifo es, evidentemente, una metáfora del agotamiento de recursos; el sumidero lo es de la contaminación (O' Connor, 1998, p.221).

Un factor central es la economía neoclásica, que está regida por el mercado y el mercado a su vez por la competencia, que obliga a producir siempre más. Con ello la explotación de recursos naturales y la generación de residuos dan un salto significativo (Tommasino, 2005).

Las economías globales no tienen interés en dejar sus patrones de producción e incluso inducen a la población a consumir sus productos de forma desmedida. Es así que la naturaleza no solo es el proveedor de materias primas, sino también el basurero global (Brown, 2008).

De hecho, cuando los capitales individuales tienen problemas económicos, tienden a ser ecológicamente más descuidados en lo que respecta a las técnicas de exploración, extracción y procesamiento. Esto se debe a que los períodos de crecimiento lento o nulo no están buscando energía, metales y materias primas industriales per se, sino energía barata, metales y recursos baratos, producidos con menos atención a la protección ambiental (O' Connor, 1998).

Hacer que este metabolismo se vuelva equilibrado con el medio ambiente es todo un reto, ya que el bienestar humano depende de las materias primas que los ecosistemas nos proveen, no obstante estas actividades humanas están desgastando la capacidad de regeneración así como la capacidad de carga del medio ambiente natural (Newman y Jennings, 2008).

En este sentido, se produce un desarrollo desigual y un desequilibrio entre mercado y naturaleza. Según O' Connor (1998), el desarrollo desigual en términos del aprovechamiento de los recursos naturales se refiere a las distintas formas de agotamiento, contaminación y a la posibilidad de un desarrollo combinado. Dicha forma de desarrollo significa que el capital industrial, financiero y comercial tiene patrones de acumulación creciente, extensiva y con mayor

poder político, incrementando los impactos negativos en el ambiente. No obstante, algunas regiones, particularmente, el hemisferio norte cuenta con mayor capacidad económica, convirtiéndose en potencia industrial a costa de la disponibilidad de recursos en el resto del planeta, quien ha sido víctima en última instancia, de dicha racionalidad.

En esta lógica, los impactos provocados por el capital son desiguales, dado que los peores desastres ecológicos y humanos se producen en el hemisferio sur e incluso, en algunas colonias internas del hemisferio norte. Por tanto, la degradación de la naturaleza tiene efectos en sectores rurales, así como en las masas de población urbana con poco nivel de consolidación económica, desempleados, subempleados, minorías e incluso población en precariedad en el hemisferio norte. En este sentido, se reconoce que,

Los desastres naturales afectan más a los pobres y desamparados que a los que están mejor desde el punto de vista material; los terremotos de la ciudad de México y de Colombia en 1985, tuvieron mayores impactos en personas pobres, quienes recibieron poca o ninguna protección contra erupciones volcánicas e inundaciones. Incluso casos como minorías negras y pobres asentadas a la orilla de cauces (O'Connor, 1998, p.229).

El primer impacto del desarrollo desigual es el agotamiento de recursos; algunos ejemplos de ello son la expansión descontrolada por la producción azucarera en el noroeste de Brasil, que arruina la tierra, hundiendo a la región en pobreza de la que no se ha recuperado; en Sahel África, el ambiente ha sido arruinado por los efectos de la especialización de cultivos para exportación, cambiando la agricultura de subsistencia por agricultura de exportación o pastoreo; Por su parte, la deforestación de bosques y selvas tropicales más la correspondiente amenaza de fauna, pueden encontrarse desde Estados Unidos, donde han desaparecido bosques nativos, vida silvestre, debido a la expansión de la industria, el comercio y las exportaciones, desde el siglo XIX. Estos patrones de cambio, vulneran las condiciones del ambiente y empobrecen poblaciones que en algún momento se sustentaron en una economía integrada y equilibrada (O' Connor, 1998).

De hecho, a pesar de esfuerzos sociales, nos encontramos ante un derroche ecológico, es decir, las actividades humanas están excediendo la biocapacidad; estamos en una fase de exceso ecológico. Incluso, se reconoce que estos excesos son desiguales, ya que países desarrollados como E.U.A, Australia, Emiratos Árabes y países de Europa tienen huellas ecológicas per cápita que rebasan el doble del promedio. Por el contrario, países pobres como Costa Rica, Paraguay, Siria por mencionar algunos, con huellas ecológicas por debajo del promedio mundial (Newman y Jennings, 2008). En términos generales, el Informe Planeta Vivo 2002 muestra que la huella

ecológica total para los países de altos ingresos fue de 6,48 hectáreas globales por persona, en comparación con una cifra de 0,83 para los países de bajos ingresos (Informe planeta vivo, 2016).

Finalmente, los patrones de consumo de la sociedad industrial han llevado a la sobreexplotación de combustibles fósiles, impidiendo que la naturaleza recupere su capacidad de carga. En una sociedad en la que se reconocen los efectos negativos de la extracción y la utilización de recursos fósiles, es posible incorporar energías alternativas para mitigar sus correspondientes daños, sin embargo, el capital, y particularmente las petrolíferas van en sentido contrario a la racionalidad ecológica. Por tanto, el desarrollo desigual ha destruido recursos naturales, mientras que el desarrollo combinado ha añadido contaminación al proceso, ocasionando que el agotamiento y la contaminación dependen entre sí, pero como resultado del proceso global de producción.

7.4. Contaminación de los recursos naturales

“Contaminar, es apuñalar a la naturaleza por la espalda.”

En la economía capitalista, la naturaleza es considerada la base material de la producción, pero no un punto de retorno, por lo que el proceso de producción arroja desechos que se convierten en contaminación, lo cual resulta peligroso en algunas ocasiones. Paradójicamente, los subproductos indeseados tienen el efecto de agotar los recursos naturales; por ejemplo, la sobreexplotación y producción de petróleo agota los recursos fósiles, aunque en el proceso, el petróleo se convierte en productos petroquímicos dañinos para el ser humano y la naturaleza misma. La extracción de uranio agota los recursos y afecta la salud de los mineros, al mismo tiempo que trae consigo directa o indirectamente más contaminación. En otras palabras, cuanto mayor sea la tasa de utilidad y acumulación, mayor será la contaminación directa y mayor el agotamiento indirecto de los recursos (Marx, 2000).

En este sentido, O' Connor (1998), define a la contaminación por medio del desarrollo combinado, donde los recursos naturales se agotan indirectamente como resultado de la contaminación y a la inversa, la contaminación es un resultado indirecto del agotamiento de los recursos, los cuales tienen una interrelación. En este sentido, los desechos o también llamados subproductos de la industria y del consumo, llegan a tener una concentración espacial, convirtiéndose tarde o temprano en contaminación, ya que en determinado momento no puede llevarse a cabo el proceso de reciclaje del subproducto. Entonces, los desechos industriales,

municipales y domésticos se vuelven potencialmente nocivos para el ser humano, así como para los recursos naturales.

En esta lógica, parece deducirse que cuanto mayor sea el desarrollo desigual del capital, mayor será la concentración espacial de industrias, viviendas y poblaciones urbanas y más probable será que determinadas cantidades de desechos de diferentes tipos se transformen en contaminación peligrosa. En este sentido, se considera que

Estados Unidos es la fuente más grande de contaminación del aire, mientras que por ruido son los automóviles de las áreas metropolitanas; la fuente más grande de contaminación del agua son (al margen de la agricultura) los desagües municipales de las grandes zonas industriales, con elevada concentración de manufacturas y actividades relacionadas, así como de población (en Estados Unidos alrededor 40% de esos desechos consisten en descargas industriales) (O'Connor, 1998, p. 230).

Por su parte, las industrias químicas y petroquímicas en Estados Unidos, estimadas en 6,000 plantas, producen desechos tóxicos peligrosos, concentrados principalmente en comunidades obreras, siendo este el sector más vulnerable. Al respecto, se ha demostrado que los derrames de estas sustancias peligrosas son dañinas para los seres humanos, así como para el ecosistema. Por tanto, la centralización de las industrias y la población, hacen que los desechos se transformen en contaminación peligrosa para la salud del ser humano, principalmente, personas económicamente vulnerables, además de un desgaste progresivo al ambiente natural.

Ejemplos de los efectos de la contaminación sobre pueblos oprimidos son el envenenamiento de los mineros de uranio, indígenas de los Estados Unidos; los jornaleros agrícolas de México diezmados por la enfermedad y la muerte debido al envenenamiento con pesticidas; la muerte de decenas de personas en la ciudad de México (1984) cuando explotaron 80 mil barriles de gas líquido; la muerte de millares y las lesiones a mucho miles de personas más en Bopal, India (1984) como consecuencia de infiltración de isosianato de metilo empleado para fabricar pesticidas en la fábrica de Unión Carvide en esa ciudad (la sustancia toxica se escurrió de los tanques de almacenamiento subterráneos; la planta de apenas 5 años de antigüedad, se ubicaba en medio de los barrios bajos de la ciudad) (O'Connor, 1998, p. 229).

Ahora bien, Anderson (citado de O'Connor) habla acerca de la contaminación de la población y afirma que la ruptura del metabolismo entre el campo y la ciudad ha conducido a la pérdida de los recursos naturales puesto que los fertilizantes naturales no son regresados a la tierra.

"...toda persona que conozca la agricultura aunque solo sea de oídas – dice- sabe que el estiércol cuando se aplica al suelo, tiende a aumentar la fertilidad de este" (O'Connor, 1998, p. 229).

De hecho, mediante la aplicación de desechos humanos y animales, es posible mantener la fertilidad del suelo por siempre, sin la adición de fertilizantes dañinos y extraños. Sin embargo, en Londres de 1801, contradictoriamente gigantescos despilfarros de fertilizantes naturales eran

vertidos al Tamesis, que a su vez no solo contaminaba el recurso vital sino que también generaba problemas de salud a la gente de la parte baja de la ciudad; sin duda es un claro ejemplo de hasta qué punto la sociedad se había alejado de una economía agrícola sostenible.

En este sentido, el desarrollo capitalista desigual tiende a causar contaminación masiva en las zonas industriales, así como la degradación masiva de la biosfera, dañando y descuidando, las zonas productoras de materias primas. Es característico del sistema, la sobrepoblación, la sobreproletarización y pobreza en zonas subdesarrolladas, degradando a la sociedad e impactando las condiciones naturales. Mientras tanto, las zonas desarrolladas se vuelven cada vez más demandantes de materias primas, así como un consumidor potencial, necesitando mayor energía para la producción de mercancías, que posteriormente se convertirán en desechos contaminantes.

En esta lógica, los suelos y los recursos naturales del Sur se han extraído y exportado hacia las zonas del Norte, e incluso, actualmente se siguen exportando por la vía de la producción e intercambio de mercancías y la acumulación de capital para hacer su aparición en las zonas industriales en forma de desecho y contaminación. El agotamiento de los recursos, la infertilidad de los suelos, la devastación de los bosques; la contaminación y la pobreza generalizada del Sur, sin duda son una condición histórica en beneficio de las economías del Norte (Sunkel y Paz, 2005).

En esta lógica, las crisis del medio ambiente por efecto de las acciones humanas nos está llevando a tomar decisiones e incluso ver fronteras que no se habían explorado; comenzando por admitir que la naturaleza forma parte fundamental en el funcionamiento de la vida y el mercado mundial y por tanto no se puede ni debe, dejar fuera de toda argumentación. Sin embargo, las economías globales no tienen interés en dejar la dinámica de sus patrones de producción e incluso inducen a la población a consumir sus productos de forma desmedida. Es así que la naturaleza no solo es el proveedor de materias primas, sino también el basurero global. No obstante estas dinámicas impuestas por el mercado global rompen con el ritmo de regeneración y absorción del medio ambiente natural, es decir, los efectos por la extracción desequilibrada así como la contaminación, impactan directamente al ser humano y a la biodiversidad que lo rodea, puesto que los ciclos ecosistémicos se rompen y no se cumplen (Brown,2008).

Esto significa que en el capitalismo, a pesar que se le atribuye solamente 5% del tiempo en el desarrollo de la humanidad, sus avances tecnológicos han sido responsables de los mayores daños al ambiente desde la aparición del hombre en la tierra (Sartelli, 2013).

Entre los principales daños registrados en esta etapa de la humanidad, destaca la reducción de la masa forestal mundial en un 40% de la cubierta original, mientras que desde 1900 se han destruido 50 % de los humedales del planeta, así como 35% de los manglares y 30% de los arrecifes de coral, los cuales han desaparecido por la sobreexplotación y la acción humana. Incluso se reconoce que 30% de las especies del planeta se encuentran en peligro de extinción; a la fecha no existe información que indique que esta situación este mejorando (Informe planeta vivo, 2016)

La base de datos del Informe planeta vivo, monitorea 14,152 poblaciones y 3,706 especies de vertebrados entre ellos mamíferos, aves, peces, anfibios, y reptiles. En este sentido, resulta que entre los años 1970 y 2012, es decir, en 42 años, el tamaño de las poblaciones de vertebrados se redujo 58%, presentando una disminución al año de 2% (WWF, 2016). También entre 1970 y 2012, el IPV (Informe Planeta Vivo) registró que las poblaciones terrestres disminuyeron 38%, 81% en el sistema de agua dulce con las poblaciones monitoreadas, más 36% de reducción en poblaciones marítimas (WWF, 2016).

En lo que se refiere al agua, se estima que desde 1900 se han extraído cerca de 248,000 km³, cifra equivalente a 2 veces el agua de los lagos del mundo y a cerca de 200 veces el agua de todos los ríos del planeta (FAO, 2010; USGS, 1984).

Por tanto, la relación ambiente-ser humano ha sido contradictoria, por un lado destruyendo para sobrevivir y por el otro, reproduciendo o garantizando la reproducción de los seres vivos. Es un hecho, que cualquier tipo de historia ambiental del mundo muestra a sociedades más desarrolladas teniendo crisis ambientales, debido a la depredación de sus recursos naturales. Sin embargo, el modo productivo actual ha roto y desequilibrado al ambiente natural a un ritmo insostenible (Tommasino, 2005).

En este sentido, la sustentabilidad es una manera de abrir el cauce de la historia, que se forja recreando las condiciones de la vida en el planeta y los sentidos de la existencia humana; es la forma de cambiar de pensamiento y no seguir con la idea que los recursos son inagotables e infinitos; hablar de ciudad sustentable es lograr que factores como el desarrollo económico, la ecología, la comunidad y el sistema urbano, estén ligados entre sí. Esto implica hablar del cuidado del agua, suelo y energía, así como tecnologías y materiales amigables con el medio ambiente que lo rodea (Ibarra y Moreno, 2012). Por tanto, se sugiere que los objetivos y requisitos para que un desarrollo se vuelva sustentable o al menos más sustentable que ahora, son retomar el crecimiento económico, atendiendo las necesidades básicas del empleo, alimentación, energía, agua y

saneamiento, sin afectar la calidad de desarrollo con base en un nivel de población controlado, así como también conservando y mejorando la utilización de los recursos naturales. También es fundamental un sistema político-económico que sea capaz de generar excedentes con bases confiables y constantes, establezca una perfecta participación ciudadana en la toma de decisiones, un sistema de producción que respete la obligación de preservar la base ecológica de desarrollo, en conjunción con un sistema tecnológico que busque constantemente nuevas soluciones. Todo esto apoyado por un sistema nacional e internacional que estimule padrones sustentables de comercio y financiamiento (Pierri y Folarody, 2005).

7.5. Conclusiones

Es posible observar que a lo largo de la historia de las civilizaciones, se ha demostrado la inherente relación hombre- naturaleza, pero no es hasta la aparición del modo de producción capitalista que esta rompe los patrones tradicionales de aprovechamiento y comienza a deteriorar las condiciones naturales originales. En el transcurso de tal deterioro, se ha dado paso a la creación de una naturaleza gris, sombría y defectuosa, es decir, una naturaleza de fierro y concreto, desarticulando ese vínculo delicado, sentimental y compasivo hacia el ambiente, pero sustituyéndolo por un vínculo que deja utilidades. Tal lógica, considera a los recursos naturales como la base material de reproducción, ya que estos son susceptibles de ser extraídos y convertidos en mercancías; sustituyendo los servicios ambientales por materias primas listas para comerciarse en el mercado mundial. La racionalidad económica actual es multifacética, es rapaz cuando tiene que desmontar una selva entera, indiferente cuando extrae plusvalía del trabajo de la gente que se encuentran en una condición de miseria, e incluso ciego, cuando tiene que verter desechos industriales hacia ríos cristalinos. Sin duda, lo urbano es responsable de una serie de efectos en el ambiente, ya sea derivado de emplazarse de forma horizontal en el territorio, de las actividades que se llevan a cabo en la ciudad, es decir, industrias y comercios que basan sus actividades productivas en el aprovechamiento, conversión y reconversión de las materias primas, e incluso que decir de la sobrepoblación que demanda una cantidad importante de recursos naturales para su supervivencia. Por tal circunstancia, es necesario extraer de forma exponencial y contaminar a un ritmo acelerado; se extrae de esta forma para poder satisfacer necesidades, algunas veces absurdas, cumpliendo el paradigma de “dinero en busca de más dinero”, pero dejando a su paso gran cantidad de desechos

contaminantes, los cuales no permiten que los ciclos ecosistémicos absorban y degraden de forma natural, por el contrario, abren brecha hacia múltiples efectos por tal circunstancia. Finalmente, la racionalidad económica determina las condiciones de vulnerabilidad hacia los países y regiones con bajo presupuesto principalmente en el hemisferio sur, formando la primera línea de combate contra la pobreza, hambre, sed, cambio climático, extinción de especies, guerras, ecocidios y muerte.

8. Capítulo 2: Status del agua y efluentes residuales urbanos en el planeta

8.1. El agua como mercancía

No se aprecia el valor del agua, hasta que el pozo está vacío
-Tomas Fuller-

La dinámica generada por un modo de producción neoliberal a la par de los avances técnicos derivados de una práctica industrial globalizada, dan lugar a ciertos patrones de explotación y degradación de los ecosistemas naturales e incluso pueden ser considerados como responsables de los desequilibrios en los ciclos biogeoquímicos, los cuales generan efectos negativos en la sociedad (Kondratiev, 2008).

En particular, cuando se revisa el caso del agua, es posible observar que dicho recurso ha sido impactado de manera importante por la inercia de una lógica capitalista, en la que los recursos naturales son la base material de su modo productivo. En este sentido, se calcula se han extraído 248,000 km³ de agua desde 1900, cantidad equivalente a 2 veces el agua de los lagos del mundo y a 198 veces los ríos del planeta (FAO, 2010; USGS, 1984).

La lógica de extracción del agua a menudo suele irrumpir, desbaratar y desechar los derechos de las personas de algunas regiones. En otras palabras, “perturbadores de la felicidad” o “Violadores de derechos” no son etiquetas que únicamente le pertenezcan a los terroristas de Afganistán, ni aquellos que desaparecen a 43 estudiantes o trafican con órganos en México. Varios terroristas se refugian en las salas de edificios corporativos y se escudan tras las reglas del libre comercio de la OMC, el tratado de libre comercio de América del Norte (TLCAN) e incluso también se refugian tras los condicionantes del FMI y del Banco Mundial. Incluso, Estados Unidos también comete un acto de terrorismo ecológico al negarse a firmar el protocolo de Kioto, ya que debido a los efectos del calentamiento global numerosas poblaciones están en riesgo de ser borradas; millones de personas, así como de seres vivos mueren por inundaciones, sequías y ciclones, y son víctimas de los impactos causados por el cambio climático y la contaminación por combustibles fósiles. En síntesis, el despojo forzoso de los recursos también es una forma de terrorismo, es decir, el terrorismo corporativo (Shiva, 2003).

De hecho, el terrorismo corporativo no solo amenaza con robar el recurso vital de algunas poblaciones, sino que ya ha cobrado la vida de personas, ya sea por la vía de la contaminación, por la extracción o bien por las balas utilizadas en las guerras por el agua. Por ejemplo, 50 millones

de indios tribales han visto sus hogares inundados debido a la destrucción de presas en la últimas cuatro décadas, ellos también fueron víctimas de violencia, enfrentando el terror del progreso económico pero destructivo. La destrucción de los recursos hídricos, de las cuencas fluviales, y de los acuíferos forestales, sin duda son una forma de terrorismo. Negarles a los pobres el acceso al agua al privatizar la distribución del líquido o al contaminar manantiales y ríos, también es terrorismo que mata a millones de personas en el planeta. En este sentido, la avaricia y la apropiación de los recursos preciosos del planeta, entre ellos el agua, que pertenecen a otros o que en estricto sentido no pertenecen a nadie, son la génesis de las guerras y del terrorismo ecológico. De hecho, un discurso del ex presidente Bush, menciona que el motivo de la guerra mundial contra el terrorismo, es por la defensa del “estilo de vida” estadounidense y europeo; no obstante, esto presupone declararle la guerra al planeta, pero sobre todo a poblaciones enteras del hemisferio sur, quienes son dueños de petróleo, agua y biodiversidad, a los cuales se les arrebató por la fuerza y lo único que se les retribuye son desechos contaminantes dañinos para la salud (Shiva, 2003).

Al mismo tiempo, resulta inaceptable que un estilo de vida perteneciente al 20% de la población mundial (países desarrollados) utilice 80% de los recursos del planeta y despoje de su porción de recursos al 80% de la población restante, pero que a la larga esto signifique la destrucción del planeta (Frei, 2012). Es un hecho que no se puede sobrevivir como especie si se privilegia la avaricia de unos cuantos y si la economía de la avaricia fija las reglas de cómo vivir y como morir (Shiva, 2003); como dice Gandhi:

“la tierra tiene suficiente para las necesidades de todos, pero no para la avaricia de unos cuantos”.

Los connotados casos de escasez de agua en Israel, China, India, Bolivia, Canadá, México, Ghana, Estados Unidos y el mundo en general, están acaparando los titulares de los principales organismos del mundo, considerando al agua y no al petróleo como oro líquido; principalmente por la importancia del agua en la ejecución de las actividades productivas y comerciales. No obstante, la ausencia de agua exige un choque de culturas, una parte que ve el agua como un elemento sagrado que preserva la vida y la otra que la considera una mercancía cuya propiedad y comercio son derechos fundamentales de corporaciones lucrativas. Aquellas culturas que reciben y comparten agua gratuitamente, así como las que preservan y cuidan de la misma, están en constante guerra con los apóstoles de la mercantilización del recurso; la cultura tradicional enfrenta peleas en contra de la privatización, la avaricia y el despojo del agua.

Mientras que de un bando de las guerras por el agua se encuentran un puñado de multinacionales, ayudadas por organizaciones globales como el Banco Mundial, la Organización Mundial de Comercio, el Fondo Monetario Internacional y los gobiernos del G7, por el otro millones de personas y especies que buscan agua suficiente para su sustento (Shiva, 2003).

A pesar de ello, el agua es considerada la matriz de la cultura, de la vida y clave para el bienestar de las sociedades de todo el mundo, más este líquido se encuentra amenazado junto con la cantidad de seres vivos que dependen de ella.

Si bien, dos terceras partes del planeta se componen de agua del total disponible, 97.5% es salada, reduciendo a solamente 1% el volumen para atender las necesidades humanas. Por tanto, enfrentamos una grave escasez del recurso enmarcando de manera aguda e invisible la devastación ecológica de la tierra. De igual manera, disponibilidad y distribución son determinantes para su aprovechamiento; por ejemplo, mientras Asia dispone de 36% del agua dulce, Europa solamente se adjudica 8% (CONAGUA, 2015).

Según Shiva (2003) en 1998, 28 países experimentaron tensión por la escasez hídrica y se prevé que para 2025 esta cifra aumente a 56, incluso se contempla que el número de personas sin agua suficiente aumentará de 131 millones en 1990 a 817 millones para 2025. En términos generales, un país enfrenta una crisis del agua cuando su disponibilidad es menor a 1,000 metros cúbicos por persona al año, cualquier cifra inferior a esta implica impactos negativos en la salud de los habitantes y el desarrollo económico de una nación. Cuando el agua es inferior a los 500 metros cúbicos por persona, la vida del pueblo queda gravemente comprometida. Por ejemplo:

“En 1951, la disponibilidad promedio de agua en la India era de 3,400 metros cúbicos por persona al año y para finales de los noventa esta cifra disminuyó a 1,250 metros cúbicos. Se espera que para 2050 reduzca hasta 750 metros cúbicos per cápita” (Shiva, 2003, p. 16).

Se calcula que desde 1970 el suministro global de agua per cápita se ha reducido un 33%, consecuencia del crecimiento poblacional pero también de la utilización excesiva e intensiva del agua por parte de las corporaciones privadas que la han convertido en una mercancía susceptible de ser explotada. Incluso, durante el último siglo la tasa de extracción del agua ha rebasado la tasa de crecimiento de la población por una relación de dos a un medio. De hecho se prevé que para 2030 el mundo tendrá que enfrentar un déficit de 40% del agua a nivel mundial (UNWATER, 2015).

En la actualidad, países con abundancia de agua se han convertido en naciones con escasez; países tercermundistas han caído en hambruna y sed, mientras la racionalidad económica neoliberal

se bebe el agua a tragantadas; incluso orillando a comunidades enteras a luchar, mientras la contaminación de las industrias envenena sus fuentes naturales de agua. En otras palabras, La historia de la escasez y contaminación del agua, ha sido una constante de avaricia, tecnologías negligentes y de tomar más de lo que la naturaleza puede absorber, limpiar y reponer (Shiva, 2003).

Entre las múltiples causas de la crisis del agua destacan la deforestación e incremento del consumo industrial. Por ejemplo, los bosques representan depósitos naturales que mantienen el agua en cuencas fluviales liberándola lentamente en forma de riachuelos y manantiales; además, las copas captan cualquier forma de precipitación, protegen el suelo e incrementan el potencial de las tierras forestales para absorber el agua, cumpliendo de manera equilibrada el ciclo natural. Sin embargo, derivado de la tala intensiva, los monocultivos y el cambio de especies endémicas dichos servicios ambientales están disminuyendo (Shiva, 2003).

Una ilustración del caso, es el riesgo que representa el eucalipto en las regiones donde el agua es escasa. Estudios de la Australian Central Scientific and Industrial Research Organization citado de Shiva (2003), revelan que los eucaliptos crean déficit de humedad en el suelo y aguas subterráneas, principalmente durante los años donde la precipitación es inferior a 1,000 milímetros; a lo largo y ancho de Australia, informes confirman la rápida destrucción de los recursos hídricos por efectos de la siembra masiva de esta especie, e incluso la FAO respalda dicha afirmación (FAO, 1987).

En India y algunas regiones del tercer mundo, el aumento de monocultivos de eucalipto para la industria del papel y la pulpa es responsable de problemas relacionados con la escasez del agua. No obstante, también se reconocen algunas intervenciones ante tal condición; en 1993 los agricultores del estado de Karnataka, realizaron una marcha masiva y arrancaron de raíz millones de retoños de eucalipto y sustituirlos por semillas de especies endémicas; en Sudáfrica, el programa Working for Water, planteó rejuvenecer los recursos hídricos al librarse de plantas ajenas como el eucalipto, los cuales han invadido más de 10 millones de hectáreas y utilizan alrededor de 3,300 millones de metros cúbicos de agua más que la fauna nativa, aumentando en 120% el caudal fluvial (Shiva, 2003).

Actualmente, enfrentamos una crisis del agua de alcance global que promete empeorar durante los próximos años y poniendo en tela de juicio los derechos sobre el agua que derivan en la vida misma. La economía globalizada está cambiando la definición del agua; que pasó de ser un bien comunal a ser un bien privado susceptible de convertirse en mercancía, ser extraído y

comerciarse libremente, creando mercados del agua pero exigiendo la demolición de todos los límites y reglamentos que se interpongan. Sin embargo, más que cualquier otro recurso, el agua debe seguir siendo un bien común, cuyo manejo esté en manos de las comunidades, principalmente porque el agua es considerada desde siempre, como un derecho natural, que no nace ni viene del Estado, sino un derecho que se deriva de las condiciones históricas, pero principalmente de la naturaleza. Las personas tienen derecho a la vida y a los recursos que los sustentan, de hecho, necesitar del agua para vivir es la razón de que el derecho al agua se acepte como un hecho social y natural. Incluso, se considera que los derechos sobre el agua son usufructuarios, es decir, la sociedad puede utilizar el recurso vital pero nadie es dueño del agua (Shiva, 2003).

8.2. La génesis de los efluentes residuales: Industria vs Uso Urbano-domestico

“Cuando la tierra está contaminada, la salud humana es imposible. Para sanarnos a nosotros mismos, debemos sanar nuestro planeta y para sanar nuestro planeta debemos sanarnos a nosotros mismos”.

- Bobby McLeod-

8.2.1. Industria

“El canto del río, pide clemencia”

Por efectos de una economía globalizada, el derecho de las personas y seres vivos al agua limpia, es sustituido virtualmente por el derecho a contaminar el agua, apoyando el derecho de las industrias a posicionarse en su territorio y contaminar el agua con las descargas generadas. Incluso, se reconoce que los organismos estatales favorecen a los responsables; además de contar con el apoyo de la ley, estas corporaciones privadas tienen mayor poder económico y político que los ciudadanos ordinarios, condición por la cual el Estado vocea a la industrialización como símbolo de progreso y desarrollo, permitiendo contaminar pero que ello no sea considerado grave. En algunos lugares del mundo existen iniciativas políticas que pretenden sancionar el hecho a descargar residuos contaminantes, promulgando el concepto de “el que contamina paga”. No obstante, estas no erradican el problema, precisamente por el poderío económico de estas industrias que prefieren pagar pero seguir contaminando (Baker and McKenzie, 2013).

De manera general, el mundo industrializado ha introducido disposiciones contra la contaminación, principalmente para sanear los ríos. Por ejemplo, en 1969, el río Cuyahoga ubicado en Ohio, que servía como tiradero para las industrias como lo hace cualquier cantidad de ríos,

estaba tan contaminado por sustancias químicas que se prendió en llamas, sin duda un hecho intolerable. Como resultado, en 1972 se aprobó la Ley del Agua Limpia, la cual determinaba que nadie tenía derecho a contaminar el agua limpia. En este mismo año, la contaminación proveniente de fuentes puntuales se había reducido, demostrando el poder de la regulación para poder controlar y mitigar los efectos de la contaminación. No obstante, la presión de las industrias en Estados Unidos desvió paulatinamente la atención en las reglas y los puntos de control de las descargas, pero priorizó las normas sobre la calidad del agua. Tal condición, provocó un retroceso, es decir, la contaminación dejó de ser una violación a la ley y se convirtió en algo permisible (Shiva, 2003).

Licencias, permisos de descarga y pagos económicos son algunas iniciativas que las compañías tratan de introducir para tener derecho a contaminar, tratando de compensar el daño ecológico. Sin duda, los apóstoles del libre mercado (comercial-industrial) promueven los derechos a contaminar y pagar, es decir, el costo pagado por los derechos que una entidad gubernamental otorga para descargar un desecho específico, principalmente hacia fuentes naturales de agua, es menor comparado con las utilidades. No obstante, los residuos industriales pero sobre todo aquellos que jalan del gatillo para verterlos al ambiente, ponen en riesgo la integridad de los seres vivos que reciben los efectos de manera directa e indirecta (Baker and McKenzie, 2013).

En términos técnicos, la contaminación industrial efectuada de manera directa o indirecta, en su momento fué materia física asumida como materia prima, es decir, suelos ricos en nutrientes, combustibles fósiles, minerales, bosques entre otros, son elementos que una vez susceptible de ser transformados en contaminación, considerados como un subproducto que en esta lógica no tiene retroceso (Shiva, 2003).

En esta lógica, la introducción de nuevas tecnologías ayuda a que los procesos de fabricación sean de acuerdo a las exigencias del mercado, pero necesitando una cantidad importante de materias primas y generando residuos contaminantes exponenciales; la industrialización de papel y el procesamiento del cuero generan mayor contaminación en comparación de los procesos tradicionales, ya que por cada tonelada de papel o rayón, la pulpa utiliza de 227,100 a 719,150 litros de agua; el blanqueo de cada tonelada de algodón requiere de 181,680 a 272,520 litros de agua; el empacado de ejotes y duraznos para su venta en mercados distantes puede consumir hasta 64,345 y 18,168 litros de agua, respectivamente (Shiva, 2003). Además, se calcula que para producir 250ml de cerveza y un par de zapatos de piel bovina se necesitan 75 y 8,000 litros de agua, respectivamente (CONAGUA, 2016).

En esta lógica, el abuso del recurso hídrico así como la contaminación del mismo, no se limitan a la lógica de producción tradicional sino a la lógica de mercado globalizada, es decir, víctima de las nuevas tecnologías computarizadas. Un estudio de South Network Justice y Campaign for Responsible Technology (citado por Shiva, 2003), menciona que para la fabricación de microprocesadores se involucran cantidades considerables de agua. En promedio un solo wafer o disco de silicón de 15 centímetros requiere 8,611 litros de agua desmineralizada. Para ser específicos, la planta de Intel ubicada en Rio Rancho, Nuevo México, es capaz de producir 5,000 wafers por semana, para lo cual se requieren 43,055 m³ de agua por semana y 2, 066,640 m³ al año. Tal situación se traduce en una sobre extracción del recurso y un uso intensivo, que al mismo tiempo es directamente proporcional a su contaminación (Shiva, 2003).

Por el contrario, los procesos tradicionales no dañan el medio natural; el papel hecho a mano y los tintes vegetales no causan contaminación; el tratamiento indígena del cuero es muy prudente y respetuosos del agua; las verduras y frutas frescas no requieren agua salvo al cultivarse (Shiva, 2003).

El hecho de adueñarse del agua es inherente a los efectos generados; entre otros, se estima que 1,200 millones de personas se encuentran en regiones donde existe escasez y 780 millones de personas no gozan de agua disponible de calidad (UNWATER, 2015); para 2050 la demanda mundial del recurso aumentará 55%, derivado entre otros factores del incremento de la urbanización (CONAGUA, 2015).

Incluso, en algunas regiones del mundo la gran sed es el pretexto perfecto para intentar suplantar el consumo del recurso vital por Coca-Cola y Pepsi; los productos de Coca-Cola son distribuidos en 195 países y generan utilidades hasta por 1,6000 millones de dólares. En este sentido, apropiarse del agua, generar sed, canalizar tal condición hacia el consumo de sus mercancías y verter los residuos líquidos hacia fuentes naturales de agua sin repercusión alguna, son los pasos que toda empresa debe seguir para generar mayores utilidades.

Todos los que formamos parte de la familia Coca-Cola nos despertamos por la mañana sabiendo que cada uno de los 5,600 millones de personas del mundo tendrán sed ese día. Si hacemos posible que ninguna de esas 5,600 millones de personas escape de Coca-Cola, entonces garantizaremos nuestro éxito futuro por muchos años (Shiva, 2003, p. 109).

Al mismo tiempo, las grandes empresas están conscientes que el agua es el único elemento que realmente calma la sed de los seres humanos, característica que la vuelve susceptible de mercantilizar, a pesar que dicho negocio sea responsable de casos de mortalidad y morbilidad. En

marzo de 1999, un estudio del Consejo de Defensa de los Recursos Naturales en torno a 103 marcas de agua embotellada, arrojó que ninguna de estas es más segura que el agua de la llave, ya que una tercera parte de las aguas embotelladas contenía arsénico y E. coli; una cuarta parte simplemente embotellaba agua de la llave. Además, en la India se reveló que 3 de las 13 marcas de agua embotellada se apegaba a las normas; sin embargo, ninguna de las marcas estaba libre de bacterias (Shiva, 2003).

Además de la relación directa entre consumo de mercancías y problemas en la salud del ser humano, los procesos de fabricación de las mismas, también generan contaminación que afecta al medio ambiente próximo, pero completando así el ciclo que en algún momento tendrá repercusiones inesperadas en el bienestar humano.

Entre los contaminantes industriales más peligrosos están los que contienen cloro; donde se destacan los bifenilos poloclorinados y las dioxinas, que son resultado de los procesos de manufactura e incineración de desperdicios. Estos residuos contaminantes, son arrojados a las aguas superficiales y pueden ser causantes de cáncer en animales y humanos e incluso causar problemas pre-natales; ya que los residuos pueden acumularse en el ser vivo (Méndez ,2002). Incluso, se reconocen otro, como el cianuro, níquel, plomo, mercurio, magnesio los cuales son nocivos para el ambiente y tóxicos para los seres vivos (Mendoza, 2014).

No obstante, la gama de mercancías en un mundo globalizado, significa también, una gama interminable de residuos tóxicos de carácter industrial-comercial presentes en los cuerpos de agua del mundo.

8.2.2. *Uso urbano-domestico*

“El agua sucia no puede lavarse”

-Proverbio de África Occidental-

El aprovechamiento del espacio como parte fundamental de la reproducción del capitalismo, ha impulsado patrones intensivos de urbanización, como fuente para la acumulación del capital. De hecho, la urbanización es considerada como la solución al problema entre excedente de población y de capital; este funciona como un instrumento de estabilización social ya que entre más se construye, la cantidad de empleos aumenta y por tanto, la cantidad de extracción de beneficios económicos incrementa, pero cristalizando una serie de impactos socio-ambientales, es decir,

dejando huella en el bienestar del ecosistema y la calidad de los recursos, entre ellos, el agua (Harvey, 2012).

En términos teóricos, el funcionamiento de la ciudad moderna necesita la existencia de una sobrepoblación, que sea susceptible a convertirse en una fuerza excedentaria de trabajo, es decir, de una masa de trabajadores desempleados y subempleados a quienes presionar en términos de salarios y prestaciones, con el objetivo de generar plusvalía en beneficio de la clase dominante. Por otro lado, es indiscutible que con este patrón de crecimiento, también se incrementa la demanda de recursos naturales y sus correspondientes servicios; este aumento poblacional es proporcional a la degradación del ambiente, a la par de las precarias condiciones de vida en la sociedad (Harvey, 2012).

No obstante, afirmar que la población sea responsable directa de la afectación al medio ambiente natural sería un error; Ester Boserup asegura que el crecimiento demográfico depende del enfoque que las autoridades decidan, ya que el excedente poblacional bien podría emplearse para el beneficio de las condiciones ambientales actuales, con una configuración participativa. A pesar de ello, autores como Jared Diamond y su flamante best seller llamado “Hundimiento” afirman lo contrario. Hoy en día este razonamiento sigue vigente, ya que en efecto, la gestión de un sistema energético renovable, la reforma ecológica de las ciudades y la restauración de los ecosistemas necesitarán gran cantidad de mano de obra. No obstante, existe una desatención por parte del sector político-administrativo, puesto que si se empleara esta masa excedentaria en la protección y restauración de los ecosistemas naturales se lograrían cambios considerables (Tanuro, 2013).

A pesar de dicho debate, la historia ha evidenciado que el crecimiento de una ciudad impulsa y estimula el crecimiento de otra, como consecuencia de una expansión del capital económico en relación con el centro y periferia. Sin embargo, pese a que el desarrollo de las ciudades reconoce ciertas condiciones que favorecieron la construcción de infraestructura como: sistemas de alcantarillado, red de agua potable y aprovisionamiento de gas para iluminar las calles y calentar las casas, se documenta que en tal proceso también emergen enfermedades, miseria y concentración diferenciada de población, lo que paulatinamente ocasiona conflictos entre las clases sociales; curiosamente la manifestación de tales condiciones no escapó de las manos de los capitalistas, que en su momento aprovecharon y convirtieron estos servicios en mercancías que el pueblo tenía que pagar (Hartman, 2008). De manera general, la ciudad puede considerarse como

un organismo que no solo concentra población, sino que demanda recursos naturales y genera cantidades exponenciales de contaminación.

La contaminación del agua en particular, es un acto que pone en tela de juicio el bienestar de cualquier ser vivo. Incluso, si se revisa la distribución del recurso vital en el planeta comparada con la generación de contaminantes, la condición de vulnerabilidad se agudiza y potencializa; el agua ocupa dos terceras partes de la superficie del planeta, sin embargo, de la cantidad total de agua en planeta, el 97 % es agua de mar y otro 2 % está atrapado en los cascos polares, así que menos del 1% está a disposición de satisfacer las necesidades de los seres vivos (Méndez, 2002). Con respecto a la localización y disponibilidad del agua pueden observarse tales características, ver tabla 1.

Tabla 1

Distribución y volúmenes de agua en el planeta.

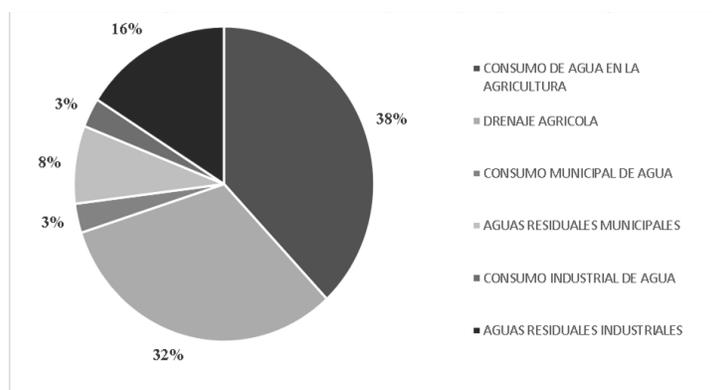
ORIGEN DEL AGUA	VOLUMEN DEL AGUA EN KM3	% DE AGUA TOTAL
OCEANOS	1,321,000,000	97.240%
CAPAS DE HIELO, GLACIARES	29,200,000	2.14%
AGUA SUBTERRANEA	8,340,000	0.61%
LAGOS DE AGUA DULCE	125,000	0.009%
MARES TIERRA ADENTRO	104,000	0.008%
HUMEDAD DE LA TIERRA	667,000	0.005%
ATMOSFERA	12,900	0.001%
RIOS	1,250	0.0001%
VOLUMEN TOTAL	1,360,000,000	100%

Fuente: Elaboración propia con datos de FAO Y USG, 2016.

Tanto disponibilidad como distribución son determinantes para su aprovechamiento; por ejemplo, mientras Asia dispone de 36% del agua dulce, Europa solamente se adjudica 8% (CONAGUA, 2015). Al mismo tiempo, la distribución del agua respecto a sus patrones de aprovechamiento son diferenciados; se estima que el uso doméstico es responsable del 10% del consumo de agua a nivel mundial, mientras que la industria y agricultura requieren 15% y 75%, respectivamente (CONAGUA, 2015). No obstante, del 75% de agua utilizada en la agricultura, 40% regresa al ambiente en forma de evaporación, incorporándose de nuevo al ciclo biogeoquímico del agua (UNWATER, 2017), ver figura 1

Figura 1

Destino de las extracciones de agua dulce: consumo y generación de aguas residuales a nivel mundial por sector principal de uso de agua



Elaboración propia con datos de WWDR, 2017.

Si bien es cierto, el agua aprovechada para la producción de alimentos beneficia a millones de personas, el consumo bajo criterios solo economicistas, ha rebasado las necesidades fisiológicas hasta alcanzar un consumo exponencial, desmedido y diferenciado. En esta lógica, existe una demanda inusual en términos de producción alimentaria, por ejemplo, para producir 1 kg de maíz se necesitan 900 litros de agua; para 1 kg de trigo se requieren 1,300 litros y también 3,400 litros de agua para 1 kg de arroz (CONAGUA, 2015).

El agua tiene un nivel de consumo diferenciado, particularmente condicionado por los requerimientos de los sectores de actividad económica y la disponibilidad regional; en primera instancia su libre acceso en la naturaleza es determinante para que el sector privado de lugar a patrones de apropiación y uso que le son necesarios productivamente, pero a costa de los beneficios sociales. Por otra parte, el recurso tiende a ser desechado, de tal manera que pasa de ser indispensable a un desecho inservible, como es el caso de las aguas residuales. Estas últimas pueden ser descritas como una combinación de efluentes con distintos orígenes, incluyendo los efluentes domésticos que se separan en aguas negras (excremento, orina y lodos fecales) y grises (agua de lavabo y regadera); industriales; aguas de establecimientos comerciales incluidos hospitales; efluentes derivados de la agricultura e incluso el agua de lluvia (UNWATER, 2017).

En esta lógica, la mayoría de las actividades económicas utilizan agua y por tanto generan casi de manera proporcional residuos contaminantes, teniendo repercusiones negativas en la salud humana, la productividad económica, la calidad del agua dulce y en general un desequilibrio en el ciclo ecosistémico. De hecho, la condición de vulnerabilidad socio-ambiental se deriva

principalmente de la poca o casi nula atención en términos de tratamiento de las aguas residuales urbanas; se estima que en promedio 80% de las aguas residuales generadas en el planeta no cuentan con tratamiento adecuado antes de ser vertidas al ambiente e incluso en países subdesarrollados económicamente, esta cifra aumenta hasta 95% (UNWATER, 2017). Si bien existe una diferenciación entre el nivel de ingreso de un país respecto al nivel de tratamiento de estas, los países de ingresos altos tratan 70% de sus efluentes residuales, mientras que en los países de ingresos medios-altos la cifra se reduce a 38% e incluso cae hasta 28% en los países medios-bajos. Sin embargo, solo 8% de las aguas residuales industriales y municipales de los países con bajos ingresos se someten a algún tipo de tratamiento. En este sentido, el objetivo principal de los países desarrollados económicamente al tratar el agua contaminada, es preservar el ambiente con el fin de mantener la calidad del agua para poder enfrentar las condiciones de escasez. Sin embargo, el paradigma existente respeta marginalmente la condición de clase social o el género, ya que verter los residuos líquidos urbanos tratados y no tratados hacia las fuentes naturales próximas es una acción constante en el planeta (UNWATER, 2017).

En el caso de los países subdesarrollados, es práctica común verter las aguas residuales a fuentes superficiales sin tratamiento alguno, debido entre otras cosas a la falta de infraestructura, capacidad técnica, institucional y sin el financiamiento necesario (UNWATER, 2017). Además, el hecho de colectar o captar las aguas residuales, no significa que necesariamente estas reciban tratamiento adecuado, es decir, en algunos casos el agua contaminada captada es liberada inmediatamente hacia fuentes naturales próximas. Otro aspecto importante es la poca y casi nula existencia de información respecto a las aguas residuales, tanto en los países desarrollados como en subdesarrollados; según la ONU, de 181 países analizados para la elaboración del informe mundial del agua 2017, solo 55 tenían información confiable e incluso algunos de estos datos se encontraban desactualizados.

En resumidas cuentas, se calcula que para alcanzar las condiciones óptimas de saneamiento se necesita hacer una inversión de 53,000 millones de dólares durante 5 años consecutivos, lo cual significa alrededor del 0.1% del PIB mundial (Producto Interno Bruto) estimado para el 2010. Considerando tal escenario, la inversión universal en saneamiento traería retribuciones económicas de 5.5 veces a 1, sin embargo, la incertidumbre es de alcance global ante las condiciones insuficientes en términos de agua y saneamiento. De hecho, en la actualidad aún 748 millones de

personas no disponen de agua de calidad y 2,500 millones no cuentan con instalaciones adecuadas de saneamiento (UN WATER, 2015).

En las regiones subdesarrolladas, la capacidad de tratamiento de las aguas residuales está condicionada por las circunstancias económicas locales, misma que puede resultar ineficiente generando efectos negativos en la salud, la alimentación y los patrones de vida de la población, es decir, se observa una mayor incidencia en los sectores sociales más vulnerables. En este sentido, la estructuración urbana subdesarrollada, es decir, aquella localizada en periferias sin consolidación, irregular o en sitios vulnerables como causes o zonas federales restringidas, son sectores marginales directamente expuestos a los efectos de los contaminantes residuales y por tanto, se les agudiza su condición de vulnerabilidad cuando estos son vertidos directamente al ambiente (UNWATER, 2017).

En el marco de la diversificación productiva actual, las aguas residuales urbanas están compuestas de 99% agua y 1% sólidos disueltos y al mismo tiempo, contienen sustancias contaminantes que incluyen bacterias, virus, parásitos y químicos tóxicos. Estos son liberados al ambiente comúnmente en ríos, lagos, barrancas y mares, lo que paradójicamente significa que el ser humano tendrá contacto con los mismos y aunado a ello consecuencias en su salud (UNWATER, 2017; NRDC, 2004).

Las aguas residuales urbanas municipales tienen una composición variada, debido a la gama de elementos contaminantes generados por los sectores industrial, comercial, institucional y doméstico; en esta lógica, los efluentes residuales municipales sin tratamiento resultan un reto de escala global dado que su incremento es directamente proporcional a la expansión del sistema urbano. Desde que este proceso implica una creciente reproducción de patrones urbanos marginales, se estima que la vulnerabilidad de estos ante la emisión de aguas residuales también se agudizará; se calcula que en promedio 30.17% de la población urbana vive en asentamientos irregulares, incluso este porcentaje es de 32.7% en regiones en desarrollo (UNWATER, 2017; ONU, 2016). En estos sectores territoriales es donde prevalece una falta de disponibilidad de infraestructura de saneamiento o de elementos necesarios como letrinas y excusados limitados, inexistentes o en ocasiones de uso comunal, y en ocasiones sin conexión a la red de drenaje municipal. Estas condiciones obligan a la población a defecar al aire libre, incrementando las probabilidades de enfermar por tales condiciones insalubres (UNWATER, 2017).

Si bien es cierto, esta condición permea particularmente en países en desarrollo económico por no contar con la infraestructura necesaria, capacidades técnicas e institucionales así como la falta de financiamientos necesarios, sigue siendo un paradigma mundial; en la actualidad, no importa status social o nivel de desarrollo, el vertido de aguas residuales sin tratamiento es una práctica habitual (UNWATER, 2017).

La Agencia de Protección Ambiental de los E.U.A (EPA), calcula que anualmente el total de aguas negras generadas por cada condado del país americano sería capaz de llenar el Empire State y el Madison Square Garden. Además, un informe del Consejo para la Defensa de Recursos Naturales titulado “Nadando en aguas negras”, arrojó que el derrame de aguas negras a los causes de las aguas superficiales causan deterioro ambiental y problemas en la salud pública (NRDC, 2004). Para ejemplificar tal situación, se considera lo siguiente:

En el Condado de Hamilton, Ohio, un sólo sistema de drenaje descarga 283 millones de litros (75 millones de galones) de aguas negras sin tratar al arroyo Mill Creek cada año, incluso durante los meses de verano cuando los niños nadan en el río. En Indianápolis, se descargan al medio ambiente más de 3700 millones de litros (más de mil millones de galones) de aguas negras sin tratar cada año porque las plantas de tratamiento no pueden manejar el flujo durante la temporada de lluvias. En Michigan, dos mil casas sufrieron daños relacionados con aguas negras en 1999 y 2000 y en Washington, D.C., poco más de un centímetro de lluvia puede hacer que los drenajes se derramen hacia el Río Anacostia, que atraviesa el centro de la ciudad (NRDC, 2004, p.V).

Los efectos que generan los efluentes residuales urbanos, particularmente se derivan por su composición; en términos técnicos, las aguas residuales se consideran como una combinación de uno o más de los siguientes residuos: efluentes domésticos que consisten en aguas negras (excremento, orina y lodos fecales) y aguas grises (aguas servidas de lavado y baño); agua de establecimientos comerciales e instituciones, incluidos hospitales; efluentes industriales, aguas pluviales y otras escorrentías urbanas; y escorrentías agrícola, hortícola y (UNWATER, 2017). Además, los efluentes residuales contienen una carga peligrosa de sustancias contaminantes como bacterias infecciosas, virus, parásitos y sustancias químicas tóxicas, es decir, por efectos de la contaminación del agua superficial en ríos y lagos, emergen enfermedades que afectan a los seres vivos y al humano en particular.

Cuando los efluentes residuales terminan en el agua que ingerimos o el agua que usamos para fines recreativos, el problema se agudiza. Por ejemplo en E.U.A:

Cada año se producen entre 1.8 millones y 3.5 millones de enfermedades por nadar en agua contaminada por derrames de aguas negras y otras 500 mil por beber agua contaminada.

Los costos en atención médica para EE.UU. por el consumo de mariscos contaminados con aguas negras fluctúan de \$2.5 millones y \$22 millones al año. En los arrecifes de los Cayos de la Florida, el 70% de los corales elkhorn han sido arrasados por la viruela blanca, que es causada por bacterias que se desarrollan en los intestinos de los seres humanos (NRDC, 2004, p. 2).

Como se observa, el paradigma existente no reconoce la importancia de tratar el agua e incluso, existe la urgencia por desprendernos de ella; una vez que el agua es utilizada se le considera como una carga a ser eliminada o una molestia a ser ignorada. Sin embargo, frente a un panorama en el que países enteros sufren de escasez, los efluentes residuales forman parte fundamental en la gestión del ciclo del agua. Por tanto, nos encontramos frente a un cambio de paradigma en la gestión de las aguas residuales urbanas, puesto que estas aguas solo pasan por un proceso de captación, tratamiento y eliminación, mas no contemplan la reutilización, reciclado y recuperación del recurso. Las aguas residuales toman un papel alternativo importante frente al crecimiento poblacional y a la constante demanda del recurso. Es decir, las aguas residuales no son el problema, sino que forman parte de la solución ante los conflictos que enfrentan algunas comunidades; haciendo efectivos los diversos productos y subproductos derivados como: fuentes rentables de energía, nutrientes y materia orgánica (UNWATER, 2017).

En términos generales, las aguas residuales son un recurso abundante y valioso que puede involucrarse en una economía circular donde se busque el equilibrio entre el desarrollo económico, la protección de los recursos y la sostenibilidad ambiental. Ante ello, la agenda urbana 2030 para el desarrollo sostenible, tiene como objetivo mejorar la calidad del agua y reducir el total de descargas; eliminando el vertimiento al ambiente, minimizando la emisión de productos químicos y peligrosos; reduciendo a la mitad el agua sin tratar aumentando el reciclado y la reutilización (UNWATER, 2017).

8.2.3. Conclusiones

A nivel global, se identifican precarias circunstancias de disponibilidad de agua, principalmente en países no desarrollados económicamente; tal situación puede considerarse absurda, ya que en muchos de los casos el recurso perse existe. Sin embargo, la condición de ausencia de agua en estas regiones responsabiliza a los sectores privados que despojan y se apropian del agua como si este fuese una mercancía, a estos se les privilegia y se les otorga carta libre para beberse a tragantadas el agua que es de todos, o que en estricto sentido no pertenece a nadie que lucre con ella. Incluso, se presentan guerras por el agua, precisamente por lo fundamental del recurso para

mantener la vida de todo ser que habite el planeta. Nuevamente el papel de lo urbano, pero principalmente de la racionalidad económica emerge y se posiciona como el primer extractor de agua; en la actualidad se registran cantidades exponenciales de extracción, ocasionados por el consumo de agua en los procesos de fabricación de mercancías que se venden en el mercado global. Derivado de esta dinámica, una vez que el agua es aprovechada se ve como un residuo inservible y digno de ser desechado; el paradigma existente no contempla tratar el agua pero si contempla verter enseguida hacia fuentes superficiales de agua. Sin embargo, ante un panorama de escasez, las aguas residuales forman parte fundamental en la gestión del recurso; nos encontramos frente a un cambio de paradigma que contempla la reutilización, reciclado y recuperación del recurso y no solo el proceso de captación, tratamiento y eliminación. Las aguas residuales toman un papel alternativo importante frente al crecimiento poblacional y a la constante demanda del recurso. Es decir, las aguas contaminadas no son el problema, sino que forman parte de la solución ante los conflictos. En síntesis, el nuevo paradigma debe catalogar a los efluentes residuales como un recurso abundante y valioso, pero que deba buscar el equilibrio entre el desarrollo económico, la protección de los recursos y la sostenibilidad ambiental; mejorando la calidad del agua y reducir el total de descargas, eliminando el vertimiento al ambiente, minimizando la emisión de productos químicos y peligrosos; reduciendo en gran medida el agua sin tratar aumentando el reciclado y la reutilización.

9. Capítulo 3. Cuernavaca y sus aguas residuales

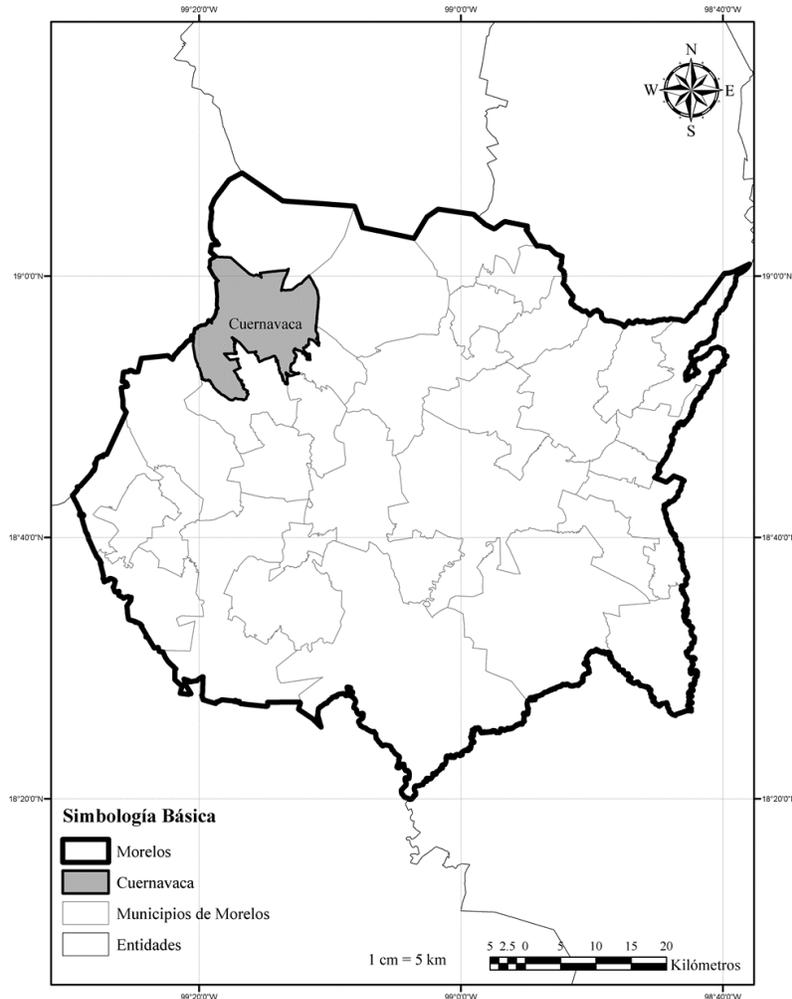
“¿A dónde van las aguas residuales en Cuernavaca?”

9.1. Clima, población y viviendas

El municipio de Cuernavaca se ubica al Noroeste del Estado de Morelos, con una extensión territorial de 152 km², correspondiente a 2.5% el área del Entidad. La ubicación geográfica del municipio es al Norte con latitud 19°01'29", al sur 18°50'31", al este a una longitud de -99°10'50" y -99°20'31" al oeste. Cuernavaca colinda con los municipios de Temixco, Jiutepec, Huitzilac, Tepoztlán, Miacatlán e incluso al Oeste limita con el Estado de México (Ayuntamiento de Cuernavaca, 2015), ver figura 2.

Figura 2

Cuernavaca, 2016. Ubicación de Cuernavaca

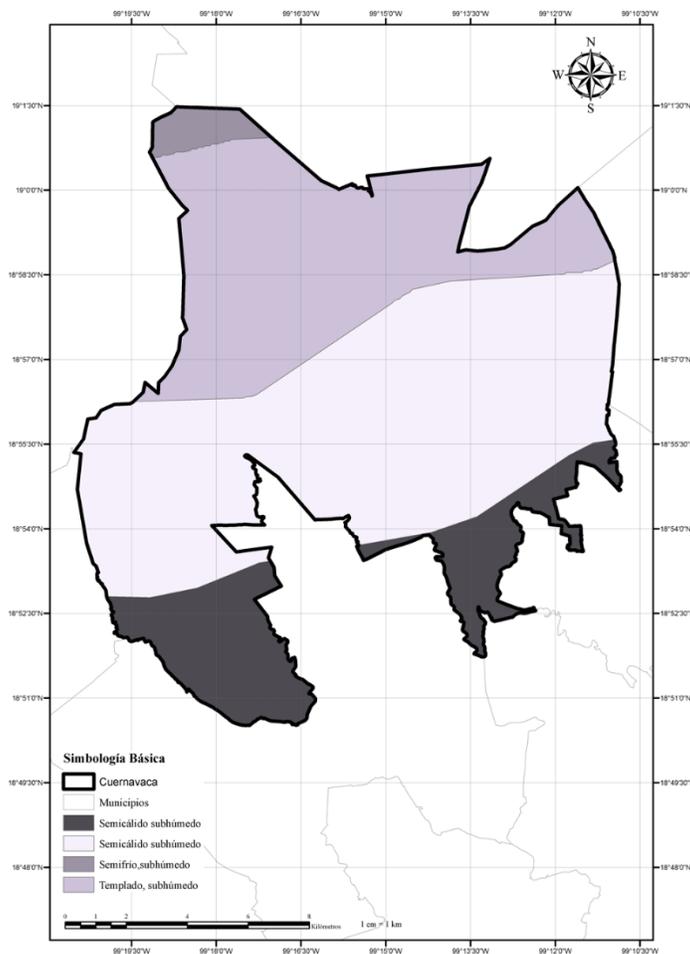


Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 2016a; INEGI, 2016b.

La palabra Cuernavaca tiene significados que hacen referencia a su característico contexto ambiental. En otras palabras, Cuernavaca viene del vocablo Cuauhnhuac, que proviene de Cuautli (árbol) y Nahuac (junto), lo que se traduce como "junto a los árboles". También la versión Toponimia de Oaxaca, Cuauh-nahua-c se define como Ccuahuitl (árbol) y nahuac (alrededor o rodeado de) que se describe como “en lo rodeado de árboles”. Estos nombres se le atribuyen al contexto biofísico natural comprendido por una cantidad importante de barrancas e incluso al corredor biológico Chichinautzin que colinda al Norte del mismo. En esta lógica, el sobrenombre que se le otorga a la ciudad es “Cuernavaca, la ciudad de la eterna primavera”, asociándolo principalmente a todas las condiciones naturales, pero en especial, al clima característico registrado en décadas anteriores. De hecho, en el año 1998 aún se registraban cuatro unidades climáticas a diferencia de las actuales, ver figura 3

Figura 3

Cuernavaca, 1998. Unidades climáticas

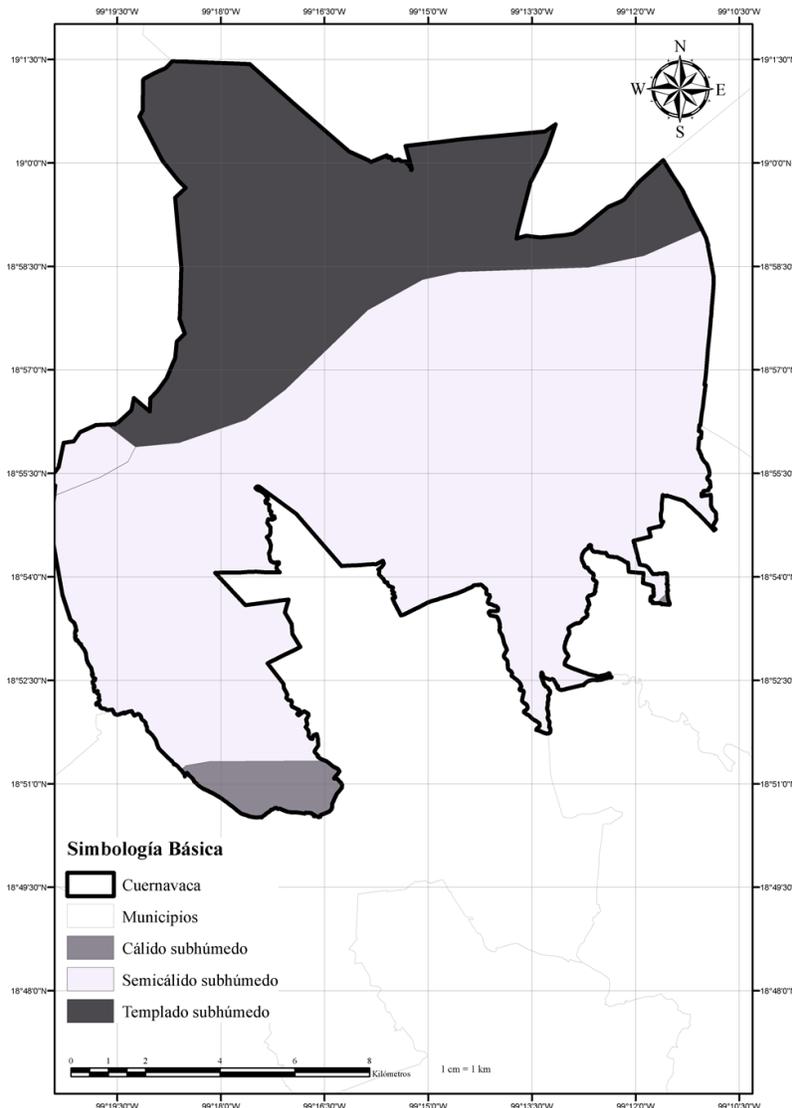


Fuente: Elaboración propia con datos de CONABIO, 1998; INEGI, 2016b.

Por el contrario, en las últimas décadas se ha registrado una variación en el clima con respecto a las unidades climáticas de 1998, es decir, ahora solo se clasifican 3 tipos en comparación con las 4 anteriores. En estas últimas se destacan, el clima sub húmedo en la parte Norte, para la zona Central el clima semi cálido subhúmedo y en la parte Suroeste predomina el cálido subhúmedo; destacando el desplazamiento del clima semifrío-subhúmedo registrado en años anteriores, ver figura 4.

Figura 4

Cuernavaca, 2017. Unidades Climáticas



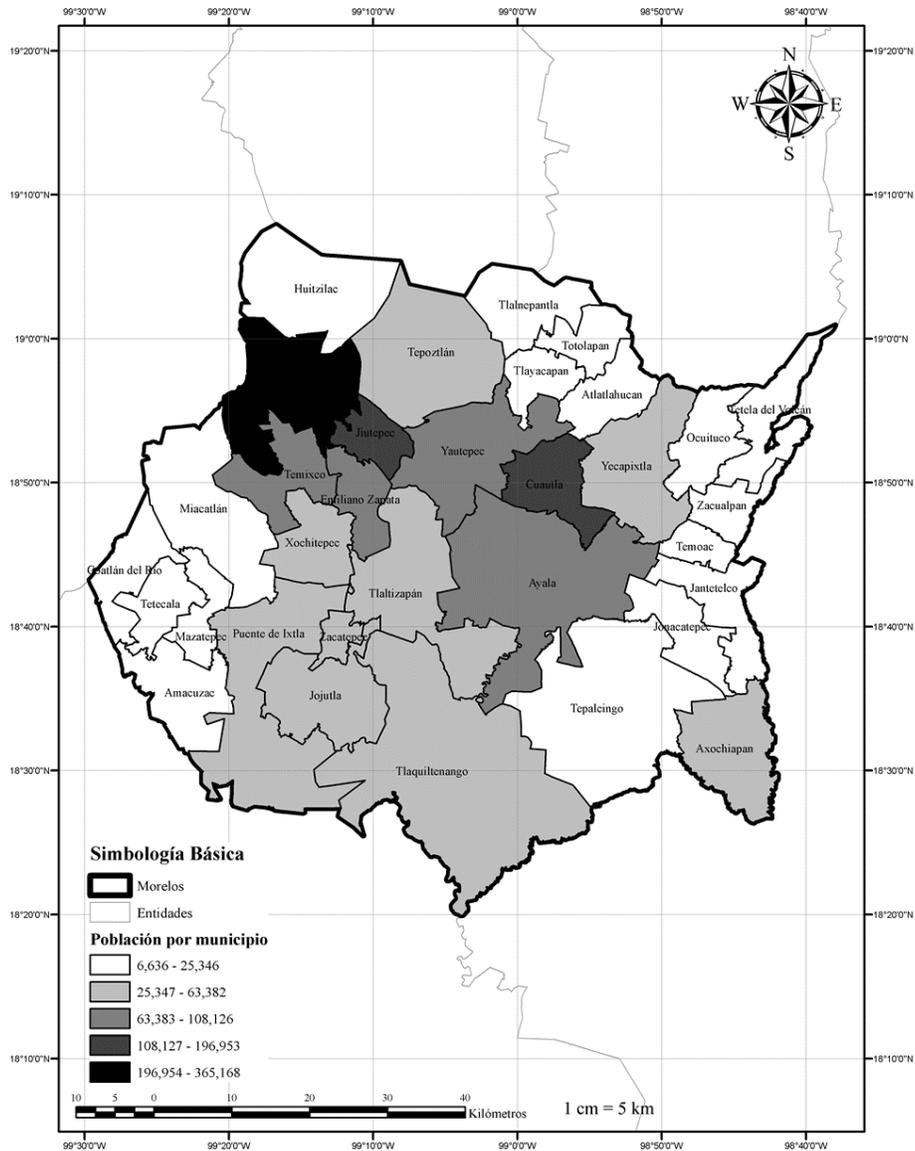
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 2008; INEGI, 2016b

Entre otras cosas, las variaciones de temperatura se pueden asociar a diversos factores, pero principalmente al crecimiento poblacional urbano, la deforestación, la contaminación y en general

al cambio climático regional. En términos de la urbanización particularmente, se estima que la zona metropolitana de Cuernavaca alberga a poco más de la mitad de la población del Estado, aunque por su parte Cuernavaca es el municipio que concentra 20% del mismo. En otras palabras, es el sector urbano al que se le atribuye una cantidad importante de la población estatal, pero aunado a ello, un incremento en la demanda de recursos naturales a la par del incremento de servicios básicos y la fragmentación territorial ocasionada directamente por su emplazamiento (INEGI, 2010a y CONABIO, 2012; INEGI,2010*), ver figura 5.

Figura 5

Morelos, 2016. Distribución poblacional por municipio



Fuente: Elaboración y calculo propio con datos de CONABIO, 2012; INEGI, 2016a; INEGI, 2016b.

Según el Censo Nacional de Población y Vivienda 2010, Cuernavaca se integra de 365,168 habitantes, de los cuales 192,267 son mujeres y 172,901 hombres, es decir 52.7% y 47.3% respectivamente. También, la distribución de la población del área urbana se clasifica según las viviendas particulares habitadas; en 2010 se registraron 365,125 viviendas totales, sin embargo, son solo 102,961 las viviendas habitadas que integran el municipio, lo cual significa el 22% del parque habitacional estatal, con un per cápita de 3.6 personas.

En concreto, las viviendas de tipo particular se clasifican en: casa independiente, departamento en edificio, vivienda en vecindad, vivienda en cuarto de azotea, local no construido para habitación, vivienda móvil, refugio y algunas no especificadas, ver tabla 2.

Tabla 2

Cuernavaca, 2010. Distribución por tipo y clase de vivienda

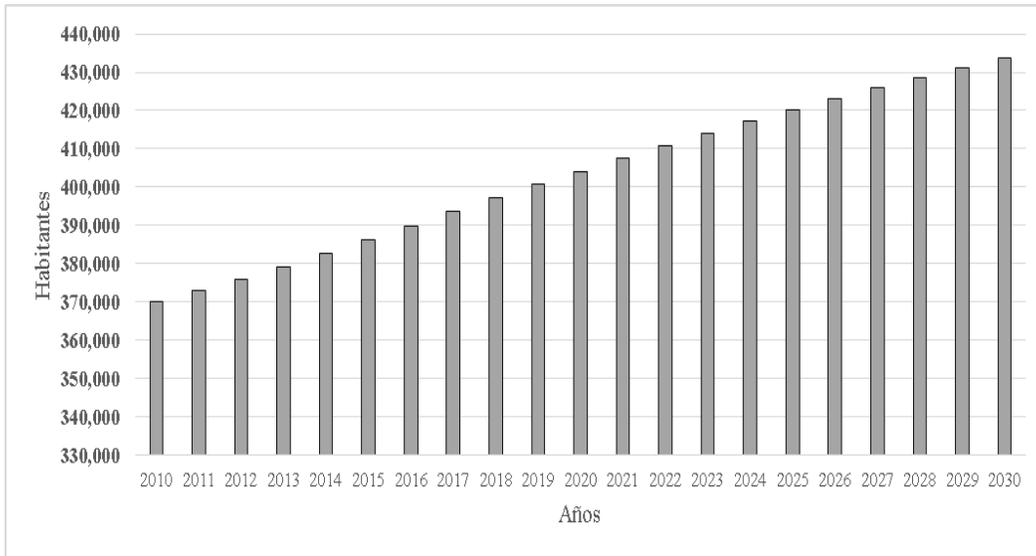
Municipio	Tipo de vivienda	Clases de vivienda ¹	Viviendas habitadas	Ocupantes ²		
				Total	Hombres	Mujeres
007 Cuernavaca	Total	Total	103,026	365,125	172,861	192,264
007 Cuernavaca	Vivienda particular	Total	102,961	363,605	172,353	191,252
007 Cuernavaca	Vivienda particular	Casa independiente	84,245	306,472	144,940	161,532
007 Cuernavaca	Vivienda particular	Departamento en edificio	8,420	25,386	11,797	13,589
007 Cuernavaca	Vivienda particular	Vivienda en vecindad	4,356	13,680	6,624	7,056
007 Cuernavaca	Vivienda particular	Vivienda en cuarto de azotea	84	246	126	120
007 Cuernavaca	Vivienda particular	Local no construido para habitación	81	228	117	111
007 Cuernavaca	Vivienda particular	Vivienda móvil	4	11	7	4
007 Cuernavaca	Vivienda particular	Refugio	7	14	10	4
007 Cuernavaca	Vivienda particular	No especificado	5,764	17,568	8,732	8,836
007 Cuernavaca	Vivienda colectiva	Total	65	1,520	508	1,012

Fuente: INEGI, 2010b.

Regresando a la lógica de aumento de población, recursos y servicios, la situación se torna difícil de enfrentar en los próximos años, dado que con base en la proyección de crecimiento poblacional, se calcula que esta aumentará para Cuernavaca, pasando de 365,168 habitantes en 2010 a 433,759 habitantes en 2030 (CONAPO, 2010). Por tanto, la población del municipio se habrá incrementado 17% en un lapso de 20 años; lo cual traerá entre otras cosas, mayor demanda de recursos naturales, entre ellos el agua, así como demanda de servicios básicos, drenaje e infraestructura de tratamiento de los residuos líquidos urbanos, ver figura 6.

Figura 6

Cuernavaca 2010-2030. Proyección de crecimiento poblacional



Fuente: Elaboración propia con datos de CONAPO, 2010.

En otras palabras, el constante e inevitable incremento poblacional de la ciudad, es un factor determinante que impacta directa e indirectamente sobre el medio ambiente natural y a su vez en las dinámicas económicas, culturales y sociales, limitando la capacidad de desarrollo de los habitantes. Particularmente, la demanda creciente de agua y servicios, más la contaminación casi proporcional a su consumo, abren el cauce hacia un desequilibrio del ecosistema y al mismo tiempo, la brecha en materia de desigualdad por el uso diferenciado del recurso y de los servicios.

9.2. Cuernavaca y sus servicios básicos

“¿Casi del 100%?”

De manera general, los servicios básicos en Cuernavaca presentan porcentajes de cobertura del siguiente tipo: 99.13% de las viviendas particulares tiene excusado, 95.12% dispone de agua y 98% cuenta con drenaje. Asumiendo que la media nacional se estima en 92.4% con disponibilidad de agua, 91% con excusado y drenaje, Cuernavaca es mayor, dado que sus indicadores se encuentran entre 3 y 7% mayores que en el país (INEGI, 2010c). Sin embargo, estos números deben ser analizados de manera categórica, ya que un porcentaje relativamente alto en cada uno de los rubros antes mencionados, no significa directamente una prestación de servicios eficiente, ni tampoco distribución igualitaria en los mismos.

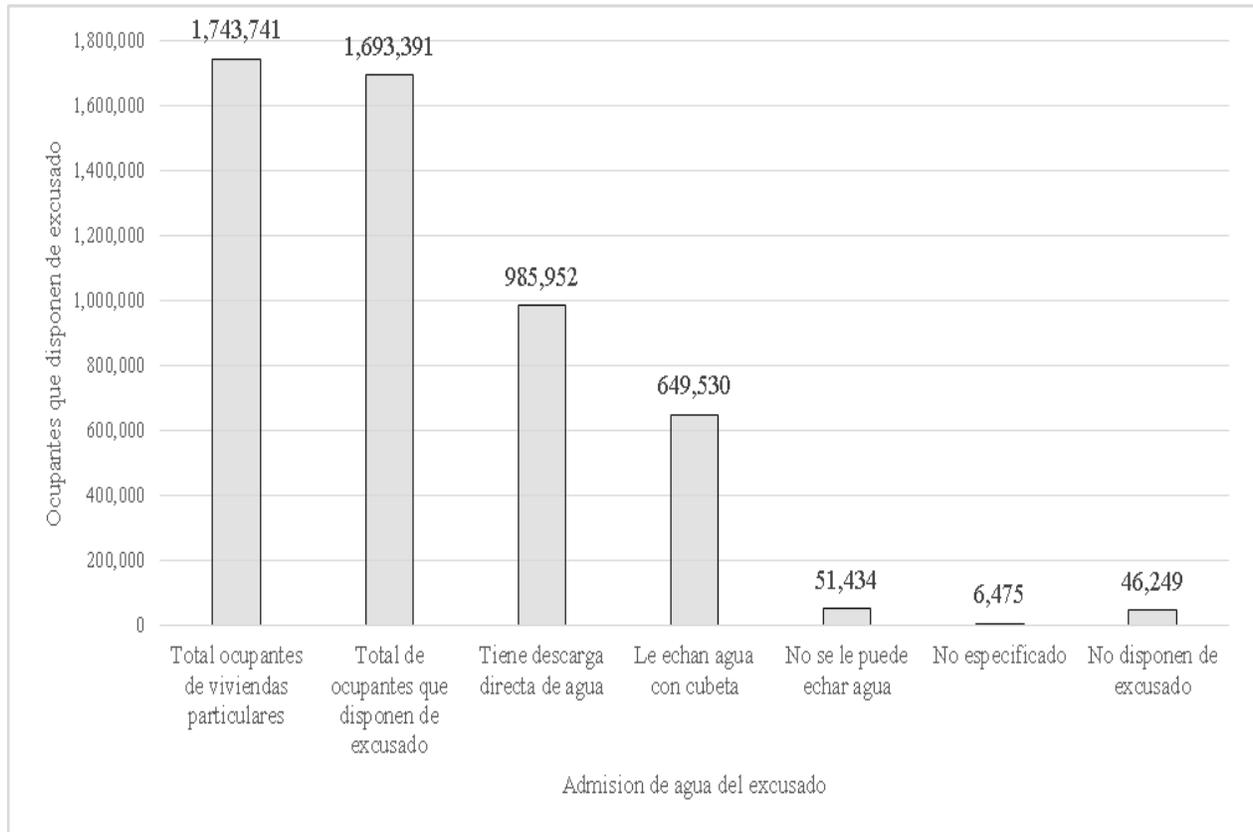
9.2.1. Disponibilidad de excusado

“Y a pesar de todo, algunos lo hacen al aire libre”

En el Estado de Morelos, con relación a los ocupantes de viviendas particulares habitadas por municipio, la disponibilidad de excusado y la admisión de agua, para el primero se estima que 97% cuenta con excusado, de las cuales 58.22% cuenta con descarga directa, el cual hace las veces de mueble sanitario principalmente, mientras que 38.6% le hecha agua con cubeta. No obstante, 46,249 ocupantes no cuenta con excusado y 6,475 no están especificados (INEGI, 2010d). Para estas últimas, se desconoce la situación, pero se podría inferir que su higiene la hacen al aire libre, condicionando el modo de vida de las personas sin este servicio y poniendo en tela de juicio las garantías con respecto al derecho de un saneamiento digno, además, de su integridad en materia de salud, ver figura 7.

Figura 7

Morelos, 2010. Disponibilidad de excusado y admisión de agua según disponibilidad de drenaje

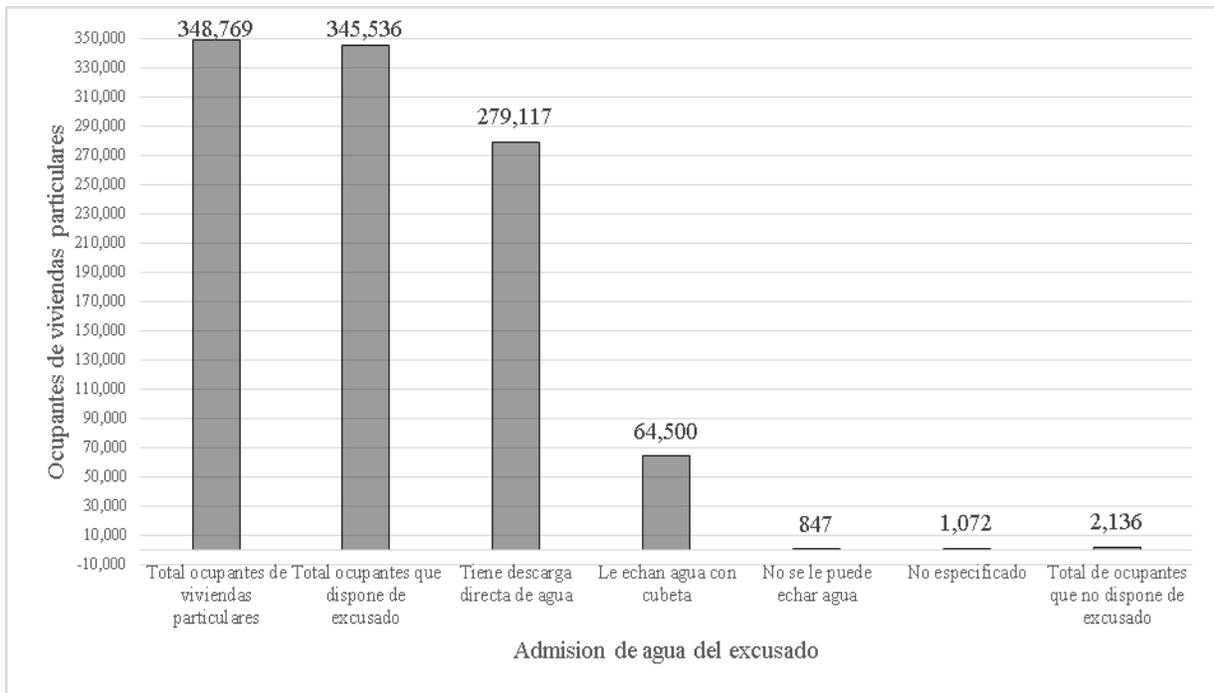


Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 2010d.

Por su parte, en el municipio de Cuernavaca, de los 348,769 ocupantes en viviendas particulares, 345,536 disponen de excusado, cifra equivalente a 99.13% del total. Sin embargo, la admisión de agua por excusado es diferenciada al igual que el caso estatal, ya que 279,117 ocupantes, es decir 80.1% tiene descarga directa de agua al excusado y 19% le hecha agua con cubeta. No obstante, son cerca de 4,000 ocupantes los que de alguna manera no disponen del mobiliario y se distribuyen en tres categorías principalmente, incluyendo, no especificado, no se le puede echar agua y no disponen de excusado (INEGI, 2010d), ver figura 8.

Figura 8

Cuernavaca, 2010. Disponibilidad de excusado y admisión de agua según disponibilidad de drenaje



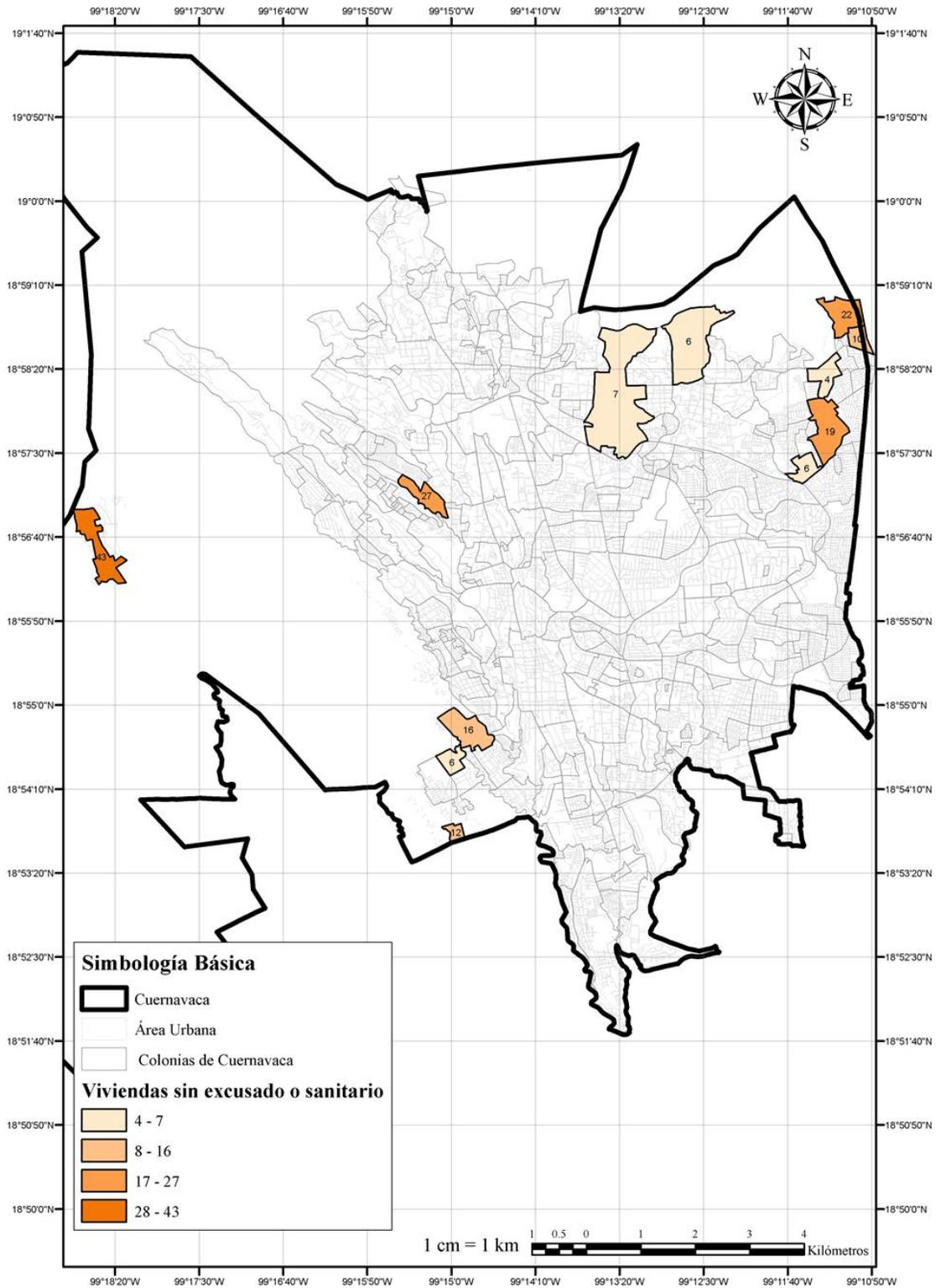
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 2010d.

En suma, con base en el análisis del índice de rezago social del CONEVAL, el cual describe la situación social-económica mediante indicadores clave como el educativo, servicios básicos, bienes de primera necesidad entre otros, se puede agregar que existen localidades o colonias con una mayor cantidad de viviendas particulares que no disponen de excusado o sanitario.

En particular, son 194 las viviendas que no disponen de este mobiliario, distribuidas en 14 colonias, más otras 834 viviendas dispersas en todo el municipio; en total son 1,028 las viviendas en Cuernavaca que no disponen de excusado o sanitario (SEDESOL y CONEVAL, 2010), ver figura 9.

Figura 9

Cuernavaca, 2010. Viviendas por colonia que no cuentan con excusado



Fuente: Elaboración propia con datos de SEDESOL y CONEVAL, 2010; INEGI, 2016b.

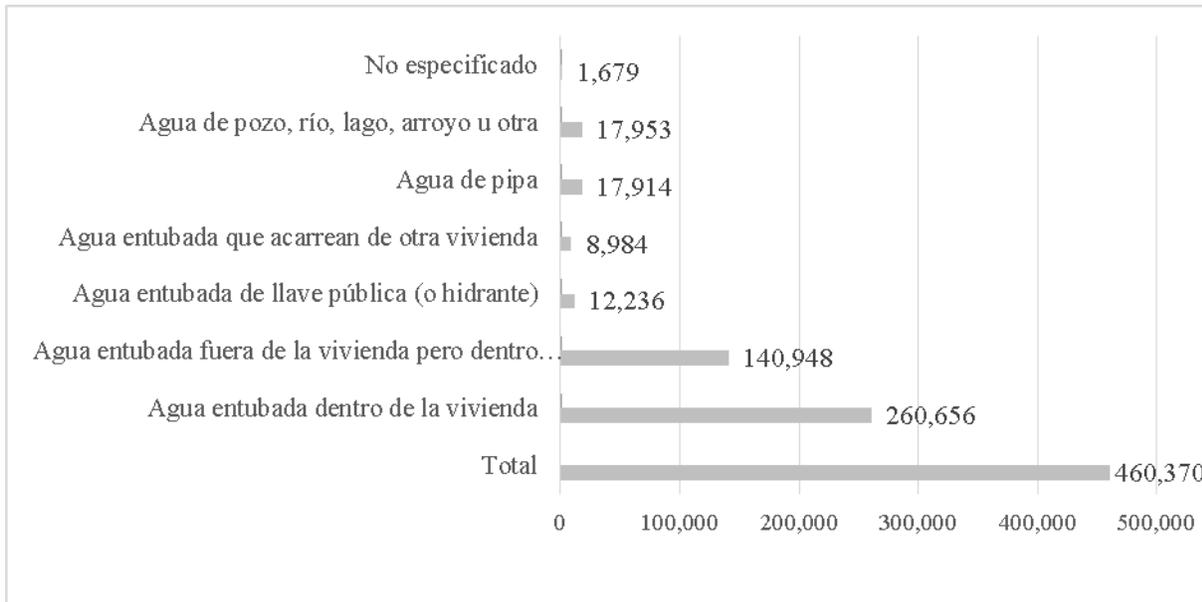
9.2.2. Disponibilidad de agua

“Un tubo no resuelve el problema”

En términos de agua, en Morelos son 460,370 las viviendas habitadas con disponibilidad de agua, correspondiente a 98.14%. No obstante, este porcentaje se divide en diferentes categorías, donde es posible apreciar que la distribución y disponibilidad del recurso es diferenciado, ya que algunas de las viviendas tienen que depender de otros medios para obtenerla; desatendiendo sus actividades laborales, reduciendo la calidad del agua e incluso poniendo en riesgo su integridad física (INEGI, 2010c), ver figura 10.

Figura 10

Morelos, 2010. Distribución y disponibilidad de agua



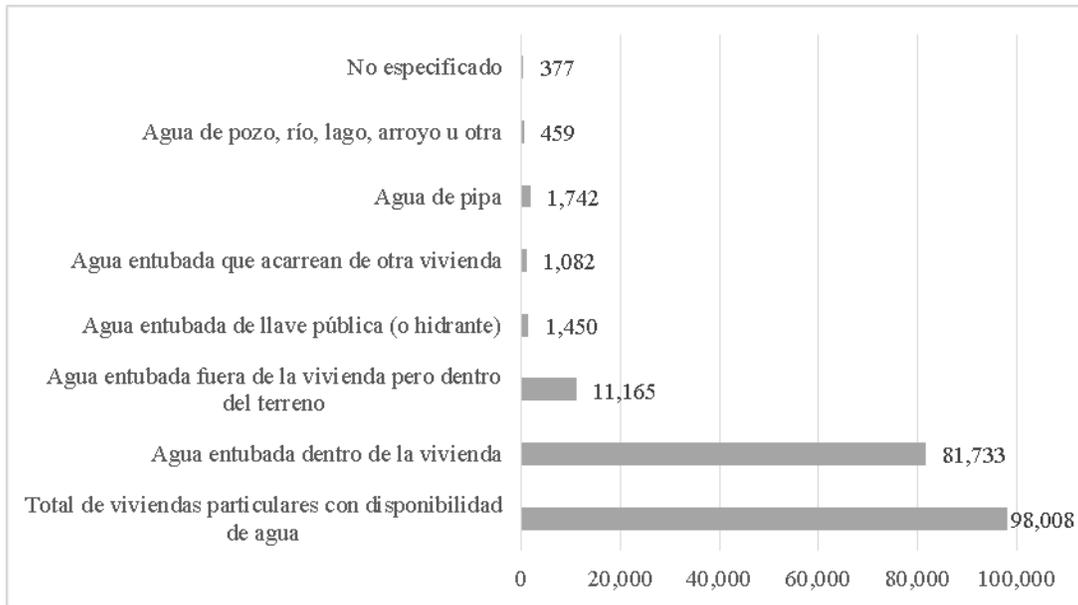
Fuente: elaboración propia con datos de INEGI, 2010c.

Tal disponibilidad se distribuye en categorías como: agua entubada dentro de la misma vivienda (56.62%); agua entubada fuera de la vivienda pero dentro del terreno (30.62%); agua que se obtiene de una llave pública o hidrante (2.66%); agua acarreada desde otra vivienda (1.95%); a través de pipa (3.90%); de algún pozo, río, lago, arroyo u otra (3.89%), y por último algunas que no están especificadas (0.36%), (INEGI, 2010c).

Para el caso de Cuernavaca, la disponibilidad de agua equivale a 95.12%, tomando en cuenta el número total de viviendas habitadas. Sin embargo, este porcentaje se divide en diferentes medios de acceso al servicio, al igual que el caso Estatal, ver figura 11.

Figura 11

Cuernavaca, 2010. Distribución y disponibilidad de agua



Fuente: Elaboración y cálculo propio con datos de INEGI, 2010c.

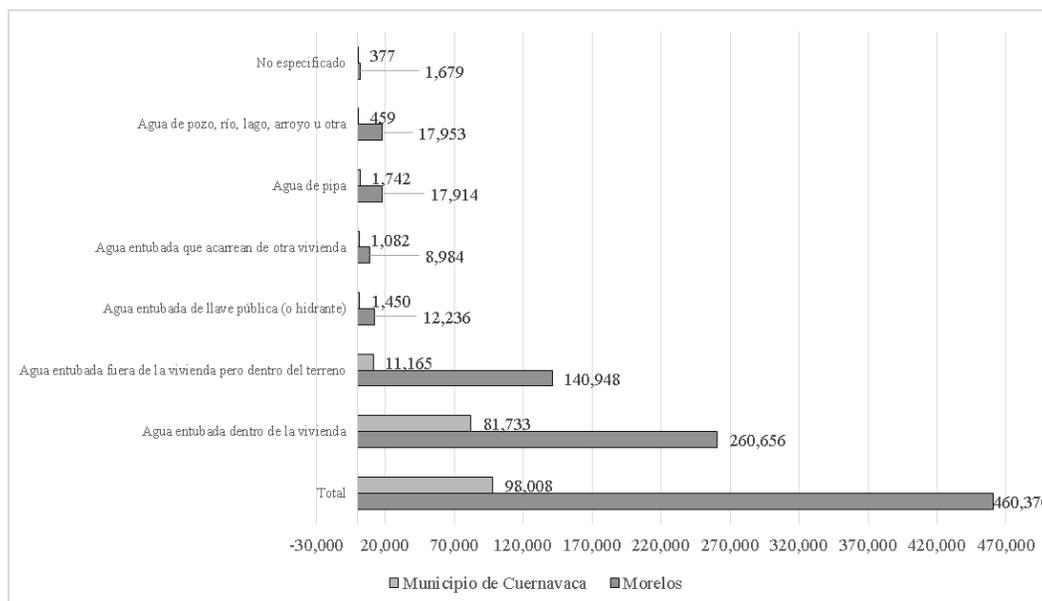
La disponibilidad de agua se distribuye en las mismas categorías que el caso estatal, evidentemente con porcentajes diferenciados. Es decir, en el municipio la categoría de agua entubada dentro de la misma vivienda se adjudica 83.40%; el agua entubada fuera de la vivienda pero dentro del terreno 11.40%; agua que se obtiene de una llave pública o hidrante 1.48%; agua acarreada desde otra vivienda 1.10%; a través de pipa 1.78%; de algún pozo, río, lago, arroyo u otra 0.47%, y por último, algunas que no están especificadas con 0.39%.

En esta lógica, haciendo la comparativa entre porcentajes con respecto al municipio y al Estado, podemos decir que para la categoría de agua entubada dentro de la vivienda, en Morelos hay un porcentaje de 26.78% menor que en el municipio. No obstante, para el caso de agua entubada fuera de la vivienda pero dentro del terreno, el resultado comparativo es de 19.22% más en el Estado. Ahora bien, para las otras categorías, es decir, agua que se obtiene de una llave pública o hidrante, agua acarreada desde otra vivienda, a través de pipa, de algún pozo, río, lago, arroyo u otra y por último, algunas que no están especificadas, los porcentajes más elevados le pertenecen al caso Estatal.

Además, comparando porcentajes municipales y estatales en términos de disponibilidad de agua, Cuernavaca se adjudica 22% del total, 18% que dispone de agua entubada dentro de la vivienda y 2.5% que dispone de agua entubada fuera de la vivienda, pero dentro del terreno, por mencionar los más significativos, ver figura 12.

Figura 12

Morelos-Cuernavaca, 2010. Distribución y disponibilidad de agua



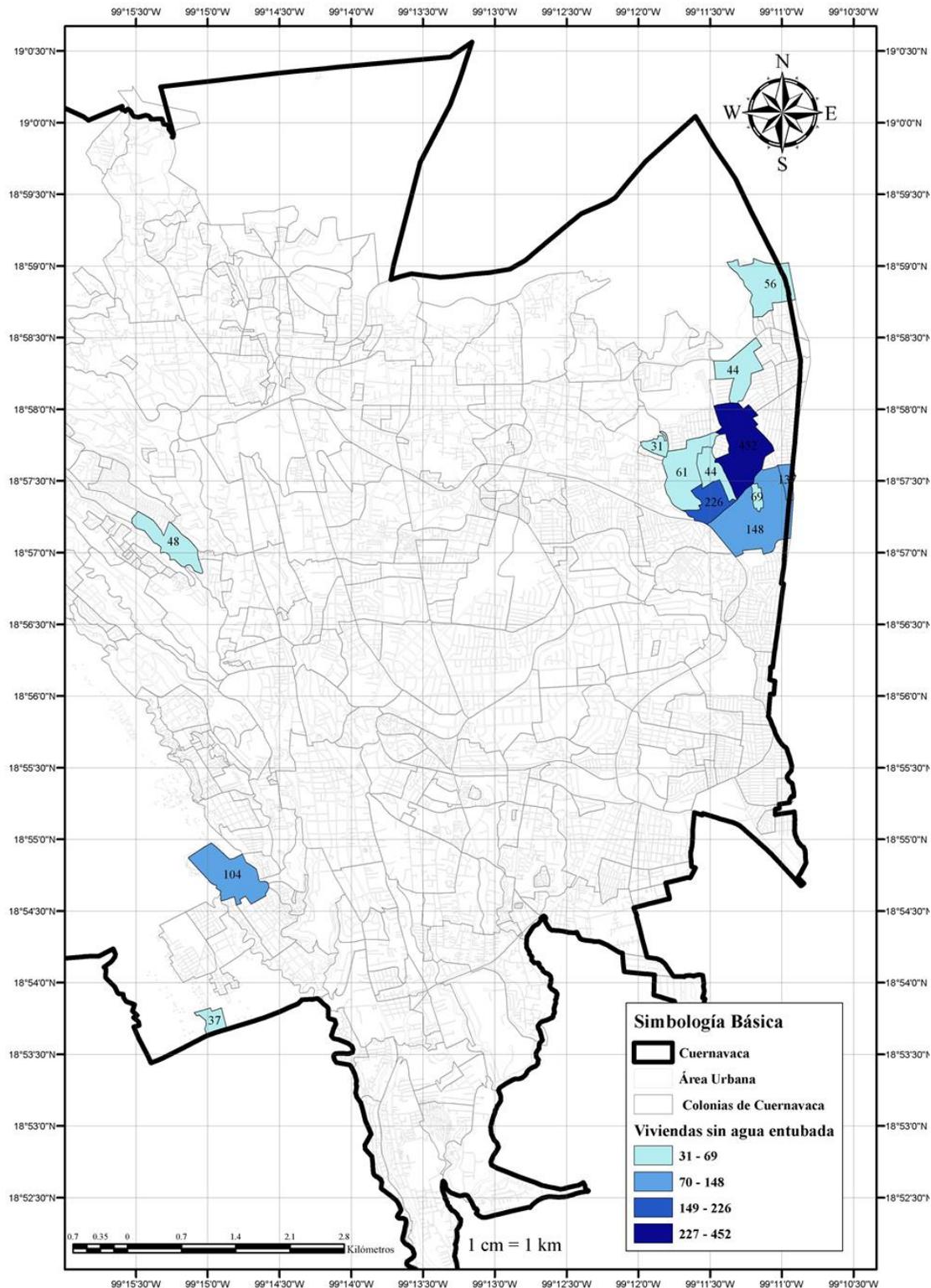
Fuente: Elaboración y cálculo propio con datos de INEGI, 2010c.

Además, por medio del índice de rezago social, se evidencian las colonias con mayor número de viviendas sin agua en el municipio de Cuernavaca.

En términos de disponibilidad, son 1,457 las viviendas que según el índice no cuentan con agua entubada, distribuidas en 14 localidades. No obstante, otras 2,944 viviendas sin acceso a este servicio, que se distribuyen en todo el municipio. En síntesis, son 4,401 las viviendas que no cuentan con agua entubada en Cuernavaca (SEDESOL y CONEVAL, 2010), ver figura 13.

Figura 13

Cuernavaca, 2010. Viviendas por colonia que no cuentan con agua entubada



Fuente: Elaboración propia con datos de SEDESOL y CONEVAL, 2010; INEGI, 2016b.

9.2.3. SAPAC, organismo operador de distribución de agua

“El absurdo del agua en la eterna primavera”

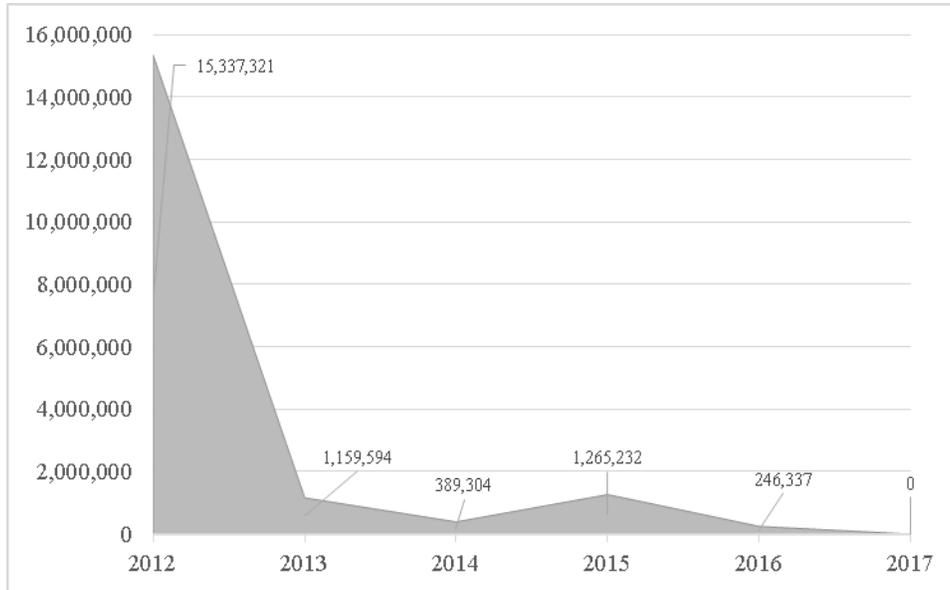
Un actor medular para el tema de agua y saneamiento en Cuernavaca, es el SAPAC (Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de Cuernavaca), organismo que se encarga de la extracción, distribución, potabilización y saneamiento. Actualmente, este organismo tiene serios problemas financieros que derivan en una situación de deficiencia en los servicios que presta a los habitantes. Particularmente, es la falta de inversión en la infraestructura hidráulica en los últimos años.

En tan solo seis años la situación se deterioró drásticamente. Mientras que en 2012, SAPAC invirtió \$15,337,321 en infraestructura, en 2017 no pudo destinar ni un solo peso a este rubro. A principios del año pasado SAPAC programó una inversión de 4.2 millones de pesos, pero en diciembre transfirió esos recursos a otro rubro (Morelos rinde cuentas, 2018; pág. 8).

Ante un panorama de ineficiencia, se muestra la falta de inversión de los últimos 6 años por la SAPAC, principalmente en infraestructura hidráulica y obra pública en Cuernavaca, ver figura 14.

Figura 14

Cuernavaca, 2018. Inversión en obra pública de la SAPAC



Fuente: Elaboración propia con datos de Morelos rinde cuentas, 2018.

Cuernavaca se encuentra entre las diez ciudades con los peores servicios básicos, entre los más importantes el agua (Morelos rinde cuentas, 2016). Además, si se compara a Cuernavaca con otras zonas metropolitanas del país, la ciudad queda mal posicionada; según un análisis del INEGI, que evalúa la calidad de servicios básicos de algunas ciudades, Cuernavaca se encuentra en el lugar

20 de 30. Se estima que casi 30% de la población de Cuernavaca está insatisfecha con los servicios de agua potable y 41% está inconforme con el servicio de drenaje y alcantarillado; la calificación que el municipio se gana con respecto a la eficiencia de estos servicios es de 6.49 puntos, en una escala del 1 al 10 (Morelos rinde cuentas, 2016), ver tabla 3.

Tabla 3

Cuernavaca, 2016. Calificación de servicios básicos por Z-M

Posición	Área metropolitana	Calificación
1	Culiacán	7.89
2	Saltillo	7.77
3	Tijuana	7.73
4	Querétaro	7.71
5	León	7.62
6	Mérida	7.53
7	Monterrey	7.53
8	Colima	7.43
9	Guadalajara	7.43
10	Durango	7.1
11	Campeche	7.07
12	Toluca	7.05
13	Tlaxcala	7.02
14	Cancún	6.89
15	Chihuahua	6.85
16	Tampico	6.78
17	Hermosillo	6.77
18	Morelia	6.64
19	Veracruz	6.55
20	Cuernavaca	6.49
21	Tepic	6.44
22	La paz	6.41
23	Pachuca	6.38
24	Zacatecas	6.35
25	Ciudad de México	6.01
26	Puebla	5.94
27	San Luis Potosí	5.71
28	Tuxtla Gutiérrez	5.34
29	Oaxaca	5.11
30	Villahermosa	3.96

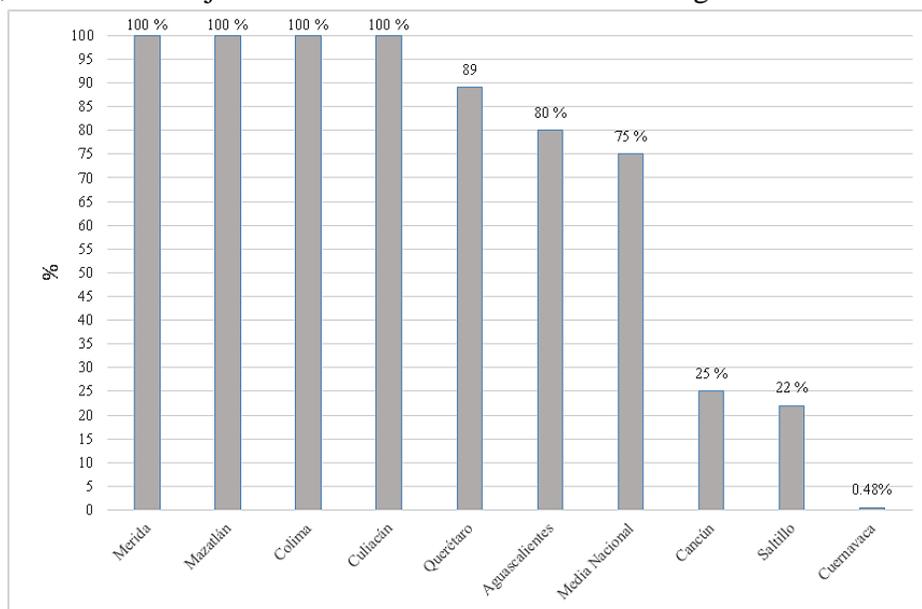
Fuente: Elaboración con datos de Morelos rinde cuentas, 2016.

Particularmente, la distribución del recurso vital en el municipio de Cuernavaca es a través de tandeos, es decir, una distribución diferenciada por zonas en distintos horarios. Esta dotación obliga a que las personas tengan la necesidad de depender de medios de almacenamiento como tinacos, cisternas, botes y cubetas para garantizar su ración necesaria.

De hecho, el porcentaje de tomas domiciliarias con dotación permanente en Cuernavaca, es menor, ya que solo 500 tomas domiciliarias equivalente a 0.48% se encuentra el tal condición; comparándola con la media nacional que es de 75% e incluso algunos lugares como Mérida que tienen el 100%, la ciudad de la eterna primavera queda rezagada en términos de dotación (Morelos rinde cuentas, 2018), ver figura 15. Por lo tanto, Cuernavaca está muy de ciudades mexicanas que cubren el 100%, donde al parecer la población está más satisfecha (Morelos rinde cuentas, 2016).

Figura 15

Cuernavaca, 2016. Porcentaje de tomas con servicio continuo de agua



Fuente: Elaboración propia con datos de Morelos rinde cuentas, 2018.

No obstante, en Cuernavaca no toda la población tiene la capacidad de adquirir medios de almacenamiento. De hecho, se estima que solo el 56% de las viviendas tienen cisterna y 87% tienen tinacos (Morelos rinde cuentas, 2016).

“Ante la falta de continuidad en el servicio, los usuarios se ven obligados a construir cisternas y tinacos, invirtiendo cantidades que bien podrían destinarse al pago real del servicio, si los organismos operadores pudieran darlo en forma ininterrumpida mediante obras de rehabilitación y ampliación de la infraestructura. Por otra parte, el inadecuado mantenimiento y lavado de cisternas provoca fugas y contaminación bacteriana del agua suministrada que, aunque sometida a tratamiento por cloro, puede contaminarse dentro del domicilio con los consecuentes problemas de salud, casi siempre imputados a la calidad del agua que el organismo operador entrega” (Morelos rinde cuentas, 2016; pág.25).

En ciudades donde la dotación de agua es permanente, el gasto de cada ciudadano solo es por la toma domiciliaria y el agua potable consumida; por el contrario en Cuernavaca, los usuarios suman el gasto de tinacos y cisternas. Derivado de esta realidad, la salud poblacional se ve afectada, ya que tener la necesidad de almacenar el recurso permite que vectores como el mosquito portador del dengue se reproduzcan o que incluso el agua almacenada no tenga la calidad suficiente; esto genera costos sociales y económicos por el tratamiento de enfermedades.

En suma, se estima que cada tercer día una colonia no tiene agua y más de la mitad de la población padece fallas en la dotación (Morelos rinde cuentas, 2016).

Se calcula que la SAPAC, opera cada tercer día en materia de tandeos, ya que una determinante principal es la falta de infraestructura de bombeo y pago en energía eléctrica; los equipos de bombeo y energía eléctrica son factores que no permiten una eficiente distribución del recurso vital.

SAPAC cuenta con 90 equipos de bombeo a través de los cuales surte agua a la ciudad. En 2015, 42 de esos equipos tuvieron fallas. Esto provocó que cada tercer día una colonia no tuviera agua. En suma, debido a la descompostura de las bombas 57% de los habitantes de Cuernavaca padecieron fallas en el suministro (Morelos rinde cuentas, 2016; pág. 27).

Particularmente, los cortes de energía eléctrica fueron entre Agosto y Diciembre del 2017, lo que provoco que cerca de 60 colonias se quedaron sin agua (Morelos rinde cuentas, 2018).

Derivado de la falta de agua o de recibirla en tandeos, se necesita de otro medio de distribución, es decir, recibir el agua a través de pipas; se estima que son 5,216 las personas que reciben el agua a través de este medio, lo cual implica un gasto mayor comparado con recibirlo de la tubería municipal.

Para esas familias el costo es 5 veces mayor que para quienes tienen acceso al agua entubada. En promedio, una familia con toma paga \$1,074.00 anuales mientras los que utilizan pipas pagan \$5,400.00 (20 pipas al año con costo unitario de \$270.00). (Morelos rinde cuentas, 2016; pág. 10).

En esta lógica, el hecho que exista infraestructura para la distribución de servicios, no garantiza un buen funcionamiento de los mismos, es decir, que exista infraestructura de agua entubada no necesariamente hace que la población reciba el recurso todos los días o en la calidad requerida.

Sin embargo, la situación de Cuernavaca sin agua resulta absurda, ya que se calcula existe la cantidad necesaria para satisfacer las necesidades de la ciudad e incluso rebasando el consumo per cápita promedio. De manera general, la ciudad no debiera tener problemas por la existencia de agua, por el contrario la gestión y administración son determinantes que condicionan la disponibilidad y distribución. La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) autoriza extraer anualmente a Cuernavaca 133 millones de metros cúbicos, de los cuales en los últimos años solo se utilizan 69 millones. Contradictoriamente, en 2015 SAPAC solo cobro 58% de los 69, 105,378 de m³ extraídos, es decir, solo facturó poco más de 40 millones de m³; se desconoce con exactitud dónde queda el 42% restante, pero calcula que se pierde en fugas y tomas clandestinas (Morelos rinde cuentas, 2016). La distribución del agua extraída se da de la siguiente forma, ver tabla 4.

Tabla 4

Cuernavaca, 2018. Disposición del agua en Cuernavaca

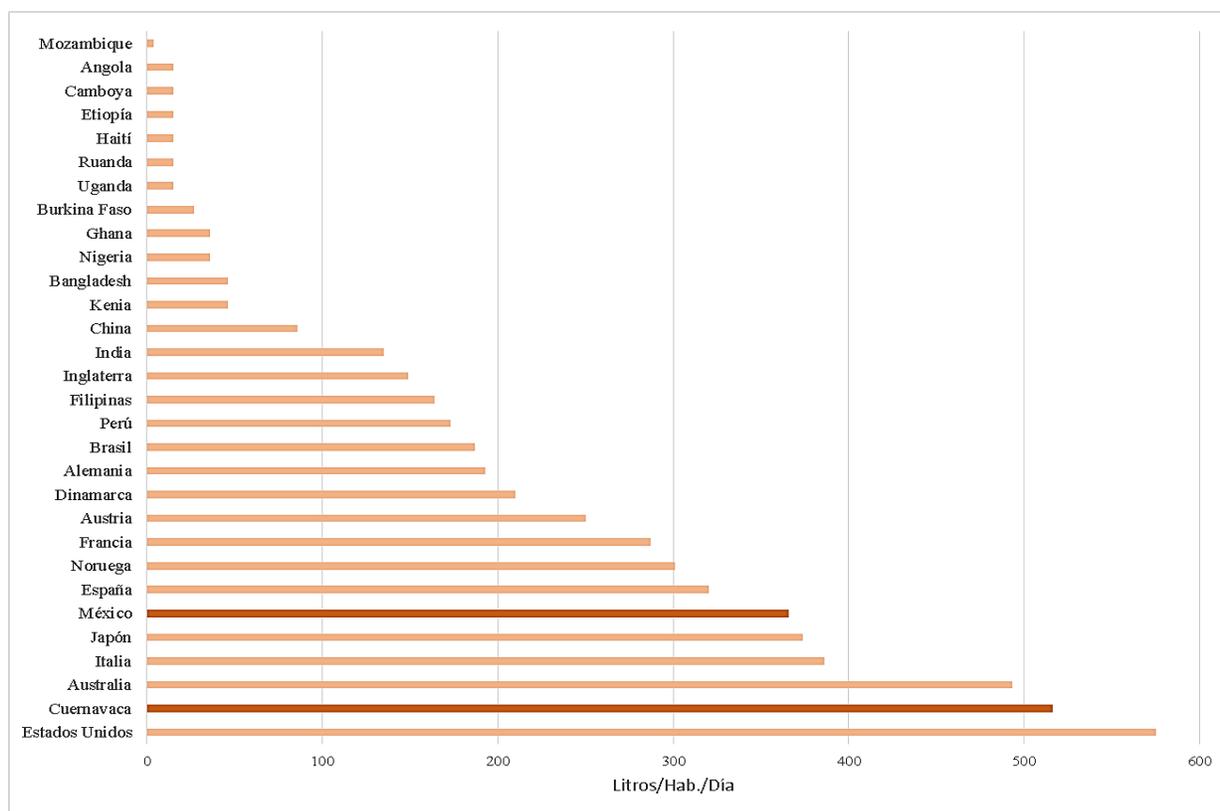
Tipo de consumo	Millones de M3 de agua	%
Consumo real	21,844,000	32%
Pérdida de agua	40,000,000	59%
Pipas de agua	6,000,000	9%
Consuma Total	67,844,000	100%

Fuente: Elaboración propia con datos de Morelos rinde cuentas, 2018.

El agua total extraída en Cuernavaca, equivale a un consumo de 188.95 m³ persona / año, o que es lo mismo, 517 lts. /hab./día, cifra parecida al consumo de un habitante de los Estados Unidos Americanos (Morelos rinde cuentas, 2016; INEGI, 2010), ver figura 16.

Figura 16

Cuernavaca, 2016. Consumo de agua por habitante al día



Fuente: Elaboración propia con datos de Morelos rinde cuentas, 2016.

Con estos datos, Cuernavaca consume 41% más que la media nacional, sin embargo, no quiere decir que los habitantes de la ciudad dispongan de esa cantidad de agua por día, sino que

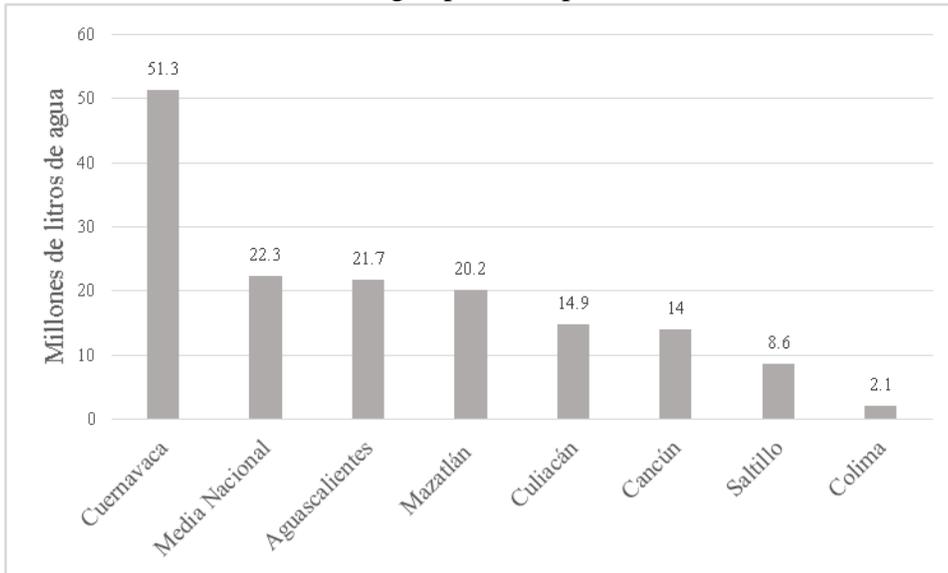
existen otros factores en los que se distribuye o desperdicia; este último concepto se adjudica cerca de 28 millones de m³ anuales, equivalente a 42% del agua extraída.

En este sentido, se estima que el 85% del agua que no se cobra, le pertenece a las fugas derivadas de la infraestructura deteriorada, la cual tuvo una eficiencia física de 47.5% en 2015. El desperdicio del agua derivada de las fugas representa un costo ambiental, ya que el agua extraída no se utiliza y tiene como fin próximo el drenaje o a las barrancas contaminadas. Principalmente, el costo ambiental es por la sobreexplotación de los mantos acuíferos y el desequilibrio del ciclo del agua; reduciendo la calidad de vida a las futuras generaciones (Morelos rinde cuentas, 2016).

De hecho, SAPAC solo invirtió menos de 40 mil pesos en materia de reparación de infraestructura hidráulica en 2017, esa inversión equivale a 0.000025% de la red de tubería de agua, es decir, de los 900 km de red solo se atendieron 20 metros lineales; dando lugar a que se desperdicie el recurso en cantidades exageradas, perdiendo 51 millones de litros por cada kilómetro de red hidráulica en 2017 (Morelos rinde cuentas, 2018), ver figura 17.

Figura 17

Cuernavaca, 2018. Millones de litros de agua perdidos por cada kilómetro de red



Fuente: Elaboración propia con datos de Morelos rinde cuentas, 2018.

Al desperdiciarse más del 50% del agua extraída, resulta necesario bombear el doble de la capacidad requerida, exigiendo una cantidad mayor de energía eléctrica, desgaste de las bombas y mantenimiento; estos factores convergen en un servicio de dotación, extracción y distribución deficiente.

En suma, se calcula que el porcentaje restante que no se cobra equivalente al 15%, tiene origen en tomas clandestinas (Morelos rinde cuentas, 2016) que en otras palabras, son las viviendas que consumen el agua ilegalmente y no pagan el servicio; se estima que en Cuernavaca existen cerca de 30,000 tomas clandestinas. Sin embargo, a pesar que las tomas clandestinas generan elevados costos económicos, el SAPAC no ha logrado revertir y localizar todas las tomas ilegales (Morelos rinde cuentas, 2018).

A pesar de que la autoridad reconoce el problema, SAPAC no tiene una política pública para combatir el robo de agua. En 2017 solo encontró 39 tomas clandestinas y eso le generó 168 mil pesos de ingresos adicionales por multas y contratos. Sin embargo, las tomas clandestinas podrían representar una pérdida de cerca de 24 millones de pesos anuales para el organismo (Morelos rinde cuentas, 2018; pág. 31).

Las desatenciones en términos de inversión, infraestructura y gestión son factores que eventualmente derivan en una mala gestión del recurso y por consecuencia un descontento de la población.

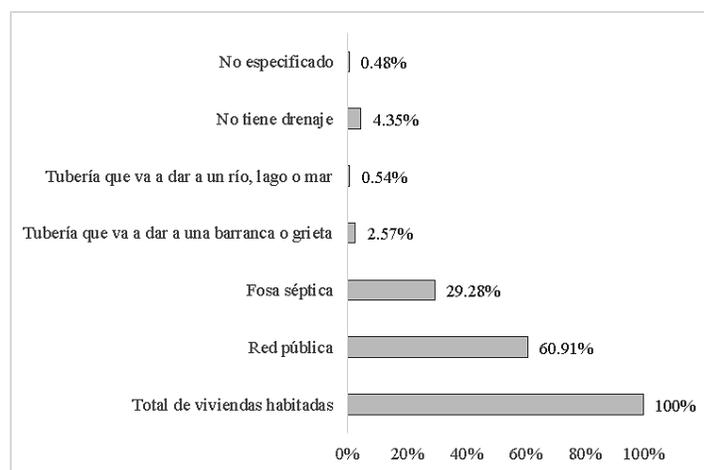
9.2.4. Drenaje y residuos líquidos

“Red de drenaje, un simple conductor”

La disposición de drenaje en el estado de Morelos se da de la siguiente forma, 93.3% de las viviendas ocupadas dispone de drenaje (INEGI, 2010c). Sin embargo, el rubro de disposición de drenaje o lugar de desalojo, se divide en disposición, según tipo de descarga, es decir, intervienen diferentes categorías, ver figura 18.

Figura 18

Morelos, 2010. Disposición de drenaje y lugar de desalojo



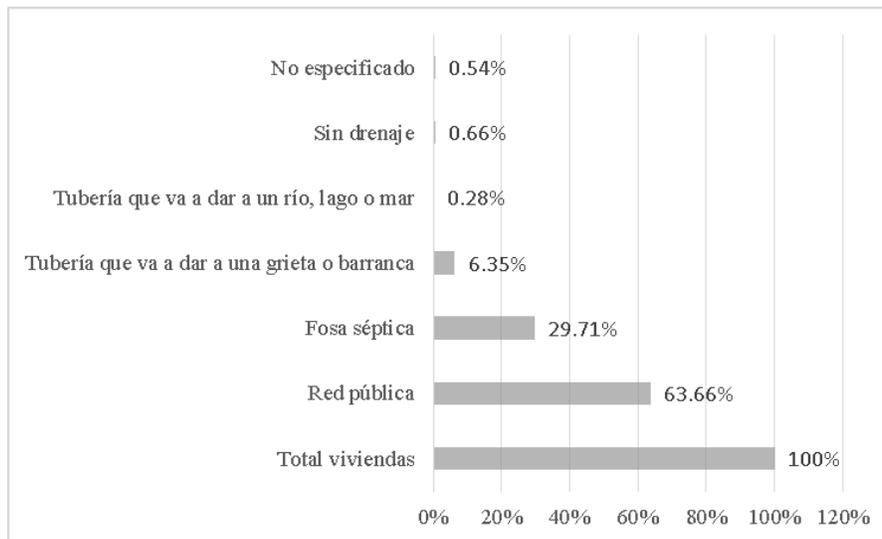
Fuente: Elaboración y cálculo propio con datos de INEGI, 2010c.

De las 469,091 viviendas habitadas en el Estado de Morelos 285,700 cuentan con conexión a la red pública y 137,366 descargan a una fosa séptica, también conocida como pozo de absorción. Por su parte, 12,071 viviendas descargan mediante tubería de PVC o tubo de albañal que va directamente a la barranca más cerca y 2,539 viviendas descargan en un río lago o mar. Además, son 20,402 las viviendas que no cuentan con drenaje e incluso 2,284 no están especificadas.

En este sentido, el 98% de las viviendas particulares habitadas en Cuernavaca, cuenta con drenaje, no obstante, este porcentaje no significa que el servicio sea eficiente y mucho menos igualitario en su distribución; esta partida se categoriza al igual que el caso estatal. De las 98,008 viviendas particulares habitadas 96,841 cuentan con drenaje o en su defecto con un lugar donde desalojar los desechos líquidos. En la ciudad, 61,646 viviendas tiene conexión a la red pública y 28,774 viviendas descargan a una fosa séptica o pozo de absorción, que indistintamente se encuentra conectado con el suelo capaz de absorber pero a su vez de contaminar. Por su parte, 6,147 descargan directamente a las barrancas más 274 que vierten hacia un río lago o mar. Por el contrario, 641 viviendas no cuentan con drenaje y 526 no están especificadas (INEGI, 2010c), ver figura 19.

Figura 19

Cuernavaca, 2010. Viviendas particulares que disponen de drenaje o lugar de desalojo

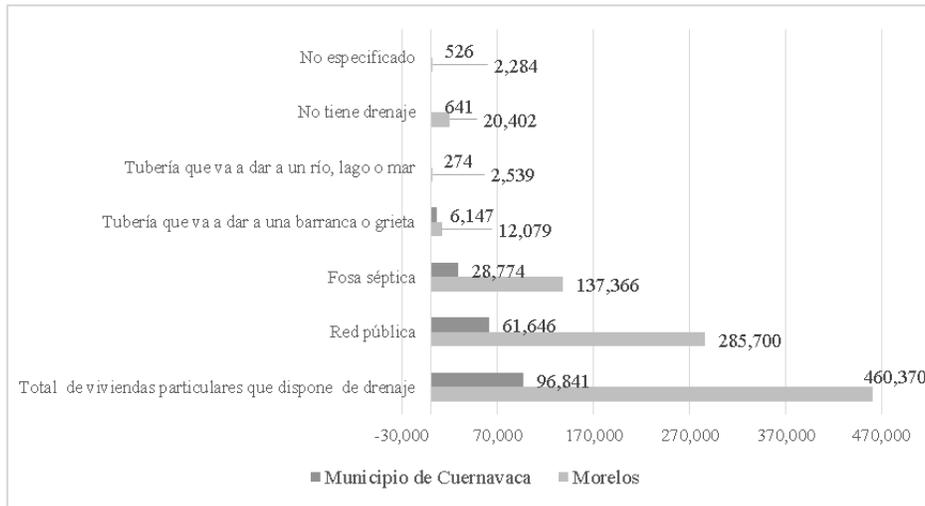


Fuente: Elaboración y cálculo propio con datos de INEGI, 2010c.

En este sentido, Cuernavaca se atribuye 21% de la disponibilidad de drenaje o lugar de desalojo de Morelos; además, 13.3% que dispone de conexión a la red pública y 6.25% que descarga a una fosa séptica, por mencionar los más significativos, ver figura 20.

Figura 20

Morelos-Cuernavaca, 2010. Disposición de drenaje y lugar de desalojo



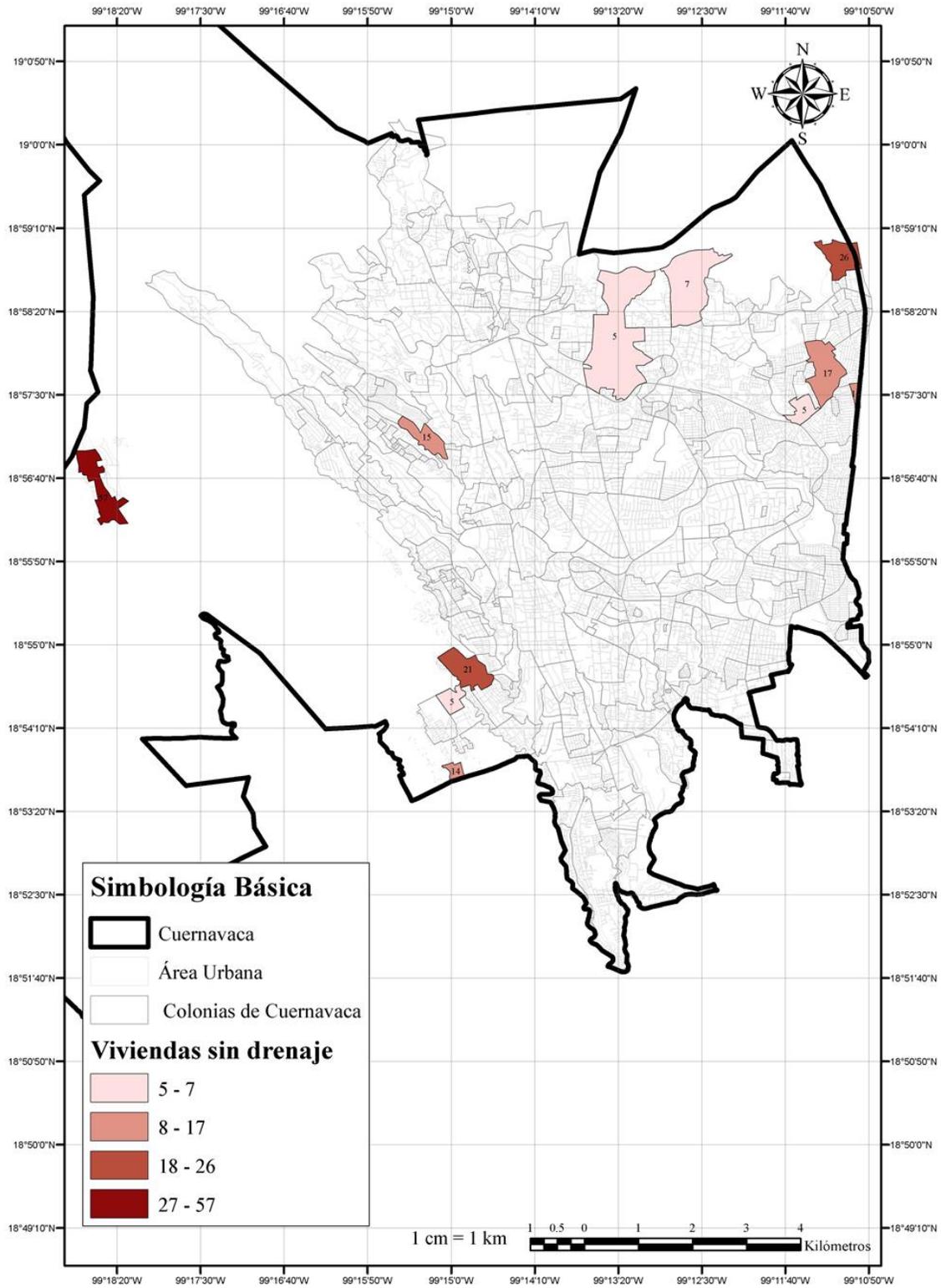
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 2010c.

Al mismo tiempo, se localiza el número de viviendas por colonias que no disponen de drenaje en el municipio de Cuernavaca, basado en el índice de rezago social del CONEVAL, ver figura 21.

Ante este hecho, son 201 viviendas que no cuentan con drenaje o un lugar de desalojo, distribuidas en 14 localidades principalmente; otras 387 viviendas sin este servicio se dispersan en todo el municipio. En conclusión, si bien es cierto la cobertura de drenaje en Cuernavaca equivale a casi 100%, la infraestructura existente, esto no garantiza que los desechos líquidos urbanos tengan un tratamiento adecuado, pues dicha infraestructura funciona como un medio de transporte o canal que dirige y vierte esos efluentes hacia alguna fuente natural próxima. Ante tal situación, se conoce que la Secretaría de Desarrollo Sustentable no multa a nadie por derramar desechos líquidos a las barrancas desde hace 11 años, ya sean municipales o domésticas. Incluso, se reconoce que el SAPAC no invierte en infraestructura de drenaje como en otros rubros, puesto que en los últimos 4 años solo invirtió 76 millones de pesos, promediando 19 millones anuales (Morelos rinde cuentas, 2018).

Figura 21

Cuernavaca, 2010. Viviendas por colonia que no cuentan con drenaje



Fuente: Elaboración propia con datos de SEDESOL y CONEVAL, 2010; INEGI, 2016b.

9.2.5. Tratamiento de aguas residuales en Cuernavaca

“Como adornos”

En el municipio de Cuernavaca, se localizan 4 plantas de tratamiento de aguas residuales, de las cuales 1 no funciona (INEGI, 2010 y Comisión Estatal del Agua, 2014-2018); se estima que las tres plantas de tratamiento que si funcionan, dan servicio al 20% del total generado en el municipio. Por otro lado, el SAPAC reporta que tiene 7 plantas de tratamiento de aguas residuales en Cuernavaca, ver figura 22.

Figura 22

Cuernavaca, 2018. Localización de las plantas de tratamiento en Cuernavaca



Fuente: Elaboración propia con datos de SAPAC, 2008.

A pesar que las tres plantas de tratamiento están en función, descargan el caudal tratado hacia el río Apatlaco, considerado el río más contaminado del Estado de Morelos e incluso uno de los más contaminados a nivel nacional. No obstante, a diferencia de los datos del INEGI, SAPAC reporta que 3 de las 7 plantas de tratamiento existentes no están funcionando, se calcula que las 4 restantes sanean cerca de 1, 300,000 m³ al año. Por su parte, la CEAGUA, reporta que la única planta de tratamiento operada es la de Acapantzingo, con capacidad de sanear 9, 460,000 m³ anuales. En este sentido, el total de agua tratada en Cuernavaca es de 10, 700,000 m³ de agua al año, cifra equivalente al 16% del total de agua extraída anualmente (Morelos rinde cuentas, 2018), ver tabla 5.

Tabla 5

Cuernavaca, 2018. Características de las plantas de tratamiento de aguas residuales por la SAPAC

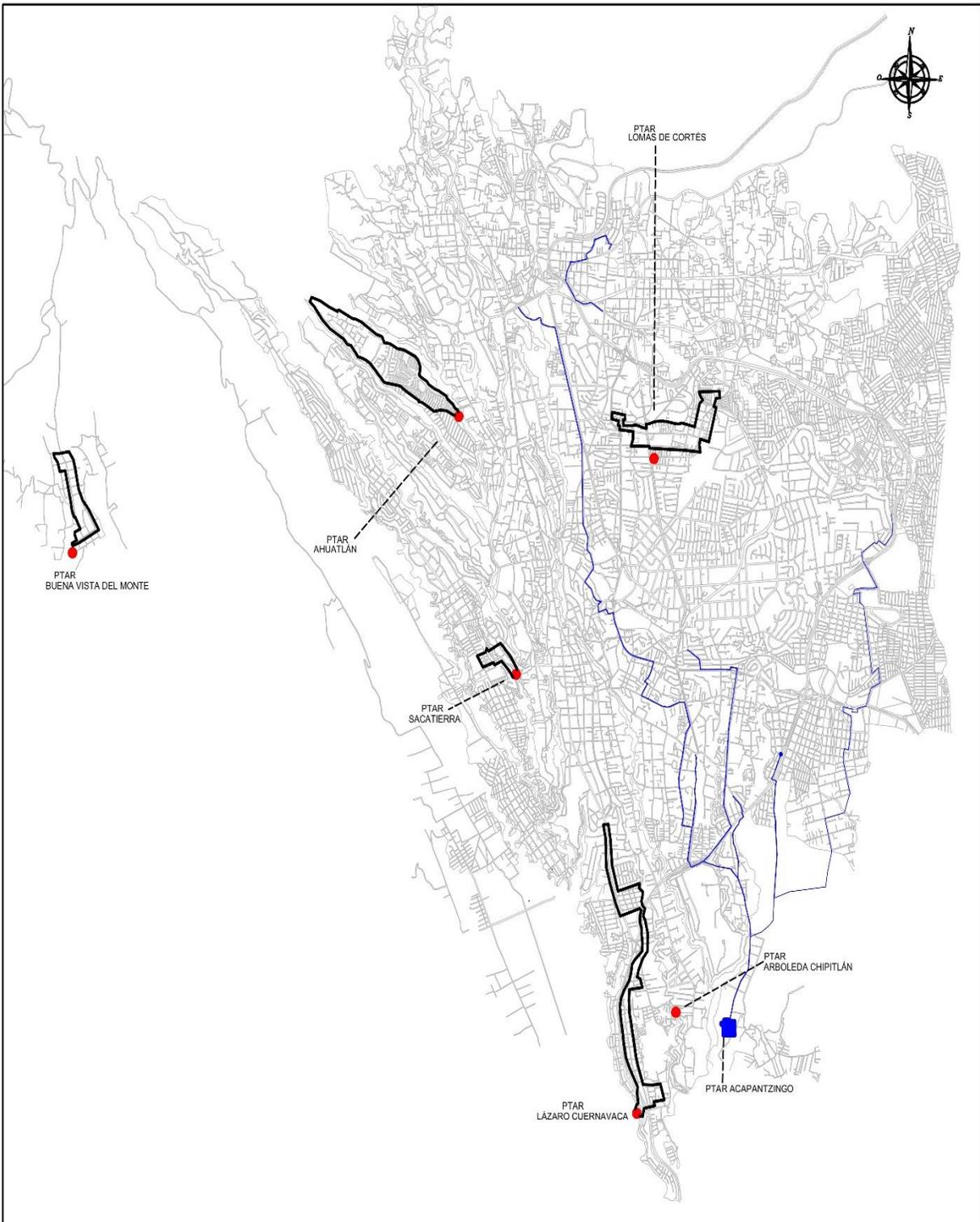
Plantas de tratamiento	Caudal tratado (l/s)	Funciona	Operada por	Destino final del agua
Lomas de Ahuatlán	30	Si	SAPAC	Barranca de Ahuatlán
Lázaro Cárdenas	24	No	SAPAC	Río Apatlaco
Arboledas Chipitlán	7.5	Si	SAPAC	Barranca Leyva
Lomas de Cortés	2.5	No	SAPAC	Colector Municipal
Buena Vista del Monte	1	Si	SAPAC	Barranca Innominada
Sacatierra	4	No	SAPAC	Barranca el Salto
Loma Dorada	7	Si	SAPAC	Barranca de Amanalco
Acapantzingo	300	SI	CEAGUA	Río Apatlaco

Fuente: Elaboración propia con datos de Morelos rinde cuentas, 2018.

Es necesario resaltar, que a pesar que existan plantas de tratamiento municipales, estas no garantizan la eficiencia en la purificación del agua, ya sea por la demanda requerida o fallas en su funcionamiento; a pesar de ello, todas las plantas de tratamiento descargan el caudal tratado hacia las barrancas o ríos aledaños. Además según el catastro de la red de alcantarillado del municipio de Cuernavaca, solo una parte de la infraestructura de drenaje está conectada hacia una planta de tratamiento, la cual se ubica en Acapantzingo, ver figura 23. Esto implica que no existe la canalización adecuada para trasladar los residuos a su centro de tratamiento, y que el efluente generado también termina en alguna barranca o en el subsuelo.

Figura 23

Cuernavaca, 2018. Localización de la red que se conecta a una planta de tratamiento



Fuente: Elaboración propia con datos de SAPAC, 2008.

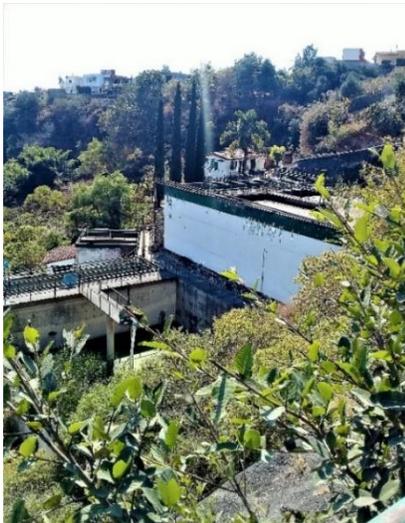
Sin embargo, la infraestructura de drenaje existente que conecta hacia la planta de Acapantzingo, se sitúa principalmente en una zona donde adolecen almacenamientos naturales que reciban los efluentes residuales; en este sentido, las líneas de drenaje nacen a partir de una exigencia. Por el contrario, la zona Centro-Oeste, Noroeste y Suroeste del municipio no dispone de infraestructura que tenga como fin alguna planta de tratamiento, más si cuenta con una alta concentración de barrancas, susceptibles de ser las cloacas naturales para la ciudad. En este sentido, no importa tener plantas de tratamiento municipales si las venas colectoras de aguas residuales no tienen conexión con las mismas, como se comenta antes.

Ante una realidad donde la información es diferente por parte de organismos oficiales, visitamos las 7 plantas de tratamiento de Cuernavaca registradas por la SAPAC, INEGI y CEAGUA, con el fin de tener un panorama más cercano a la realidad.

En contraste con los datos de los organismos oficiales, observamos que algunas plantas de tratamiento etiquetadas como en funcionamiento, no lo están, además, estas solo sirven como medio de almacenamiento para después verter las aguas residuales a las barrancas vecinas. Un ejemplo de esto, es la planta de tratamiento ubicada en Lomas de Ahuatlán, la cual no está en funcionamiento y vierte su contenido a la barranca aledaña; según testimonios de vecinos, la planta dejó de funcionar al año que se construyó, ver figura 24 y 25.

Figura 24 y 25

Cuernavaca, 2018. Planta de tratamiento de Lomas de Ahuatlan



Fuente: Tomas propias

La información del SAPAC comparada con los datos propios, se observa en la tabla 6.

Tabla 6

Cuernavaca, 2018. Característica de las plantas de tratamiento con datos de SAPAC y datos propios

	Plantas de tratamiento	Caudal tratado (l/s)	Funciona	Operada por	Destino final del agua
SAPAC	Lomas de Ahuatlán	30	Si	SAPAC	Barranca de Ahuatlán
	Lázaro Cárdenas	24	No	SAPAC	Río Apatlaco
	Arboledas Chipitlán	7.5	Si	SAPAC	Barranca Leyva
	Lomas de Cortés	2.5	No	SAPAC	Colector Municipal
	Buena Vista del Monte	1	Si	SAPAC	Barranca Innominada
	Sacatierra	4	No	SAPAC	Barranca el Salto
	Loma Dorada	7	Si	SAPAC	Barranca de Amanalco
	Acapantzingo	300	SI	CEAGUA	Río Apatlaco
	Plantas de tratamiento	Caudal tratado (l/s)	Funciona	Operada por	Destino final del agua
Propios	Lomas de Ahuatlán	0	No	SAPAC	Barranca de Ahuatlán
	Lázaro Cárdenas	0	No	SAPAC	Río Apatlaco
	Arboledas Chipitlán	0	Si	SAPAC	Barranca Leyva
	Lomas de Cortés	0	No	SAPAC	Colector Municipal
	Buena Vista del Monte	1	Si	SAPAC	Barranca Innominada
	Sacatierra	0	No	SAPAC	Barranca el Salto
	Loma Dorada	0	No	SAPAC	Barranca de Amanalco
	Acapantzingo	300	SI	CEAGUA	Río Apatlaco

Fuente: Elaboración con datos de Morelos rinde cuentas, 2018 y datos propios, 2018.

En síntesis, las similitudes que encontramos entre los datos del SAPAC y los propios, son que las plantas de tratamiento que si están en funcionamiento, eventualmente descargan sus residuos hacia las barrancas o ríos aledaños. También, las plantas de tratamiento en funcionamiento ubicadas dentro del área urbana de Cuernavaca son la de Acapantzingo, con una capacidad de saneamiento de 9, 460,000 m³ anuales, equivalente a 13% del agua extraída anualmente y la de Arboledas Chipitlan, con capacidad de 7 l/s. Cabe destacar, que la planta de tratamiento ubicada en Buena Vista del Monte se encuentra al Noroeste, es decir, en la periferia del área urbana. De hecho, el director de Bosques, Barrancas y Áreas Naturales del Ayuntamiento capitalino, mencionó que entre la barrancas más contaminadas del municipio se encuentran la de Sacatierra ubicada en el salto de San Antón, que particularmente descarga al río Apatlaco; las barrancas de la colonia Antonio Barona y la barranca de El Pollo, que colinda con la colina Lagunilla y Chulavista, entre las más afectadas.

En resumen, se estima que el 80% de las aguas residuales generadas en el municipio de Cuernavaca no recibe tratamiento adecuado, el cual indistintamente se descarga hacia la fuente natural más cercana, caso particular de las barrancas y barranquillas; además, el 20% restante que si se trata, también vierten hacia las barrancas cercanas, contribuyendo al ciclo de contaminación

del agua. De hecho, se puede deducir que en el municipio de Cuernavaca, casi el 100% de las aguas residuales generadas se vierte hacia una fuente natural de agua, sin el tratamiento necesario (Comisión Estatal del Agua, 2014-2018). En otras palabras, las barrancas de Cuernavaca sirven como tiradero de basura y desechos residuales.

9.3. Barrancas de Cuernavaca, un permanente tiradero de aguas residuales

“Para eso están las barrancas”

En la actualidad, los recursos hídricos utilizados en otro momento para la producción agrícola, se han reducido y canalizado, particularmente hacia la demanda urbana, industrial y turística. El crecimiento poblacional capitalista es entre otros, un factor que afecta la disponibilidad del agua y sus respectivos servicios, debido al incremento de la demanda y la generación de residuos contaminantes. Las descargas de residuos industriales y domésticos por ejemplo, son los mayores contribuyentes a la contaminación de los cuerpos superficiales de agua dulce e incluso salada. En este sentido, barrancas, ríos, lagos se vuelven vectores y fuentes naturales de almacenamiento de efluentes residuales. De hecho, cuando la población de Cuernavaca era menor, los ríos de las barrancas tenían la capacidad de recuperarse y degradar paulatinamente los residuos contaminantes. Sin embargo, en la actualidad estos cauces no tienen la oportunidad de recuperación y se convierten en cloacas para la ciudad, afectando la salud humana y ambiental (Batllori, 2001).

Se calcula que en la ciudad, 641 viviendas particulares no tienen infraestructura de drenaje, mientras que 28,744 descargan hacia una fosa séptica y 61,646 vierten a la red pública; este último indicador corresponde al 63.66% del parque habitacional total (INEGI, 2010c). Cabe destacar, que este porcentaje es medular en la investigación, ya que es utilizado para el trabajo de campo en la localización y estimación de caudal de efluentes vertidos a las barrancas de Cuernavaca.

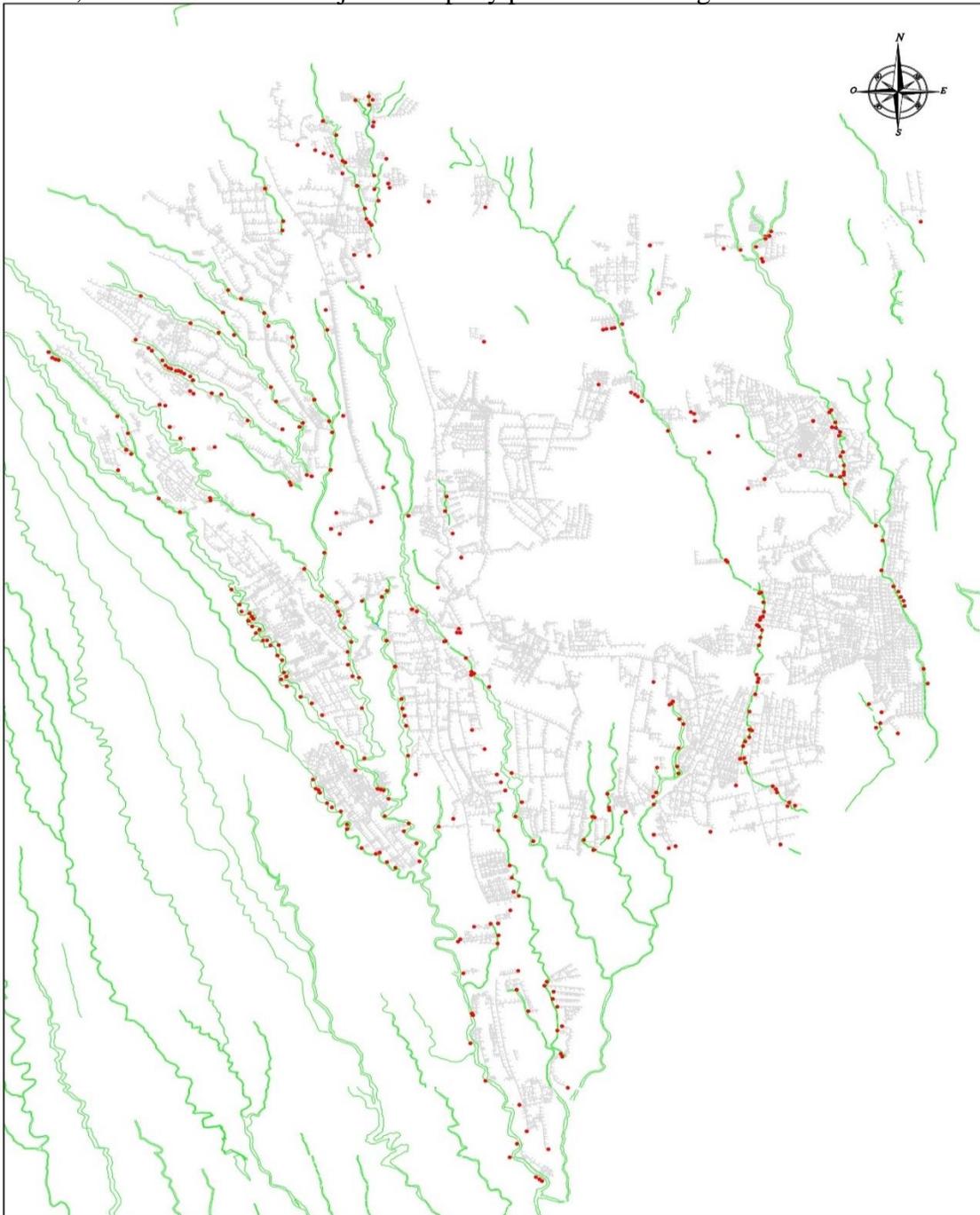
El análisis consiste en identificar las descargas registradas por la SAPAC (Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de Cuernavaca), basado en el catastro de la red de alcantarillado del municipio, más un análisis de la topografía accidentada compuesta por una red de barrancas, tomando en cuenta pendientes y georreferenciación.

En primera instancia y como resultado de este procedimiento, se encontraron 311 puntos de la red municipal que descargan efluente líquido hacia la barranca o barranquilla más cercana:

los 311 puntos se dispersan por toda la ciudad, pero principalmente en la zona Centro-Oeste, Noroeste y Suroeste, donde predominan asentamientos irregulares o también etiquetadas como colonias populares, como Santa María Ahuacatitlan, San Antón, Chula Vista, Alta Vista, Lagunilla entre las más importantes, ver figura 26.

Figura 26

Cuernavaca, 2018. Líneas de drenaje municipal y puntos de descarga localizados



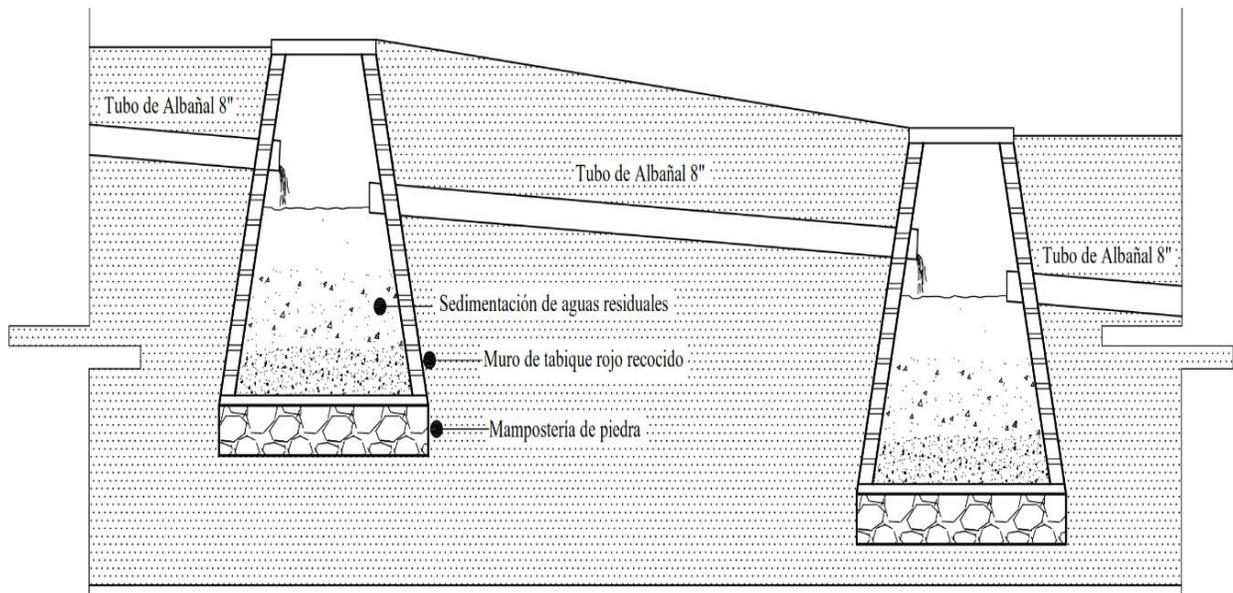
Fuente: Elaboración propia con datos de SAPAC, 2008.

A la luz del análisis del plano de drenaje y puntos de descarga, se aprecia que no toda la red municipal está conectada hacia plantas de tratamiento; se estima que poco menos del 20% total recae en la planta de Acapantzingo e incluso en la planta de Arboledas Chipitlan. Además, la parte Noroeste, Centro–Oeste y Suroeste del municipio, es susceptible de convertirse en medio de almacenamiento de aguas residuales urbanas, ya que se caracteriza por una cantidad importante de barrancas y barranquillas. De hecho, en esta área se concentra 60% de los puntos de descarga, convirtiendo a las barrancas de esta zona en depósitos constantes, pero al mismo tiempo siendo lugar de asentamientos humanos irregulares como, Benito Juárez, Lagunilla, Chula Vista, Alta Vista, San Antón entre las más importantes

A pesar de un panorama con menores opciones de tratamiento, es posible identificar existen algunos elementos técnicos de tratamiento primario en particular, en la red de drenaje. Es decir, las líneas de drenaje se ven paulatinamente interrumpidas por “hoyas”, las cuales funcionan como elementos que interceptan la materia más sólida por medio de la sedimentación, separando el líquido de menor densidad el cual posteriormente sigue su flujo por la red. No obstante, en ocasiones estas hoyas no son suficientes para la filtración y purificación de las aguas residuales, pero hay que resaltar que contribuyen en la retención y mitigación de la contaminación de los cuerpos de agua dulce, ver figura 27.

Figura 27

Cuernavaca, 2018. Detalle de Hoya de la red de drenaje de Cuernavaca



Fuente: Elaboración propia.

Es necesario subrayar, que si bien es cierto la infraestructura de drenaje es alta, en la ciudad de la eterna primavera, esta solo funciona como un medio de canalización para ocultar y conducir los residuos líquidos urbanos hacia otro lugar de almacenamiento, dando paso a la lógica de pensamiento “*Si no lo veo, no me afecta*”. No obstante, esta situación puede ser descrita como una paradoja, ya que los residuos líquidos urbanos desaparecen eventualmente pero reaparecen y se cristalizan en enfermedades, alimentos y agua potable contaminados, e incluso en efectos desequilibrantes del ambiente, particularmente en el ciclo del agua.

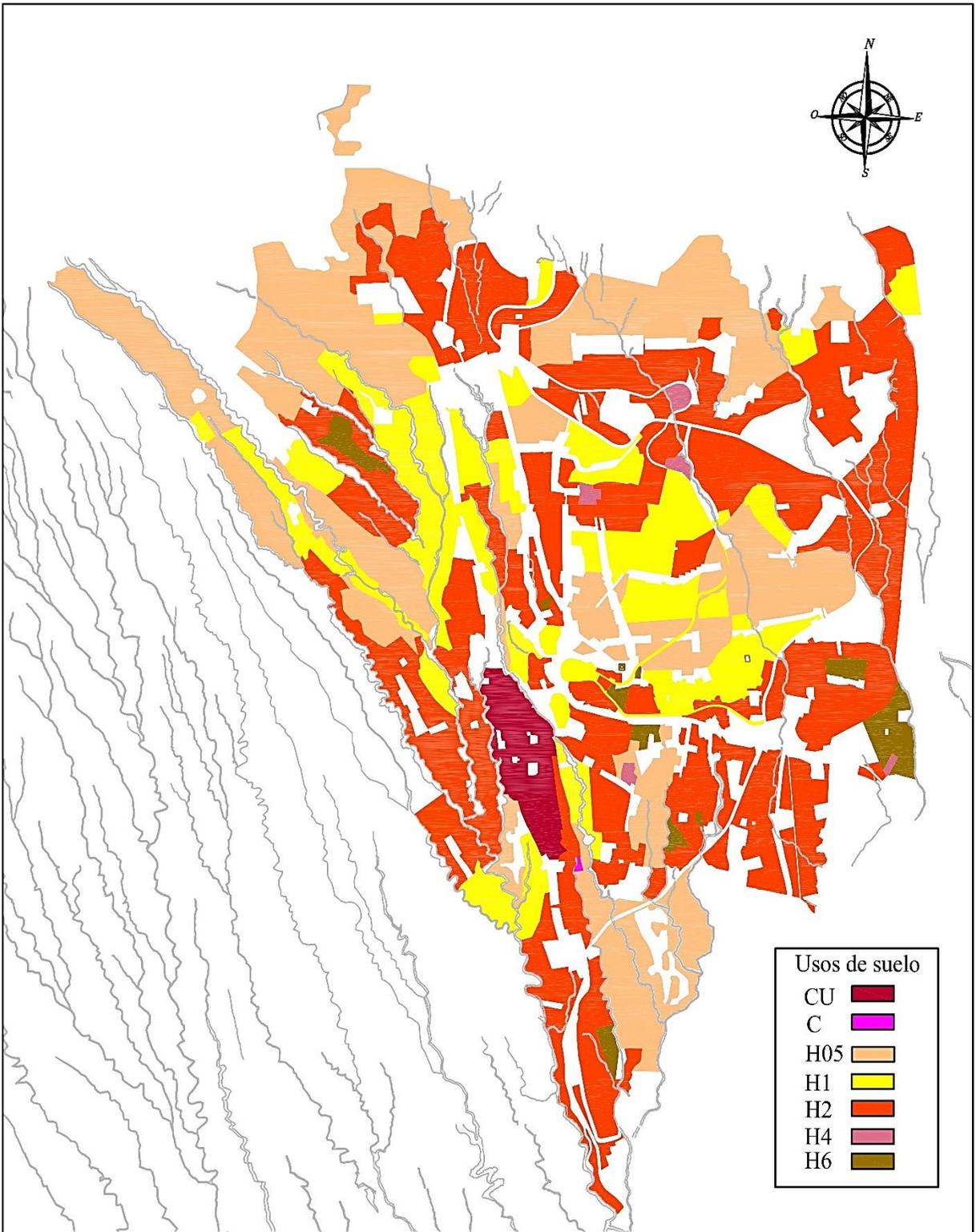
Al mismo tiempo, las aguas residuales de Cuernavaca son dinámicas y alcanzan escalas regionales, es decir, no permanecen por mucho tiempo en el municipio, ya que la pendiente topográfica y la corriente de los cuerpos de agua permiten un desplazamiento río abajo de Norte a Sur, contribuyendo a la contaminación de los cuerpos de agua de otros municipios como Temixco, Jiutepec, Xochitepec, Alpuyecá por mencionar algunos. Esta situación se convierte en una bola de nieve, la cual se multiplica de forma exponencial a la par de la acumulación de los residuos líquidos urbanos de otras regiones, teniendo como culminación no solo las barrancas, sino lagos, lagunas y el mar.

Por otro lado, en este análisis metodológico se ubican los 311 puntos de descarga en mapas de ARC GIS (Sistema de información Geográfica), categorizados por uso de suelo, basados en la distribución territorial de la Carta Urbana del municipio de Cuernavaca (Gobierno municipal de Cuernavaca, 2016-2018), ver figura 28. Además, estos puntos distribuidos por uso de suelo recibieron una numeración, con el fin de contribuir al proceso de selección de la segunda etapa de la investigación, que tiene que ver con una selección aleatoria a través de una muestra estadística representativa, ver figuras 29, 30, 31, 32, 33, 34,35 y 36.

La distribución por uso de suelo es con el fin de relacionar los puntos de descarga municipal con la condición socioeconómica del territorio, particularmente en materia de densidad poblacional que se le otorga a cada uno de los rubros. Además, de manera general vislumbra la composición de las aguas residuales sin necesidad de hacer un análisis químico del agua, principalmente por el alcance de esta investigación. Por ejemplo, en estricto sentido para los usos de suelo Habitacional 05,1,2,4 y 6 solo debiera encontrarse materia fecal y residuos orgánicos, caso contrario a los usos de suelo Comercial y Centro Urbano con una composición diferenciada.

Figura 28

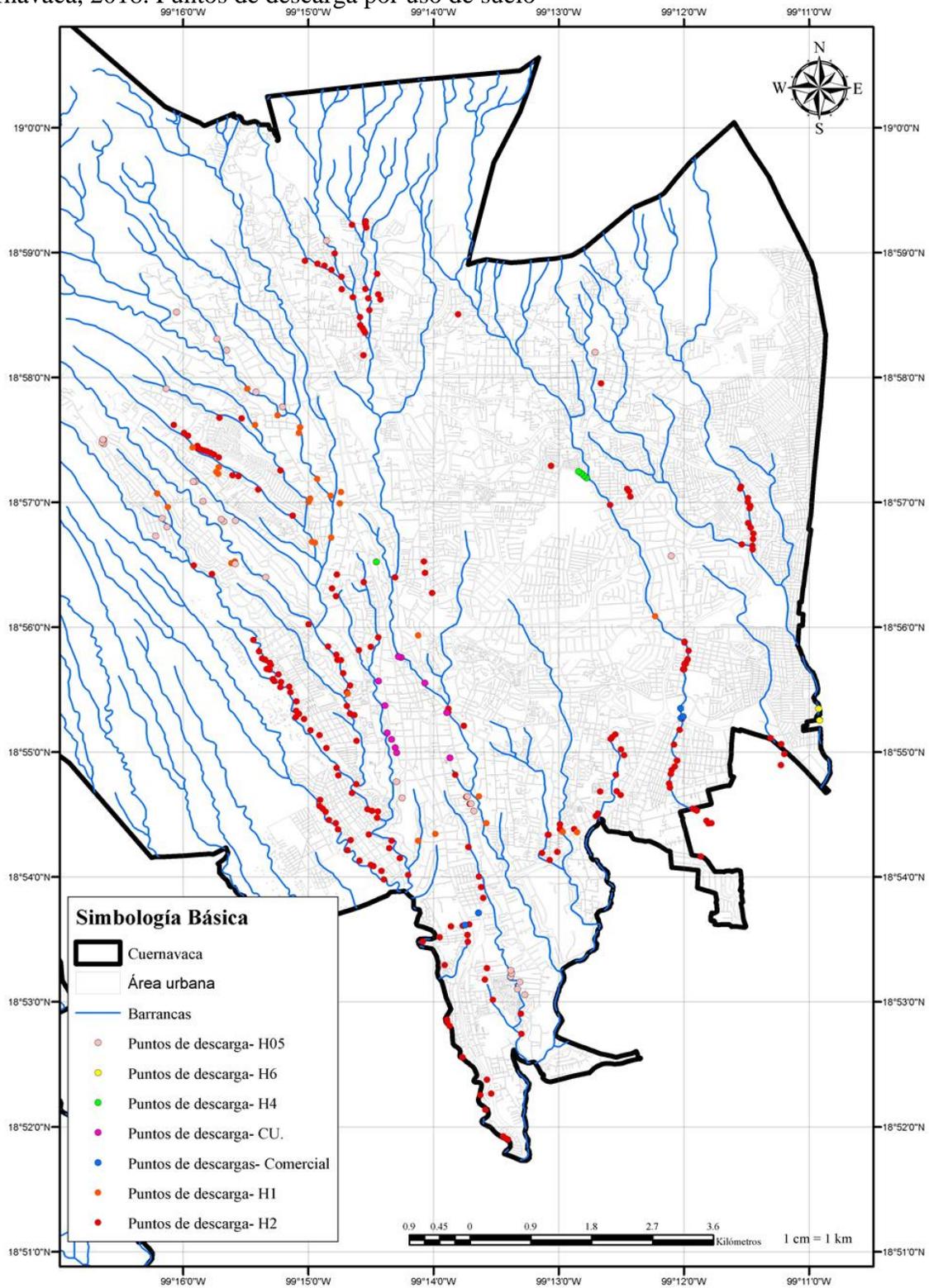
Cuernavaca, 2018. Uso de suelo de Cuernavaca



Fuente: Elaboración propia con datos del Gobierno municipal de Cuernavaca, 2016-2018.

Figura 29

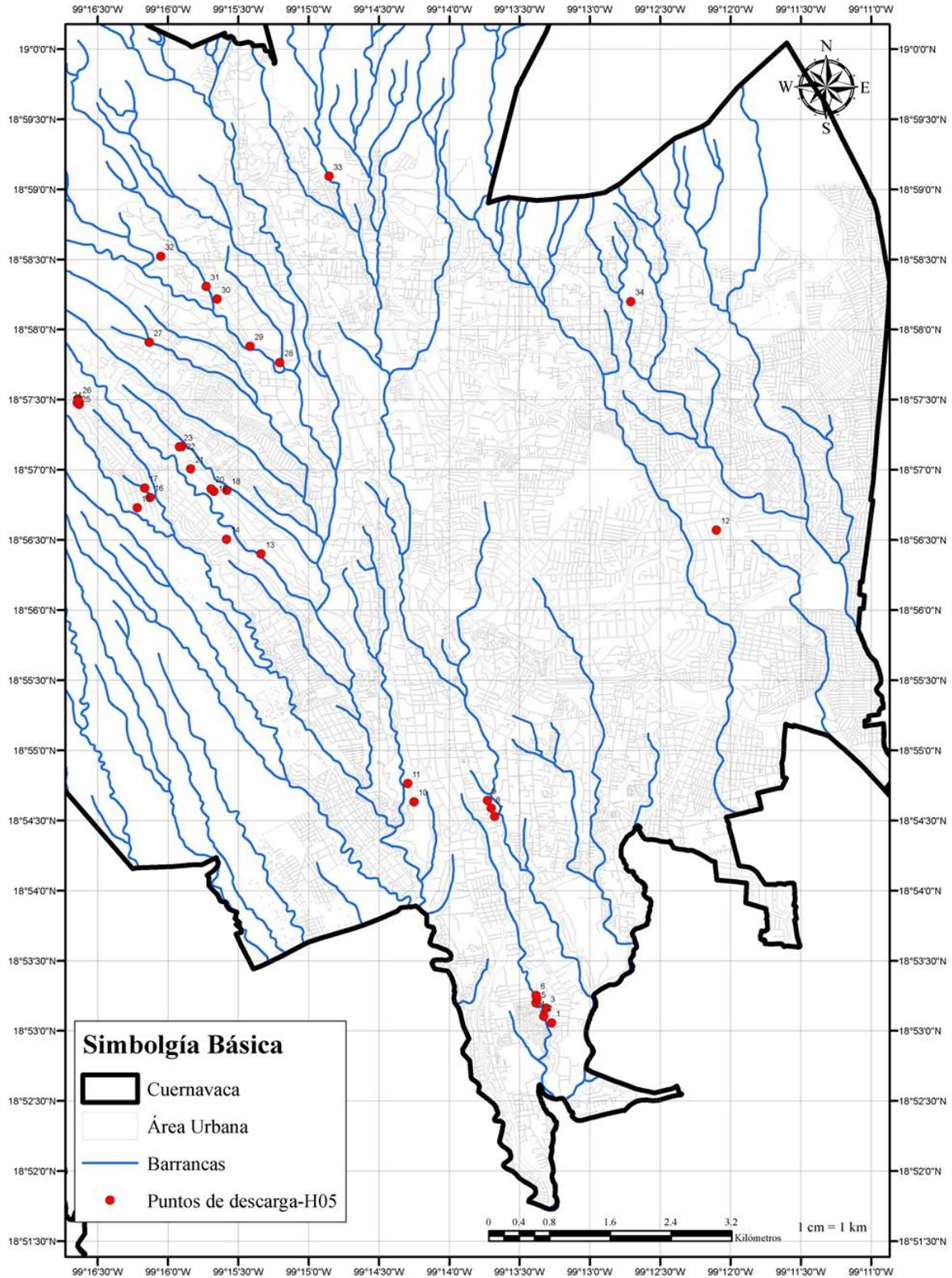
Cuernavaca, 2018. Puntos de descarga por uso de suelo



Fuente: Elaboración propia con datos propios 2018; SAPAC, 2008; INEGI, 2016b.

Figura 30

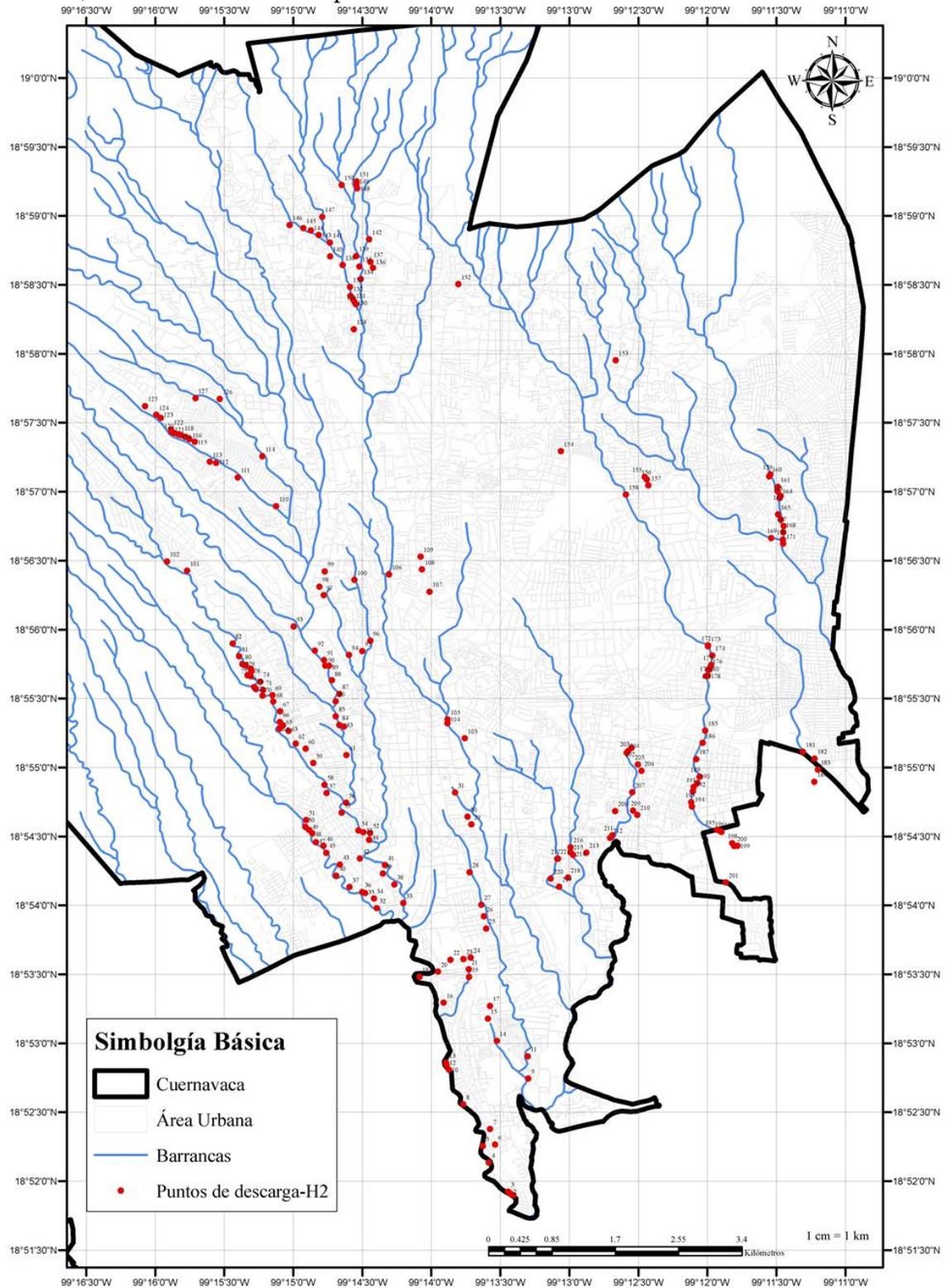
Cuernavaca, 2018. Localización de puntos de descarga del uso de suelo H05



Fuente: Elaboración propia con datos propios 2018; SAPAC, 2008; INEGI, 2016b.

Figura 31

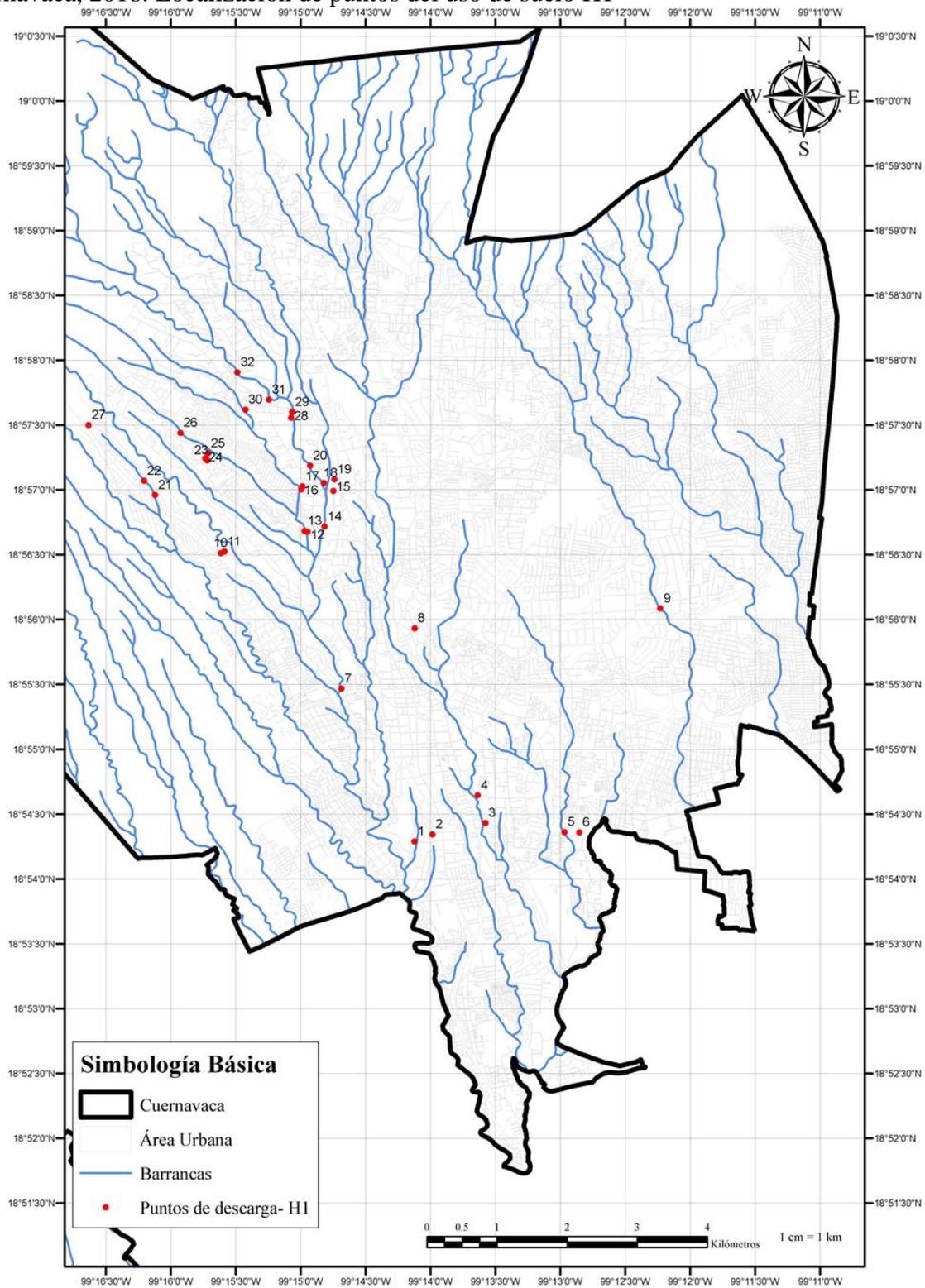
Cuernavaca, 2018. Localización de puntos del uso de suelo H2



Fuente: Elaboración propia con datos propios 2018; SAPAC, 2008; INEGI, 2016b.

Figura 32

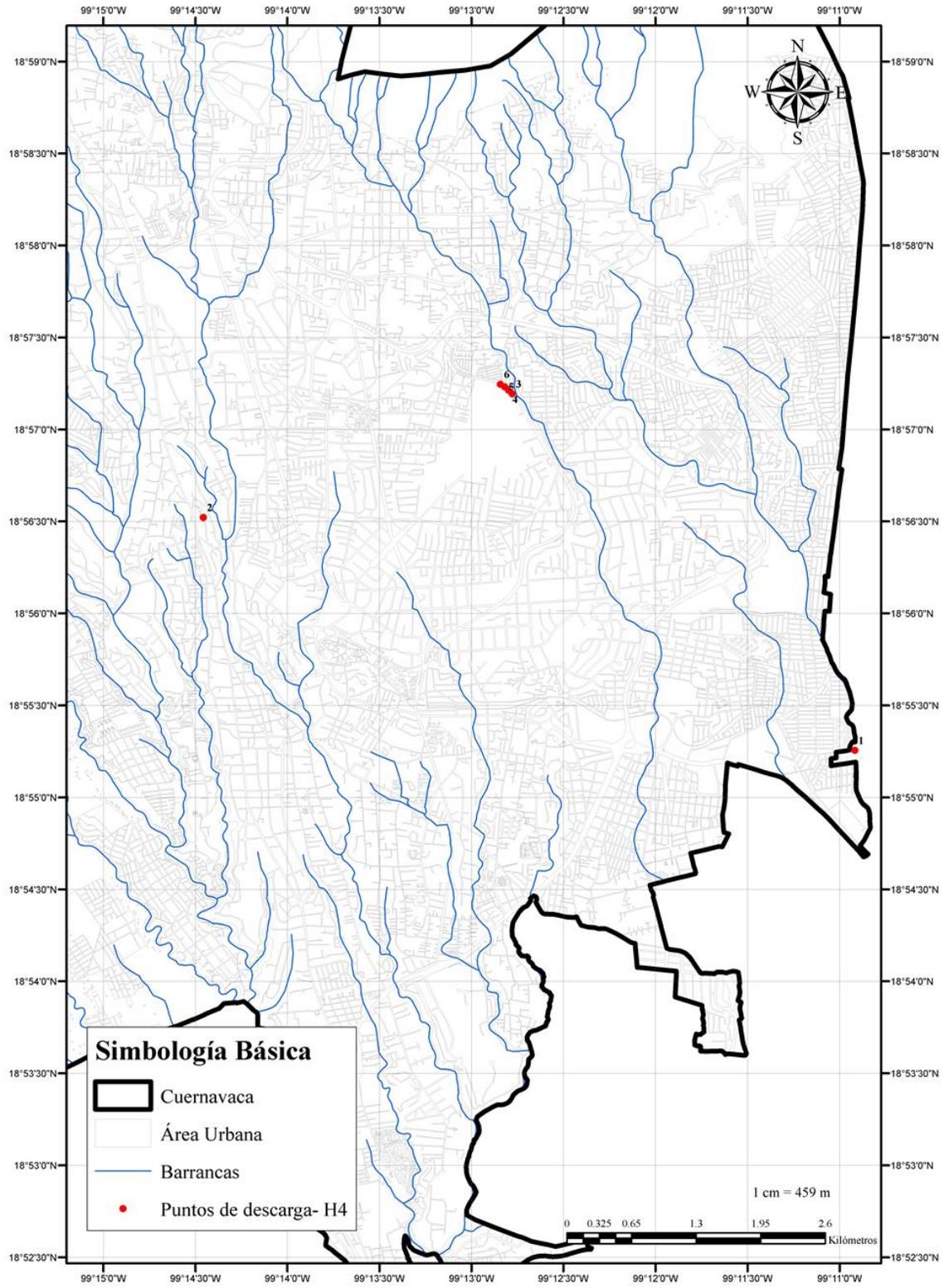
Cuernavaca, 2018. Localización de puntos del uso de suelo H1



Fuente: Elaboración propia con datos propios 2018; SAPAC, 2008; INEGI, 2016b.

Figura 33

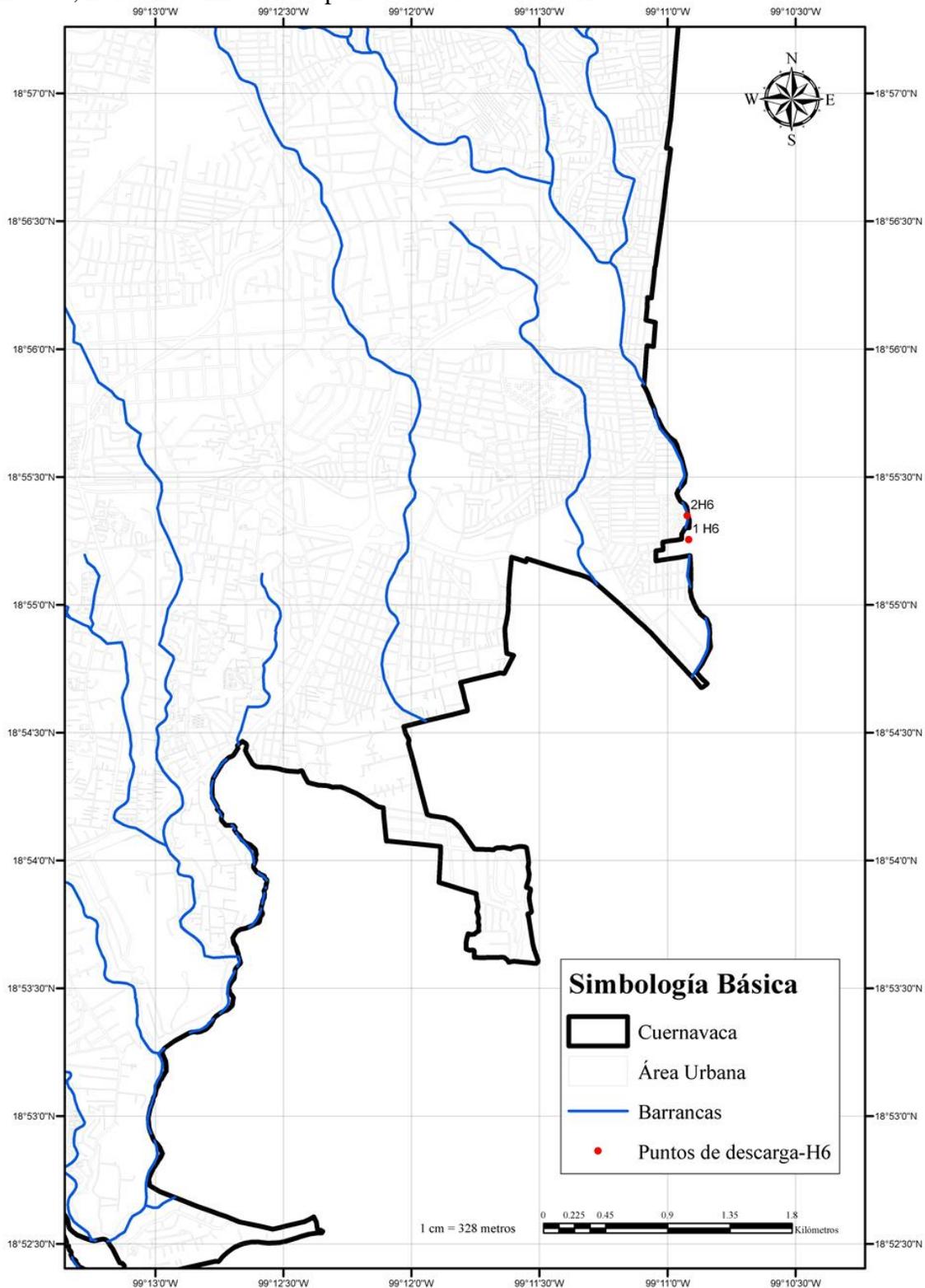
Cuernavaca, 2018. Localización de puntos del uso de suelo H4



Fuente: Elaboración propia con datos propios 2018; SAPAC, 2008; INEGI, 2016b.

Figura 34

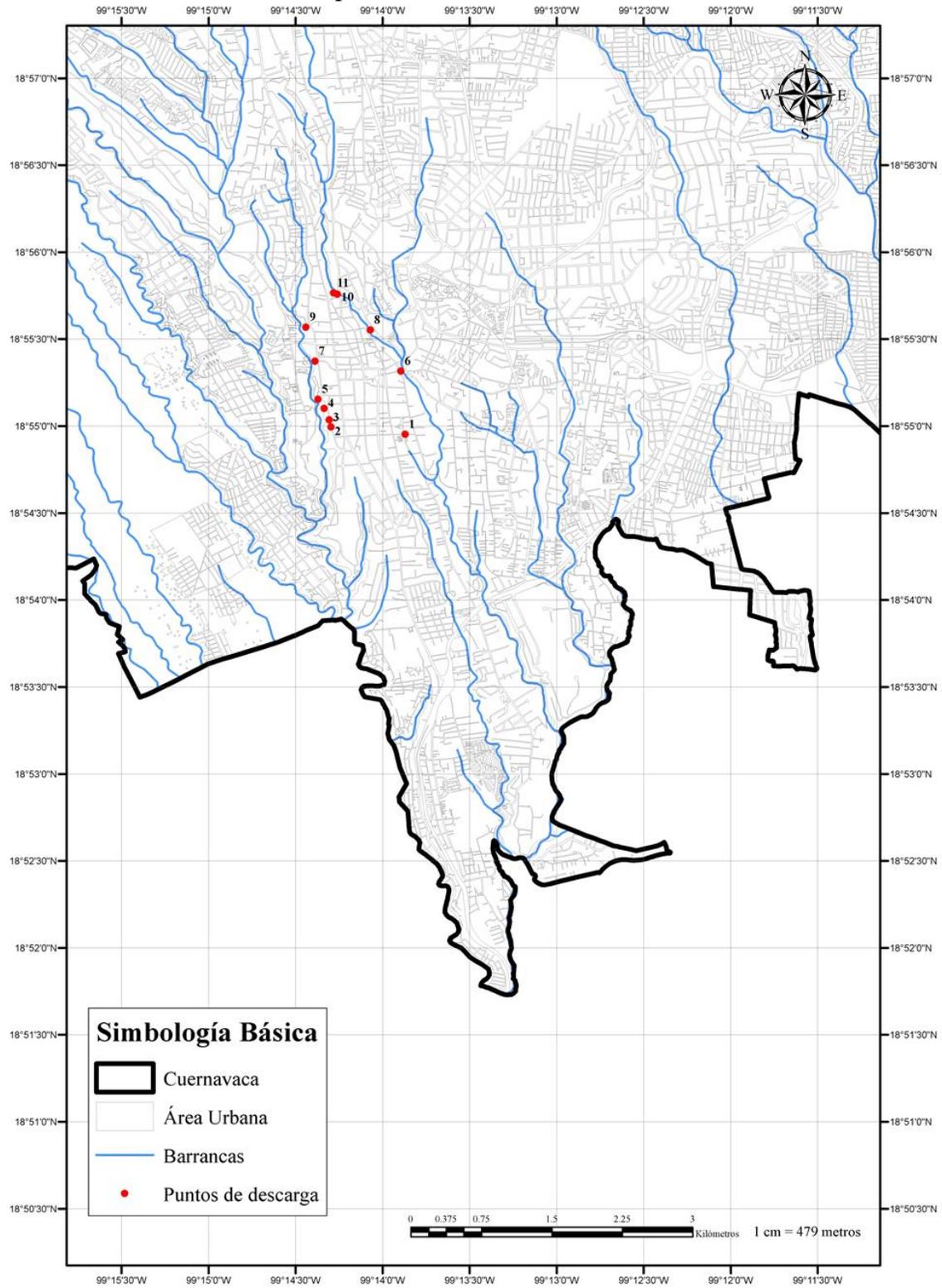
Cuernavaca, 2018. Localización de puntos del uso de suelo H6



Fuente: Elaboración propia con datos propios 2018; SAPAC, 2008; INEGI, 2016b.

Figura 35

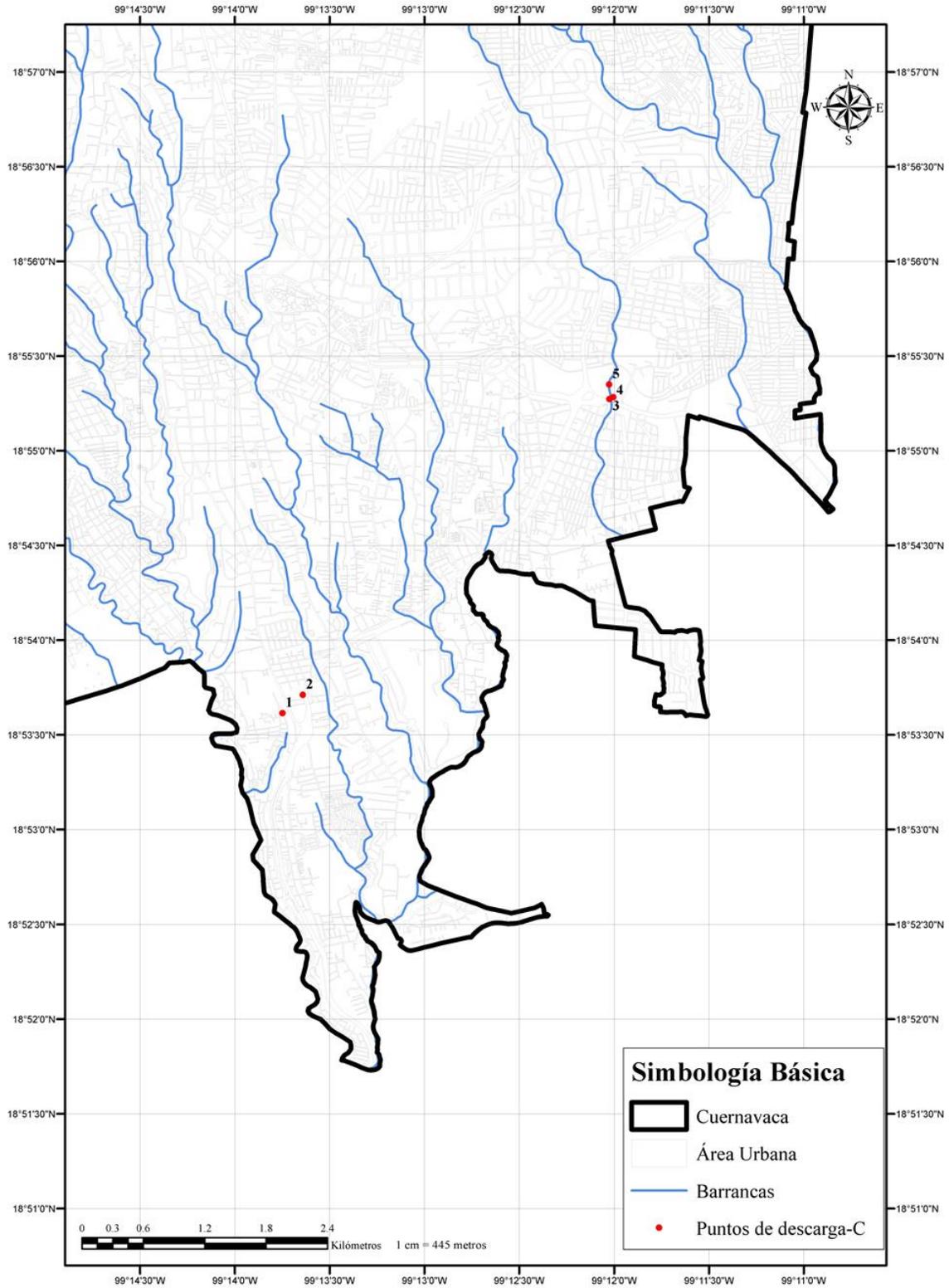
Cuernavaca, 2018. Localización de puntos del uso de suelo CU



Fuente: Elaboración propia con datos propios 2018; SAPAC, 2008; INEGI, 2016b.

Figura 36

Cuernavaca, 2018. Localización de puntos del uso de suelo Comercial



Fuente: Elaboración propia con datos propios 2018; SAPAC, 2008; INEGI, 2016b.

De manera general, los usos de suelo Habitacional 05, Habitacional 1, y Habitacional 2 son los que mayor número de puntos de descarga ubican. Por su parte, los usos de suelo que menor cantidad de puntos tienen, son los de mayor densidad poblacional, es decir, Habitacional 4 y 6, ver tabla 7.

Tabla 7

Cuernavaca, 2018. Distribución de puntos de descarga por uso de suelo y extensión territorial

Clave	Uso de suelo	Densidad	Lote tipo (m ²)	Puntos de descarga	Extensión Territorial (m ²)	% Territorial
C	Comercial			5	478,059	0.6339
CU	Centro Urbano			11	1,565,433	2.075
H05	Habitacional	0 a 50 Hab/Ha.	1000	34	21,398,195	28.377
H1	Habitacional	51 a 100 Hab/Ha.	500	32	11,087,138	14.7031
H2	Habitacional	101 a 200 Hab/Ha.	250	221	39,012,571	51.7363
H4	Habitacional	201 a 416 Hab/Ha.	120	6	861,467	1.1424
H6	Habitacional	417 a 600 Hab/Ha.	plurifamiliar	2	1,003,615	1.3309
Total				311	75,406,478	99.9986

Fuente: Elaboración propia con datos del Gobierno Municipal de Cuernavaca, (2016-2018) y SAPAC, 2008.

En primera instancia, los usos de suelo H05, H1 Y H2 se adjudican el 92.27% de los puntos de descarga, pero particularmente es el uso de suelo Habitacional 2 al que se le atribuye 71% de los puntos totales. En otras palabras, hay una concentración focalizada y particular en este uso de suelo, con un porcentaje importante de puntos de descarga pero también con una atribución territorial de poco más de la mitad del área urbana del municipio de Cuernavaca.

Por otro lado, los usos de suelo H4 y H6 de mayor densidad poblacional, concentran una menor cantidad de puntos, equivalente a 7%. Sin embargo, esos usos de suelo son minúsculos con respecto al área urbana, es decir solo abarcan poco más del 2% del territorio.

En síntesis, existe una relación entre el número de puntos de descarga con la extensión territorial de cada uso de suelo, es decir, al aumentar el territorio por uso de suelo también se incrementan los puntos de descarga municipal.

9.4. Análisis de las condiciones socio-económicas de Cuernavaca con respecto a las descargas de agua residual

9.4.1. Descargas municipales

“Unos más vulnerables que otros”.

Los efluentes residuales son considerados un riesgo para el medio ambiente así como para los habitantes que se encuentren en contacto directo e indirecto. Derivado de ello, se localizan los

puntos de descarga de la red pública y al mismo tiempo, las de carácter directo, generadas por las viviendas cercanas a las barracas de Cuernavaca. Incluso, la distribución por grado de marginación es útil para correlacionar la condición socio-económica diferenciada del territorio, pero sobre todo con la cercanía de los puntos de descarga de las viviendas particulares; ya que esta condición vuelve a las personas más o menos susceptibles de riesgo, ya sea por la contaminación de los cuerpos de agua y las enfermedades generadas por la falta de tratamiento, ver figura 37.

En el mapa se aprecia la distribución de los 311 puntos de descarga de la red de alcantarillado del municipio de Cuernavaca, relacionados con un índice de marginación, que según la CONAPO se clasifican en una rango que va de “Muy bajo” a “Muy alto (CONAPO, 2010b). Esta clasificación de marginación, mide la condición socioeconómica por AGEB, principalmente en 10 indicadores, como, el educativo, derechohabencia a servicios de salud, disponibilidad de agua, drenaje, bienes, entre los más significativos.

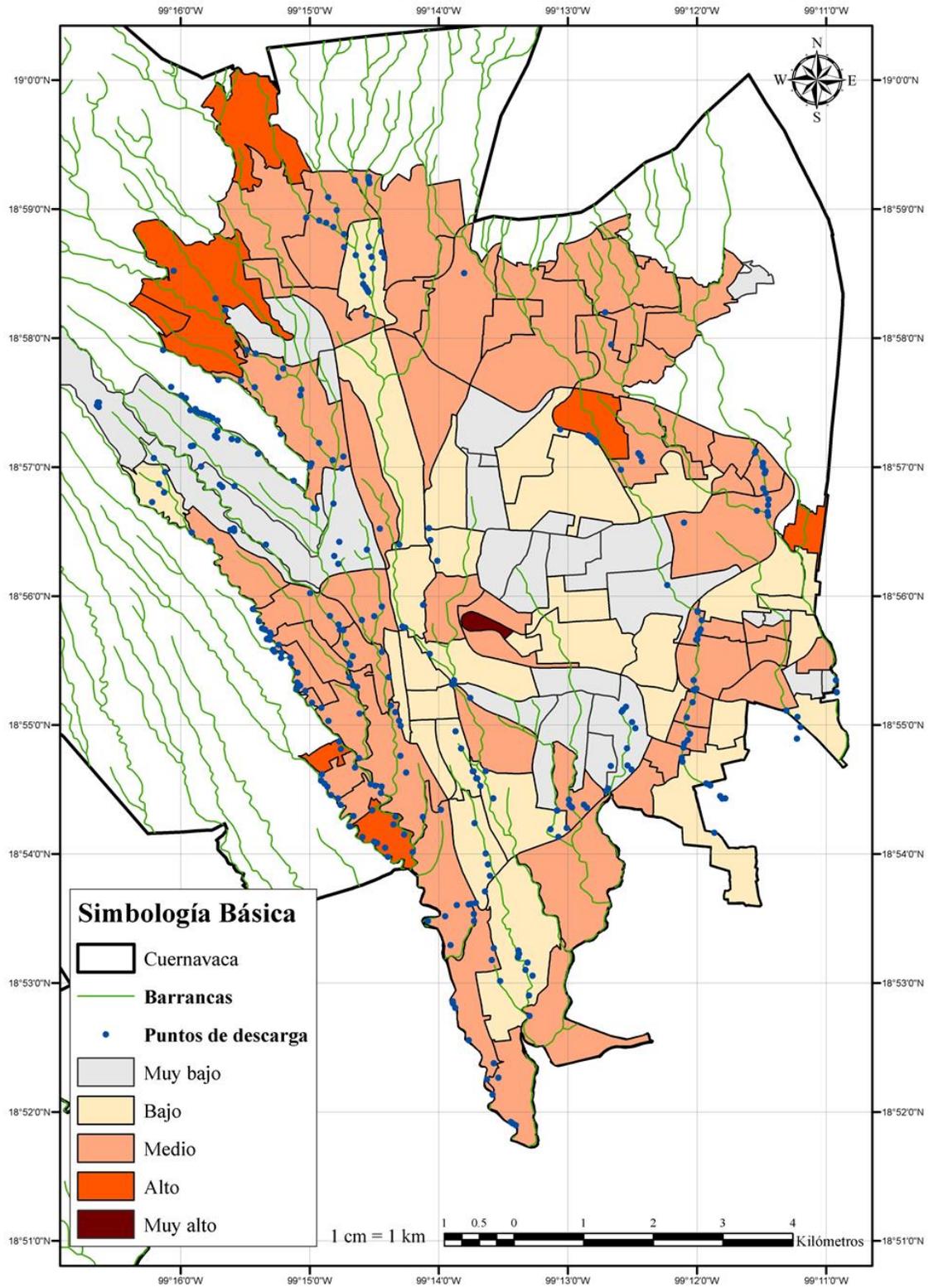
En otras palabras, la condición por AGEB (Área Geo estadística Básica) con un grado de marginación y su cercanía con los efluentes urbanos, son determinantes clave que describen la calidad de vida de estas personas, condicionados principalmente por el mal olor que se percibe, la condición visual del mismo, la degradación del medio ambiente e incluso la susceptibilidad a enfermedades.

De manera concreta, las AGEB con un grado de marginación “muy alto”, no tienen ninguna relación con los puntos de descarga municipal, es decir, no existe ningún punto en estas georreferencias. Para el caso de las AGEB con “alto grado de marginación”, se localiza 6.43% del número total de puntos registrados. No obstante, es al grado de “marginación medio” al que se le adjudica 53.69% del total. Además, es al “grado bajo” al que se le atribuye poco menos del 19% del número total de puntos y otro 20% en el grado de marginalidad “muy bajo”

En términos prácticos, el 60% de los puntos registrados se encuentran localizados en los grados “medio” y “alto” de marginación. Esto significa que en estas AGEB, permea una circunstancia socioeconómica media y alta en términos de marginación; es decir, limitaciones en el acceso a la educación, salud, un hábitat adecuado en viviendas, disponibilidad de bienes de primera necesidad y servicios básicos. Al mismo tiempo, el 40% restante se ubica en un rango entre “muy bajo” y “bajo”, es decir, comparadas con el resto estas condiciones socioeconómicas no condicionan la calidad de vida de las personas.

Figura 37

Cuernavaca, 2008. Grado de marginación por AGEB y puntos de descarga de agua residual

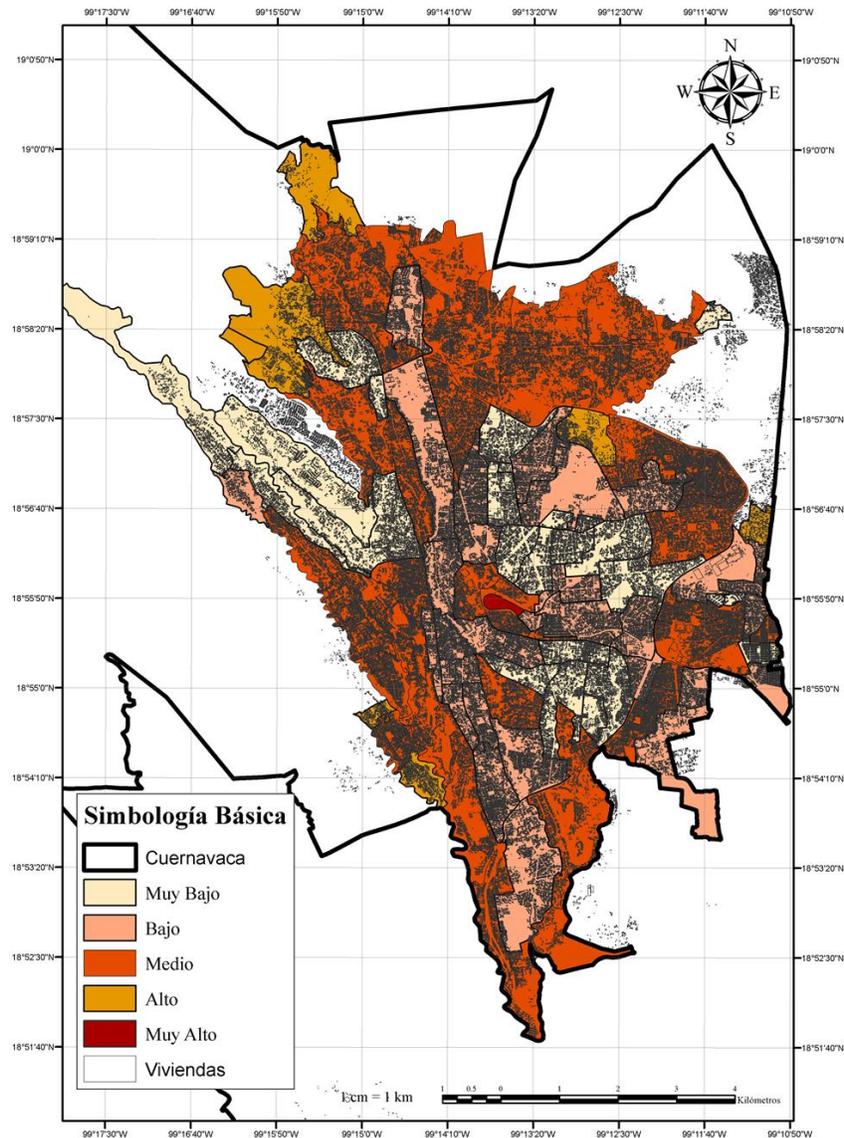


Fuente: Elaboración propia con datos de CONAPO, 2010b; datos propios 2018; SAPAC, 2008; INEGI, 2016b.

Además, no importa si la condición socio-económica de las viviendas particulares se analiza en términos de usos de suelo o grado de marginación por AGEB, los puntos de descarga hacia una barranca, son prevalentes en ambos casos. Incluso, el tratamiento o ausencia de tratamiento del agua residual de los 311 puntos de descarga, es nula y permea en casi toda la ciudad; sin embargo, los efectos que estos provocan son desiguales, ya que las poblaciones con grado de marginación “alto” y “medio” no tendrán la misma capacidad de resiliencia que las de menor grado de marginación. En suma, se hace el análisis de las viviendas que ocupan esas AGEB, distribuidas por grado de marginalidad, ver figura 38.

Figura 38

Cuernavaca, 2018. Viviendas por grado de marginación



Fuente: Elaboración propia con datos de CONAPO, 2010b y Catastro de Cuernavaca, 2018; INEGI, 2016

En este sentido, el grado de marginación “muy alto” no concentra ninguna vivienda, por su parte el grado de marginación “alto” contiene 12,002 viviendas particulares. No obstante, es el grado de marginación “medio” al que se le atribuyen 160,956 viviendas, equivalente a 53.69%. Por otro lado, los grados de marginación “bajo” y “muy bajo” se atribuyen poco menos del 39%.

Además, para saber cuáles son las categorías con mayor vulnerabilidad social y ambiental, se hace la relación entre viviendas, grado de marginación y número de puntos de descarga de agua residual, ver tabla 8.

Tabla 8

Viviendas categorizadas por grado de marginalidad y puntos de descarga

Grado de marginalidad	Viviendas por grado	% equivalente	Puntos de descarga	% equivalente
Muy Alto	0	0%	0	0%
Alto	12,002	3.48%	20	6.43%
Medio	160,956	46.80%	167	53.69%
Bajo	93,615	27.22%	59	18.97%
Muy Bajo	58,204	16.92%	65	20%

Fuente: Elaboración propia con datos de CONAPO, 2010b y Catastro de Cuernavaca, 2018.

Cerca del 50% de las viviendas particulares se concentra en una condición de marginación Alta y Media, pero además, localizando poco menos del 60% de las descargas municipales de agua residual. En otras palabras, los individuos que se encuentran en primera fila tienen que lidiar no solo con sus condiciones socioeconómicas, sino con los residuos líquidos urbanos y barrancas contaminadas, siendo estas más vulnerables y susceptibles de los efectos por la contaminación. El 40% restante, se distribuyen en las categorías “Baja” y “Muy Baja” con 59 y 65 descargas respectivamente.

Sin caer en la lógica de generalizar, es posible mencionar que las áreas con menor grado de marginalidad tienen la capacidad de resistir los efectos por las aguas residuales y barrancas contaminadas a diferencia de las áreas con grado de marginación medio y alto. Sin embargo, no deja de ser una situación que afecta a la población en general.

9.4.2. Descargas directas de viviendas cercanas

“Sin embargo, no les queda de otra”

Si bien la parte medular de esta investigación se centra en el análisis de las descargas de agua residual municipal, resulta necesario revisar la situación de las viviendas que contribuyen de manera directa a la contaminación de las barrancas.

Debido a la expansión urbana, en Cuernavaca se han establecido asentamientos irregulares a lo largo y ancho de las barrancas. De hecho, han invadido lo que comúnmente se conoce como límite federal permitido o restringido, el cual, según el artículo 3, fracción XLVII, de la Ley de Aguas Nacionales (LAN), se define como “Ribera o Zona Federal”.

“Ribera o Zona Federal” se define como las fajas de diez metros de anchura contiguas al cauce de las corrientes o al vaso de los depósitos de propiedad nacional, medidas horizontalmente a partir del nivel de aguas máximas ordinarias. La amplitud de la ribera o zona federal será de cinco metros en los cauces con una anchura no mayor de cinco metros (Cámara de diputados del H. Congreso de la Unión, 2016: pp. 7).

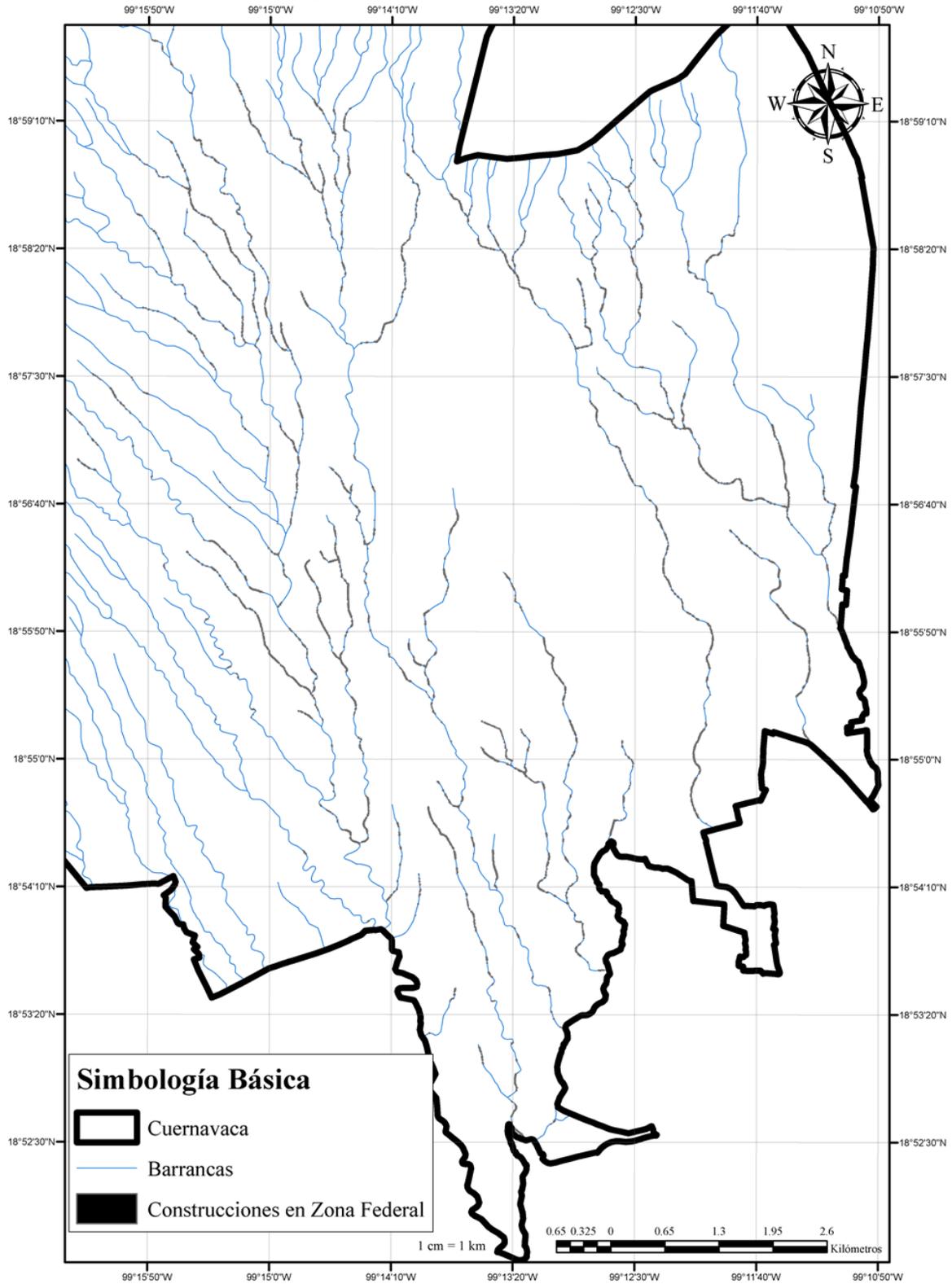
Sin embargo, a pesar que esta situación está reglamentada y restringida, sin importar la condición socio-económica los emplazamientos humanos se siguen posicionando en estos límites, es decir, gran parte de las riberas están ocupadas por viviendas de cada uno de los usos de suelo. Por ejemplo, los predios localizados en los usos de suelo H05 y H1 de menor densidad poblacional, son adquiridos por el confort y el clima agradable que ofrece la cercanía con las barrancas, siendo zonas restringidas, exclusivas y acordonadas. No obstante, la compra y venta de terrenos en los usos de suelo de mediana y mayor densidad, son una respuesta a una condición socioeconómica rezagada; estos se adquieren a un costo menor, por paracaidismo o por el simple hecho de no tener el recurso económico necesario para poder vivir en otro lugar.

Siguiendo el paradigma de verter residuos líquidos hacia alguna fuente natural, estas viviendas tienen la necesidad de dirigir los residuos líquidos hacia alguna parte por medio de tubos de PVC de 4” y la forma más fácil es hacia las barrancas cercanas.

El número de viviendas emplazadas en estas riberas o zonas federales, se calcula utilizando el catastro de construcciones del municipio de Cuernavaca, observación de campo a lo largo de las barrancas visitadas y tomando en cuenta la distancia mínima que marca el artículo antes referido, ver figura 39.

Figura 39

Cuernavaca, 2018. Viviendas emplazadas en límite federal de rivera



Fuente: Elaboración propia con base en Congreso de la Unión, 2016; Catastro de Cuernavaca, 2018; INEGI, 2016b.

En este sentido, se estima son 7,472 las viviendas que se encuentran invadiendo zona federal. Cabe señalar, que estas viviendas no solo infringen la ley, sino que son susceptibles de descargar sus aguas negras y grises de manera directa, pero al mismo tiempo, son el frente de batalla que lidia en contra de los efectos generados por los residuos líquidos urbanos vertidos a las barrancas.

En un segundo ejercicio, el rango del límite federal se aumenta a 15 metros, ya que es la medida promedio para abarcar las dimensiones mínimas de una casa particular. El resultado es 2.2 veces más que el primer análisis, es decir, 17,047 viviendas particulares con tendencia a verter directamente sus aguas residuales hacia las fuentes superficiales de agua de Cuernavaca, ver figura 40. Además, la evidencia fotográfica refleja que la forma en que estas viviendas vierten sus residuos líquidos es a través de una tubería independiente a la de la red pública.

Indiscutiblemente, el recorrido y la evidencia fotográfica vislumbran que las viviendas que se encuentran en zona federal, es decir, 5 y 15 metros del cauce, descargan aguas residuales de manera directa hacia las barrancas por sus propios medios, sin importar el uso de suelo en que se encuentren, ver figuras 41, 42, 43, 44, 45,46 y 47.

Figura 41. Descarga de C.



Figura 42. Descarga de CU.



Figura 43. Descarga de H05.



Fuente: Tomas propias

Figura 44. Descarga de H1.



Figura 45. Descarga de H2.



Figura 46. Descarga de H4.



Fuente: Tomas propias

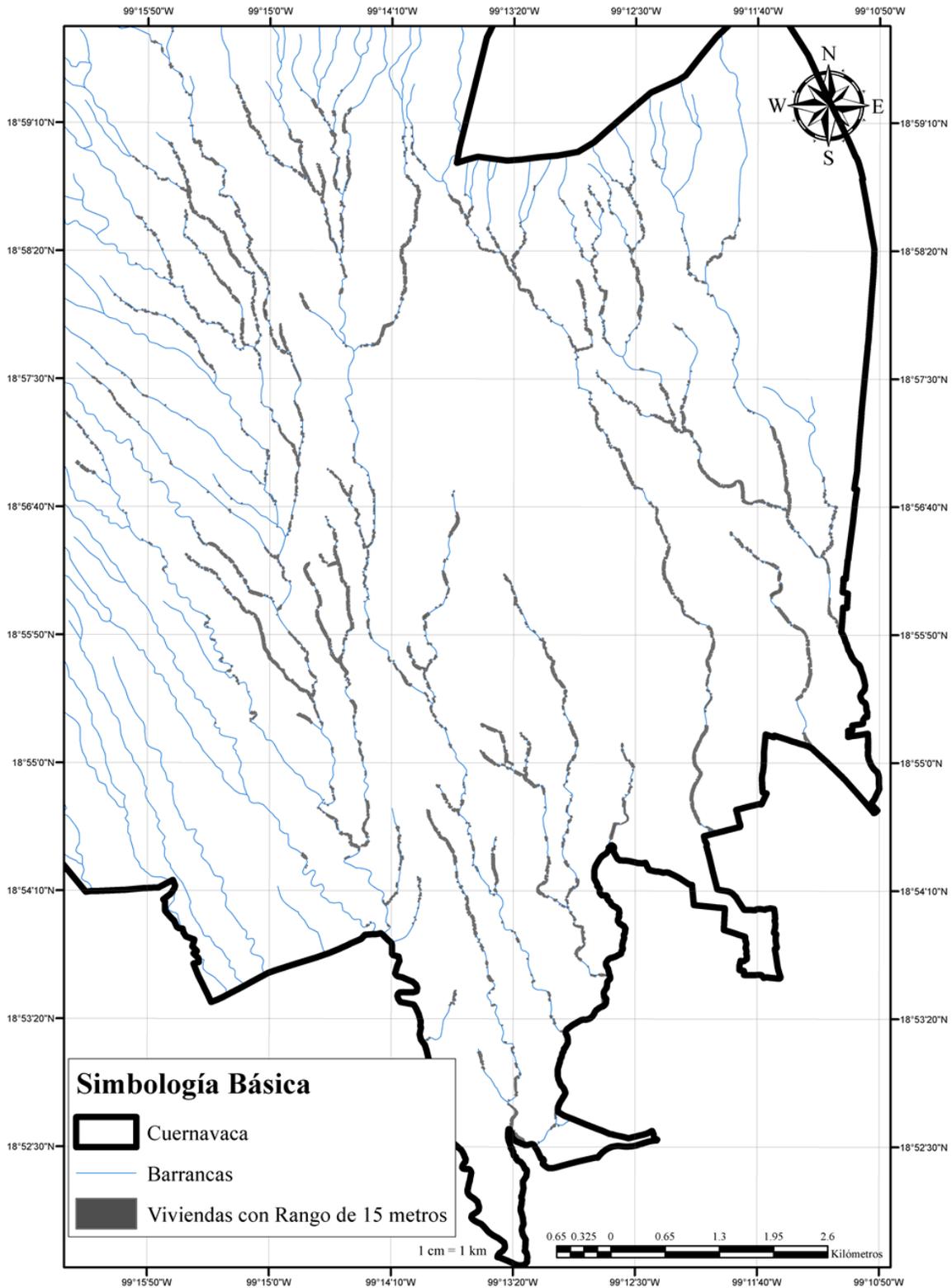
Figura 47. Descarga de H6.



Fuente: Tomas propias

Figura 40

Cuernavaca, 2018. Viviendas emplazadas en límite federal de rivera



Fuente: Elaboración propia con base en Congreso de la Unión, 2016; Catastro de Cuernavaca, 2018; INEGI, 2016b.

Es pertinente mencionar que el paradigma de descargar de forma directa permea en cada uno de los usos de suelo y también en las condiciones de marginación de Cuernavaca. En otras palabras, tanto los usos de suelo de mayor y menor densidad poblacional como las AGEB por grado de marginación practican este acto de forma directa y constante. No obstante, para poder afirmar y confirmar estos datos, es necesario un análisis de campo mucho más profundo y especializado. Sin embargo, este ejercicio abre el panorama general de las descargas directas relacionadas a las barrancas vecinas.

Podemos concluir que la infraestructura ya sea de carácter municipal o doméstica, continua el mismo patrón paradigmático, es decir, la infraestructura solo funciona como un conducto que no contempla tratamiento alguno pero dirige los desechos líquidos hacia otro medio de almacenamiento de carácter natural. Por lo tanto, es necesario prestar atención e implementar estrategias para mitigar tal condición; educación ambiental y tecnologías por ejemplo, son alternativas que permitirían mitigar la contaminación generada en el municipio, antes que los efectos regresen en expresiones inesperadas.

9.5. Caminando y midiendo. Un acercamiento a los puntos de descarga municipal

El objetivo principal de la investigación, es estimar el volumen total de efluentes residuales que genera el municipio, a través de un recorrido en campo y medición de las descargas de agua residual. Para validar en campo el volumen generado por la ciudad, se utiliza la notación de muestra estadística representativa, a saber:

$$n = \frac{S^2}{\frac{\epsilon^2}{Z^2} + \frac{S^2}{N}}$$

Donde, N es el tamaño de la población; n es el tamaño necesario de la muestra; Z es el nivel de confianza; E es el error de la muestra y S es la desviación estándar. Cabe destacar que dicha muestra estadística representativa, tiene un factor de confianza de 1.96, el cual es utilizado para estudios sociales principalmente; al mismo tiempo el nivel de error es de 0.1 (Cantoni, 2009).

El resultado de la muestra estadística representativa se estima en 74 puntos de descarga, distribuidos proporcionalmente según los 7 usos de suelo, identificados en el (PDUCP) Programa de desarrollo urbano de centro de población (Portal de Gobierno de Cuernavaca, 2016-2018), ver tabla 9.

Tabla 9

Cuernavaca, 2010. Distribución porcentual de la muestra representativa y usos de suelo

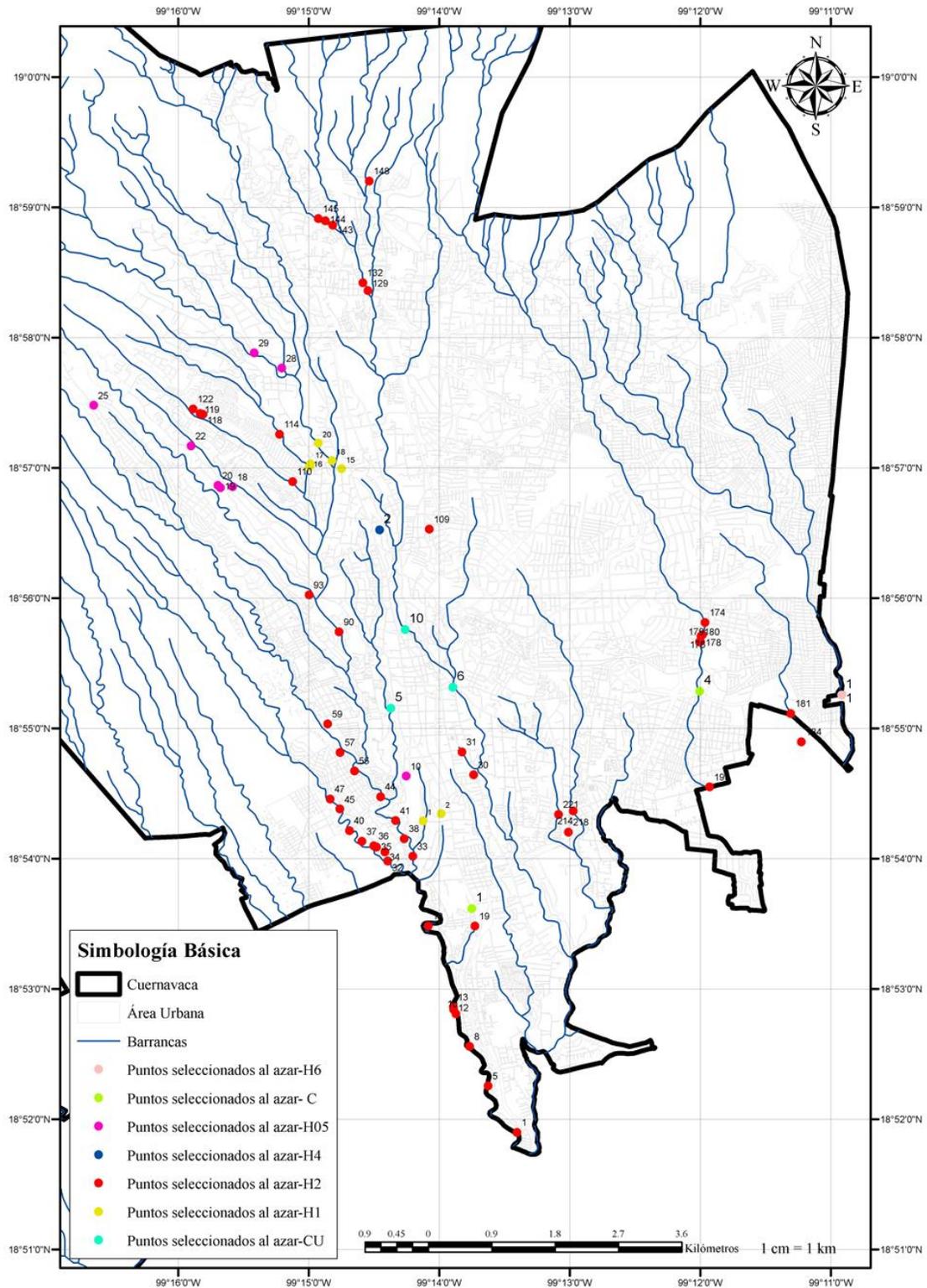
Clave	Uso de suelo	Densidad	Lote tipo (m ²)	Puntos de descarga	Descargas totales	% por descarga	Distribución por porcentaje
C	Comercial			5		1.61	1.19
CU	Centro Urbano			11		3.54	2.62
H05	Habitacional	0 a 50 Hab/Ha.	1000	34		10.93	8.09
H1	Habitacional	51 a 100 Hab/Ha.	500	32		10.29	7.61
H2	Habitacional	101 a 200 Hab/Ha.	250	221		71.06	52.59
H4	Habitacional	201 a 416 Hab/Ha.	120	6		1.93	1.43
H6	Habitacional	417 a 600 Hab/Ha.	plurifamiliar	2		0.64	0.00
				311	311	100	73.52

Fuente: Elaboración propia con datos del Gobierno municipal de Cuernavaca, 2016-2018; SAPAC, 2008; datos propios, 2018.

Además, como se menciona ante se enumeraron los 311 puntos, pero se eligieron aleatoriamente los puntos seleccionados para muestreo de cálculo de caudal generado mediante una tómbola, de acuerdo a la distribución porcentual de la muestra representativa, ver figura 48.

Figura 48

Cuernavaca, 2018. Puntos seleccionados al azar por uso de suelo



Fuente: Elaboración propia con datos propios 2018; SAPAC, 2008; INEGI, 2016b.

Antes de llevar a cabo el muestreo, es importante mencionar que metodológicamente se contó con mínimas medidas de protección para evitar el contacto con las aguas residuales y evitar posibles enfermedades. Es decir, se llevó un equipo de cubre bocas, guantes largos de látex, gel antibacterial, botas a la rodilla y un líquido esterilizador, con el fin de reducir y evitar riesgos por contagios. También, es preciso referir que para el levantamiento y muestreo de cada uno de los puntos, se implementaron medidas de identificación, como gafetes con nombres de cada uno de los integrantes del equipo y los correspondientes logos universitarios. Además, chalecos de trabajo, permitiendo identificarnos a distancia, posibilitando la confianza entre los pobladores. Cabe destacar, que el hecho de pertenecer a una institución educativa, en este caso la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, permitía que las personas se sintieran en confianza e incluso colaborando con opiniones pertinentes al caso de estudio. De hecho, las personas vinculaban a la UAEMor como un medio para ser escuchados.

Otro elemento importante es la bitácora de campo, en la cual se apuntaba y clasificaba todo tipo de observación y evidentemente los resultados por muestreo, con número, tipo de uso de suelo, fecha, ubicación y observaciones generales.

Al mismo tiempo, el Sr. Francisco Javier Montes fué un actor clave en este muestreo, ya que fungió como acompañante y técnico en todo momento, resaltando su conocimiento de la ciudad, ayudando a que las acciones fueran rápidas y efectivas. De hecho, el muestreo fué un trabajo de tiempo completo, por las mañanas y tardes se realizaba el levantamiento planeado y por las noches se creaba una ruta en planos impresos que facilitara el acceso a los puntos al día siguiente. Además, recalcar su audacia por no rendirse por difícil que pareciera el reto, sin importar el mal olor, el cansancio derivado del recorrido a lo largo y ancho de las barrancas, calor sofocante e incluso padecimientos en la salud.

Si bien es cierto, los efectos sobre la salud debido al contacto con las aguas residuales durante este muestreo no pueden considerarse evidencia suficiente para generalizar, es necesario mencionar que a pesar de contar con la protección mínima e incluso no ingerir ningún tipo de alimentos durante la práctica, la salud de mi acompañante y de un servidor se vio afectada por presencia de vómitos, dolores intensos de cabeza, malestar estomacal y debilitamiento de cuerpo. No obstante, estos factores no fueron elementos suficientes para desistir.

Ahora bien, el cálculo de los efluentes recolectados *in situ* se hizo mediante el método volumétrico o también llamado gravimétrico, es decir, contabilizar el volumen o masa por unidad de tiempo con ayuda de una formula, a saber:

$$Q = \frac{V}{T}$$

Donde Q es el caudal o gasto; V es el volumen (litros) y T es el tiempo (segundos).

Este método es eficiente en campo y está basado en las normas ISO-8316: 1987 e ISO/TR 11330: 1997. De hecho, de entre una gama de métodos que permitían hacer el cálculo del caudal tales como; área – velocidad, cambio de régimen, sección-pendiente, vortex, difusión, empuje hidrodinámico, chorros o compuertas, se eligió el método volumétrico por su eficiencia, su bajo costo pero sobre todo porque se ajustaba a las necesidades del proyecto (Aguilar, 2017).

Para efectos de esta investigación, se habilitó un recipiente graduado de 20 litros adhiriéndole una extensión de madera de 1.5 metros y un cronometro, con el fin de hacer la relación entre volumen y tiempo (litros/s). Además, el cálculo individual se hizo en dos partes del día (mañana y tarde) y tres veces por cada punto para después promediarlo. Cabe hacer mención, que los muestreos por cada uno de los puntos seleccionados al azar, abarcaron enero y febrero del 2018; tratando de evadir la temporada de lluvias, puesto que algunas veces el alcantarillado pluvial está conectada a la red de drenaje, lo que sesgaría el resultado muestral del caudal generado, ver figuras 49,50 y 51.

Figuras 49,50 y 51.

Muestreo en campo

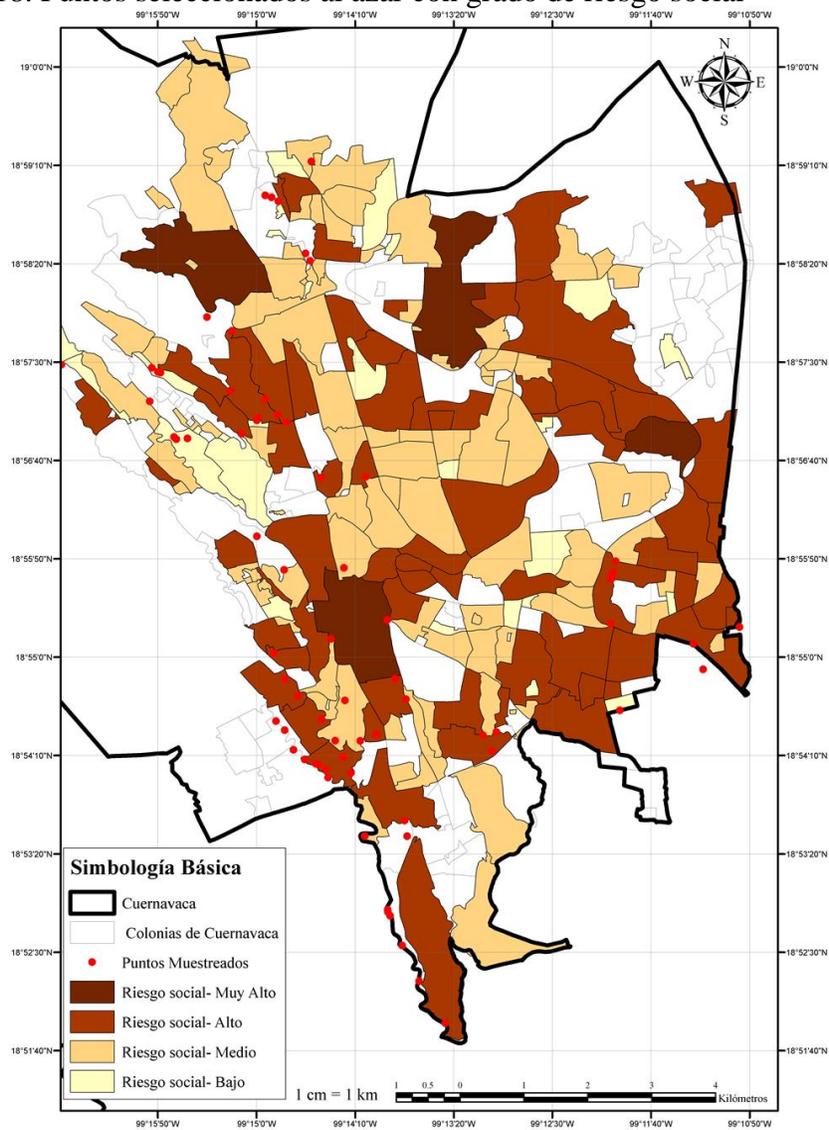


Fuente: Tomas propias

Si bien es cierto, la medición rigurosa del caudal de cada uno de los puntos debería realizarse mañana, tarde y noche, la ubicación de los puntos de descarga es la otra limitante metodológica que impidió tal acción, ya que se localizan en colonias con grado medio, alto y muy alto riesgo delictivo. Por tanto, además de la dificultad física de moverse a lo largo y ancho de las barrancas, el peligro delictivo se suma a la complejidad de la investigación. Esta situación se ejemplifica con base al índice de riesgo social por colonia, el cual, localiza las acciones de prevención social de violencia y delincuencia (Diagnostico municipal de Cuernavaca, 2015), ver figura 52.

Figura 52

Cuernavaca, 2018. Puntos seleccionados al azar con grado de riesgo social



Fuente: Elaboración propia con datos del Diagnostico municipal de Cuernavaca, 2015; datos propios 2018; SAPAC, 2008; INEGI, 2016b.

Haciendo la relación entre puntos seleccionados al azar e índice de riesgo social por colonias, 5.40% de los puntos de descarga están situados en colonias con “muy alto índice de riesgo social”. Además, cerca de 70% de los puntos muestreados se ubican en colonias con “alto índice de riesgo delictivo”, de ahí la complejidad del asunto. Por último, los grados de “riesgo social medio y bajo” se reparten el 27% restante.

De manera concreta, las colonias con índices muy altos, altos y medios se encuentran emplazadas en usos de suelo de mediana y mayor densidad, es decir H4 y H6 pero principalmente H2. En esta clasificación, destacan colonias populares como Alta Vista, Benito Juárez, Lagunilla, Nueva Santa María, Antonio Barona, San Antón, Centro de Cuernavaca, Chula Vista por mencionar algunos. Por otra parte, las colonias con un índice de riesgo social menor, comúnmente son los usos de suelo H05 Y H1, donde destacan colonias como rancho tetela, lomas del mirador, los limoneros, fraccionamiento bosques de Palmira, entre otros.

Por otro lado, durante el recorrido por todo el municipio, observamos que las barrancas funcionan como barreras o límites entre un uso de suelo y otro, incluso, existe una condición socioeconómica diferenciada muy marcada; visualmente se puede distinguir la situación de densidad poblacional y carencia cuando te posicionas del lado de los ricos y una condición totalmente diferente cuando te posicionas del lado de los pobres, ver figura 53.

Figura 53

Asentamientos irregulares de Cuernavaca

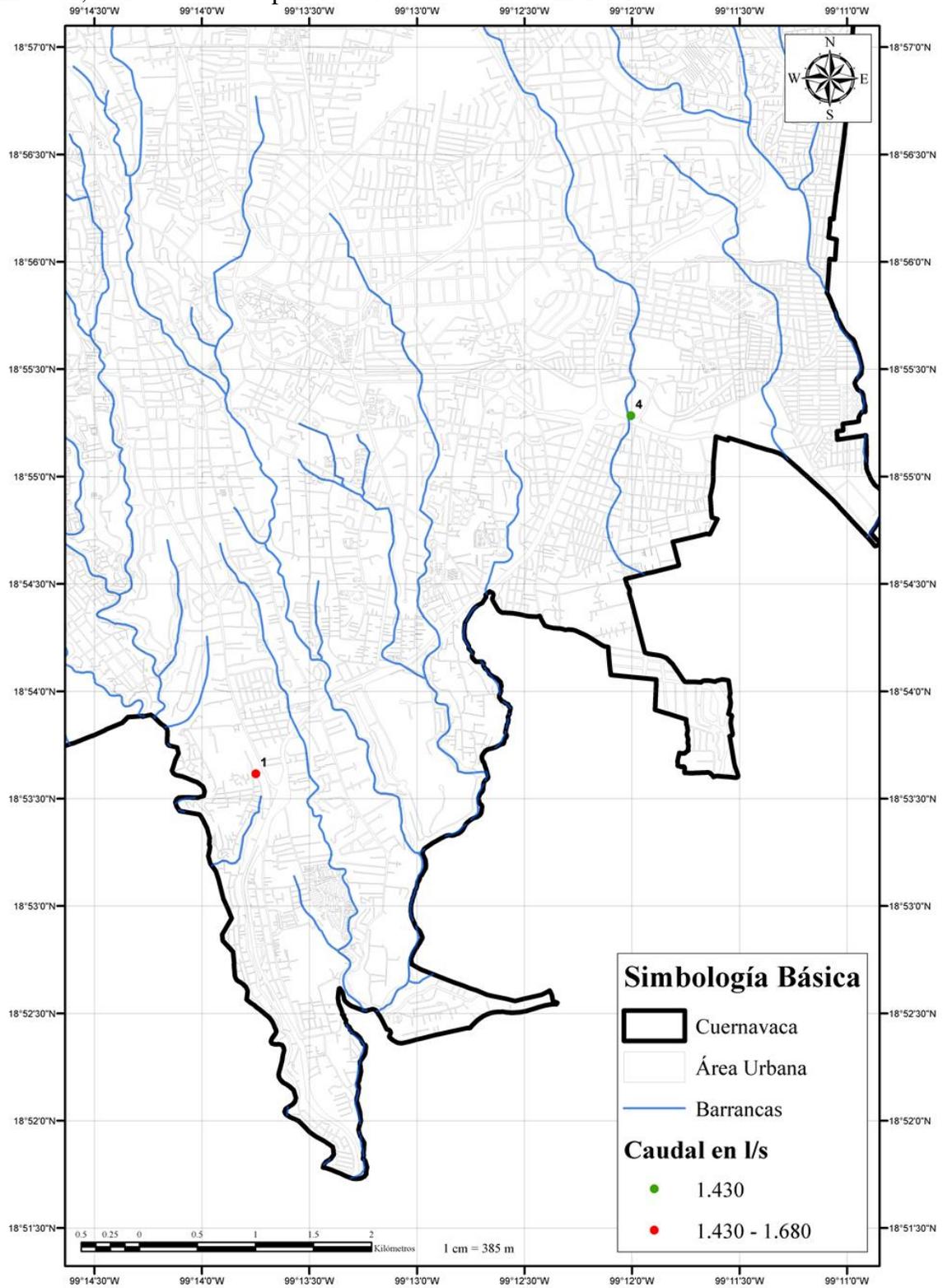


Fuente: Tomas propias

De acuerdo a la metodología antes descrita y a la estimación propia antes mencionada, los resultados se plasman en mapas, especificando de manera particular el volumen de cada punto seleccionados al azar, clasificados por uso de suelo, ver figuras 54, 55, 56, 57, 58,59 y 60.

Figura 54

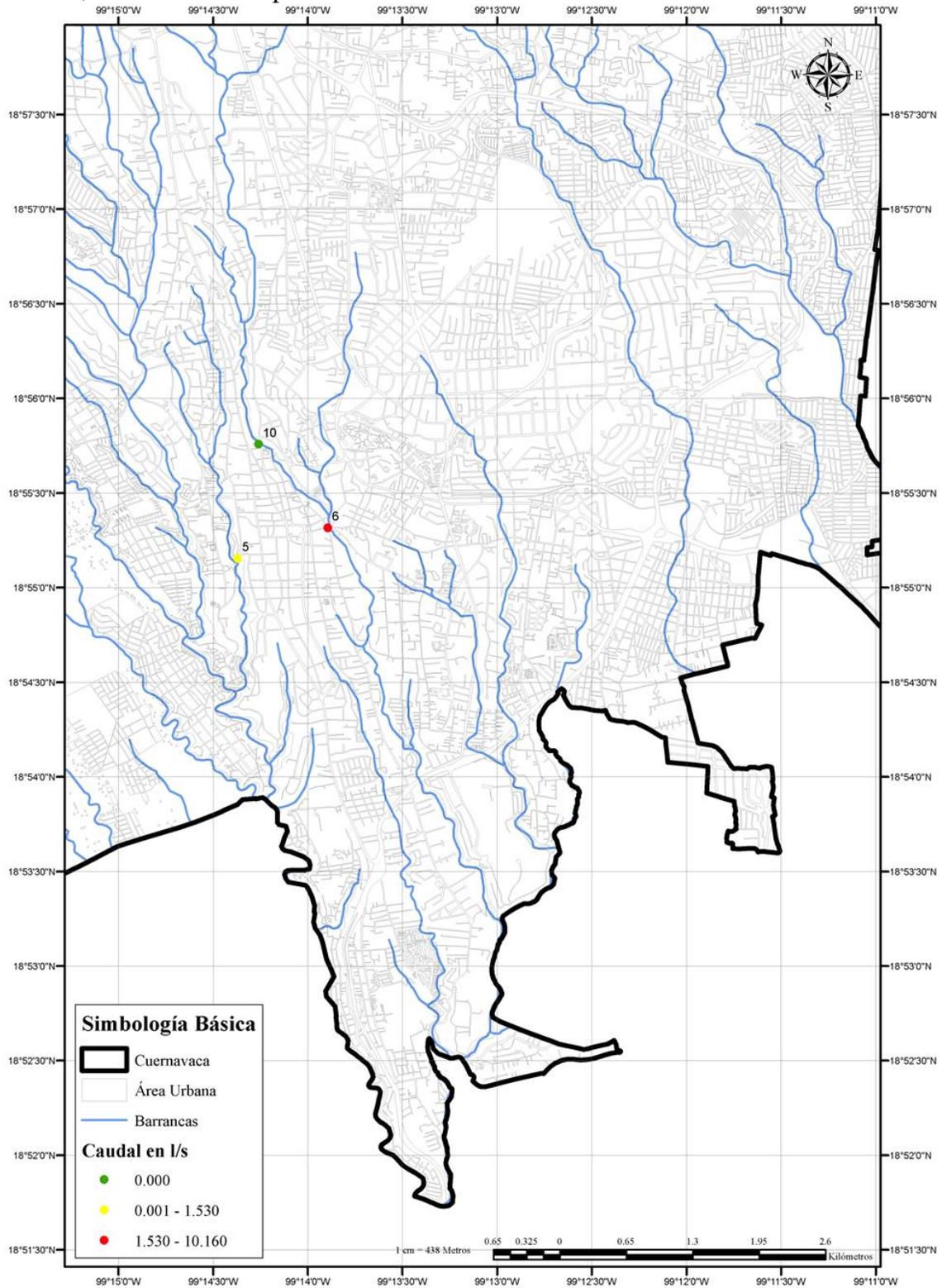
Cuernavaca, 2018. Caudal de puntos del uso de suelo Comercial



Fuente: Levantamiento y elaboración propia, 2018; datos propios 2018; SAPAC, 2008; INEGI, 2016b.

Figura 55

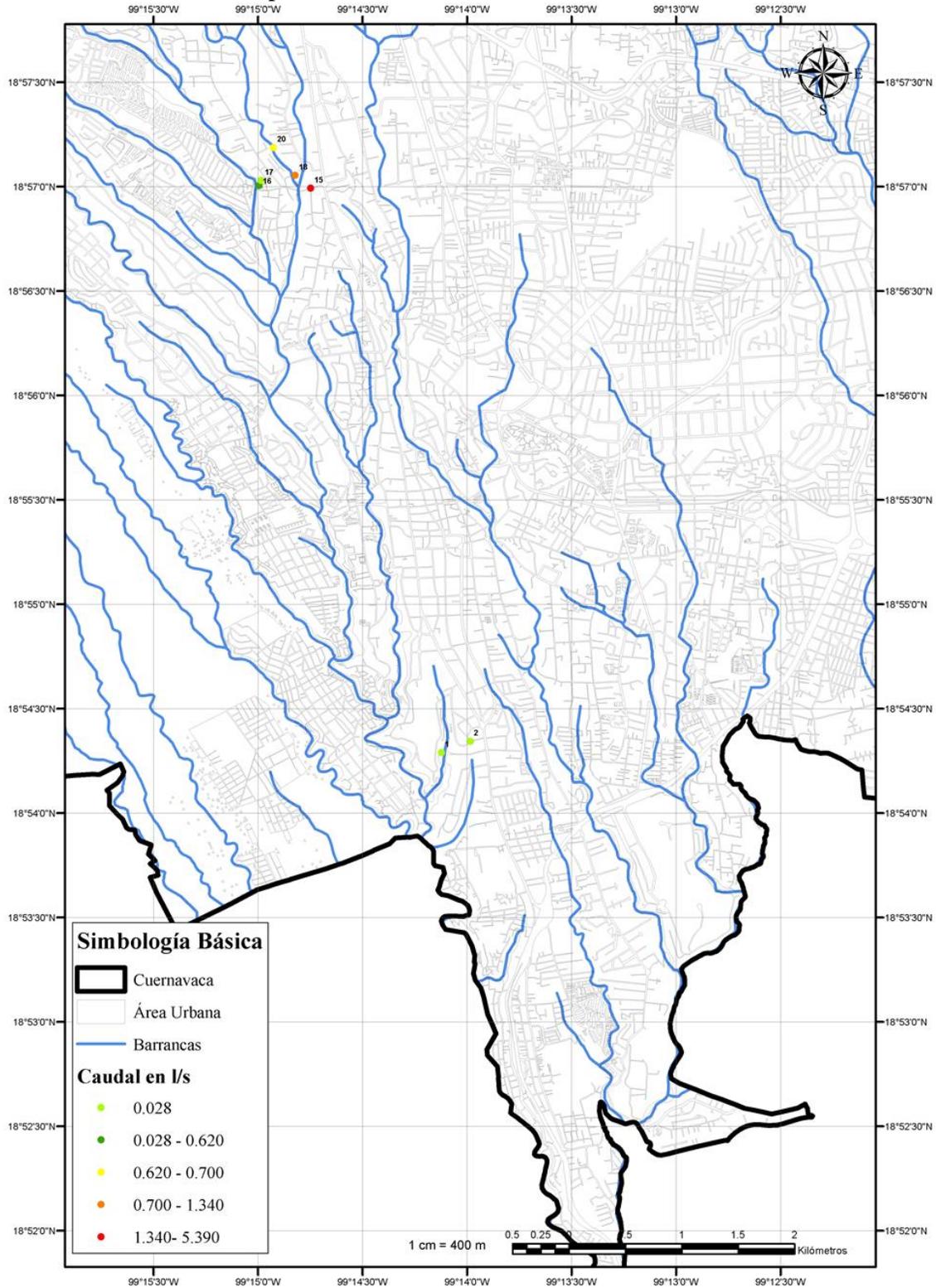
Cuernavaca, 2018. Caudal de puntos del uso de suelo Centro Urbano



Fuente: Levantamiento y elaboración propia, 2018; datos propios 2018; SAPAC, 2008; INEGI, 2016b.

Figura 56

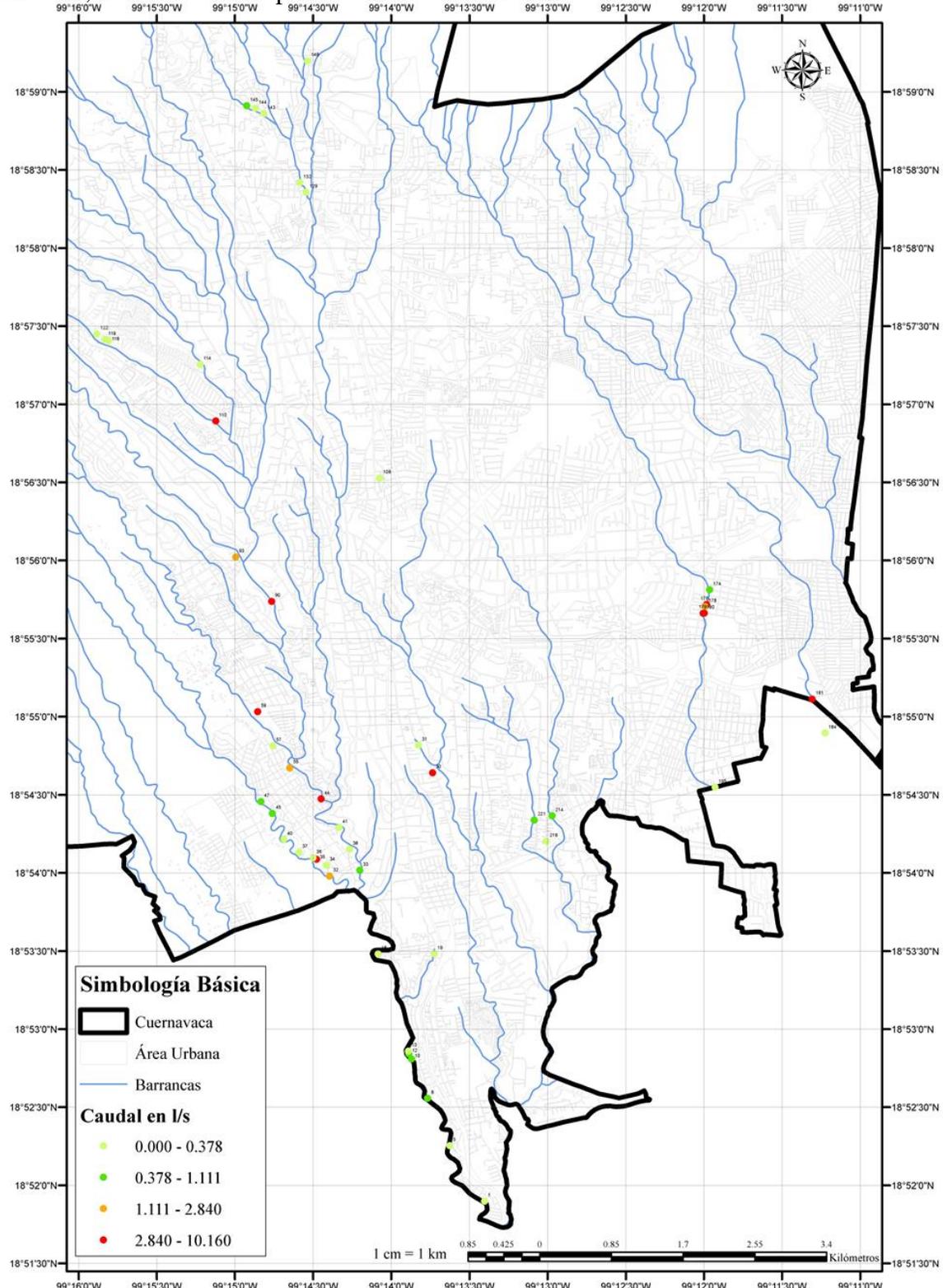
Cuernavaca, 2018. Caudal de puntos del uso de suelo H1



Fuente: Levantamiento y elaboración propia, 2018; datos propios 2018; SAPAC, 2008; INEGI, 2016b.

Figura 57

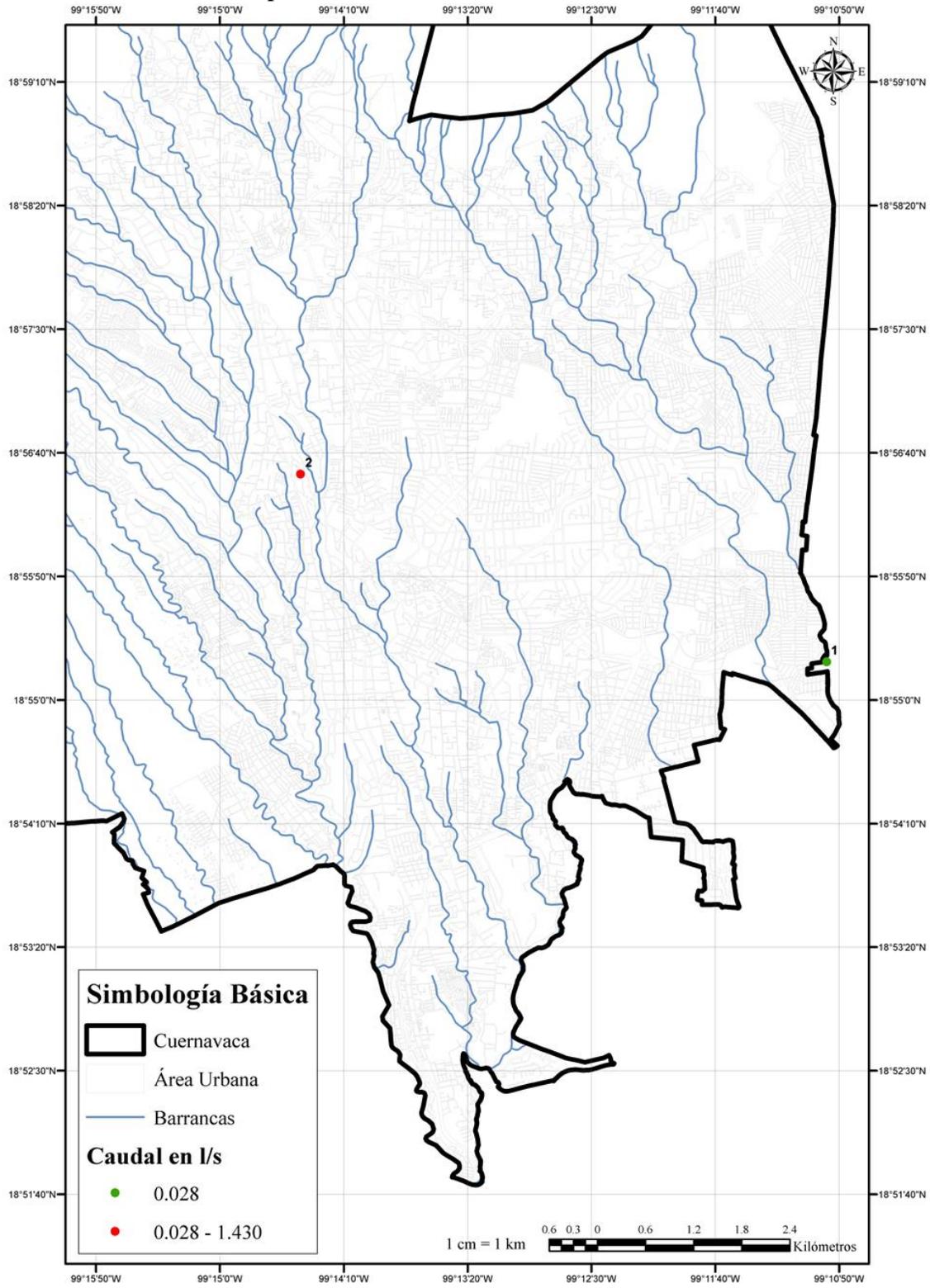
Cuernavaca, 2018. Caudal de puntos del uso de suelo H2



Fuente: Levantamiento y elaboración propia, 2018; datos propios 2018; SAPAC, 2008; INEGI, 2016b.

Figura 58

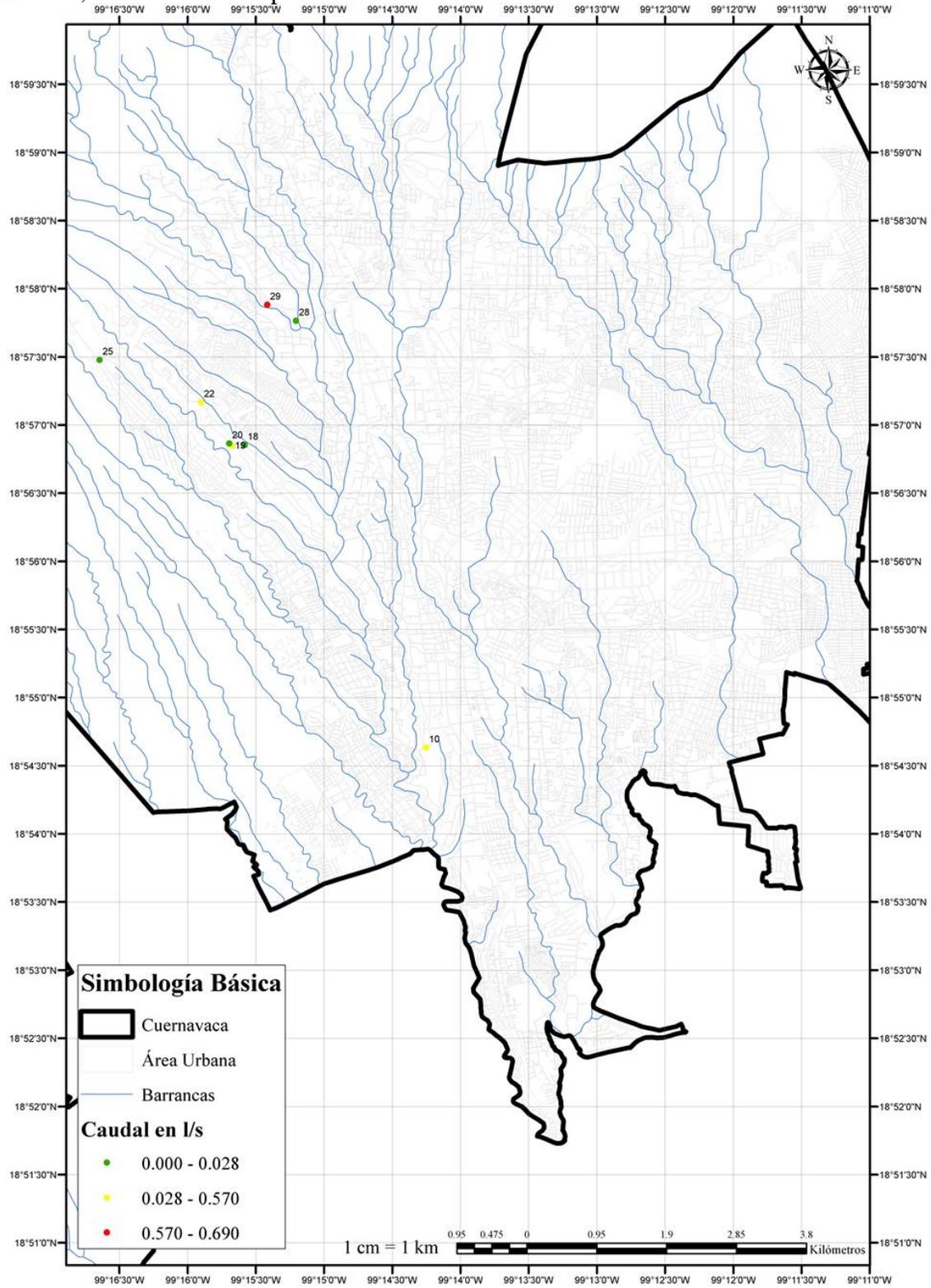
Cuernavaca, 2018. Caudal de puntos del uso de suelo H4



Fuente: Levantamiento y elaboración propia, 2018; datos propios 2018; SAPAC, 2008; INEGI, 2016b.

Figura 59

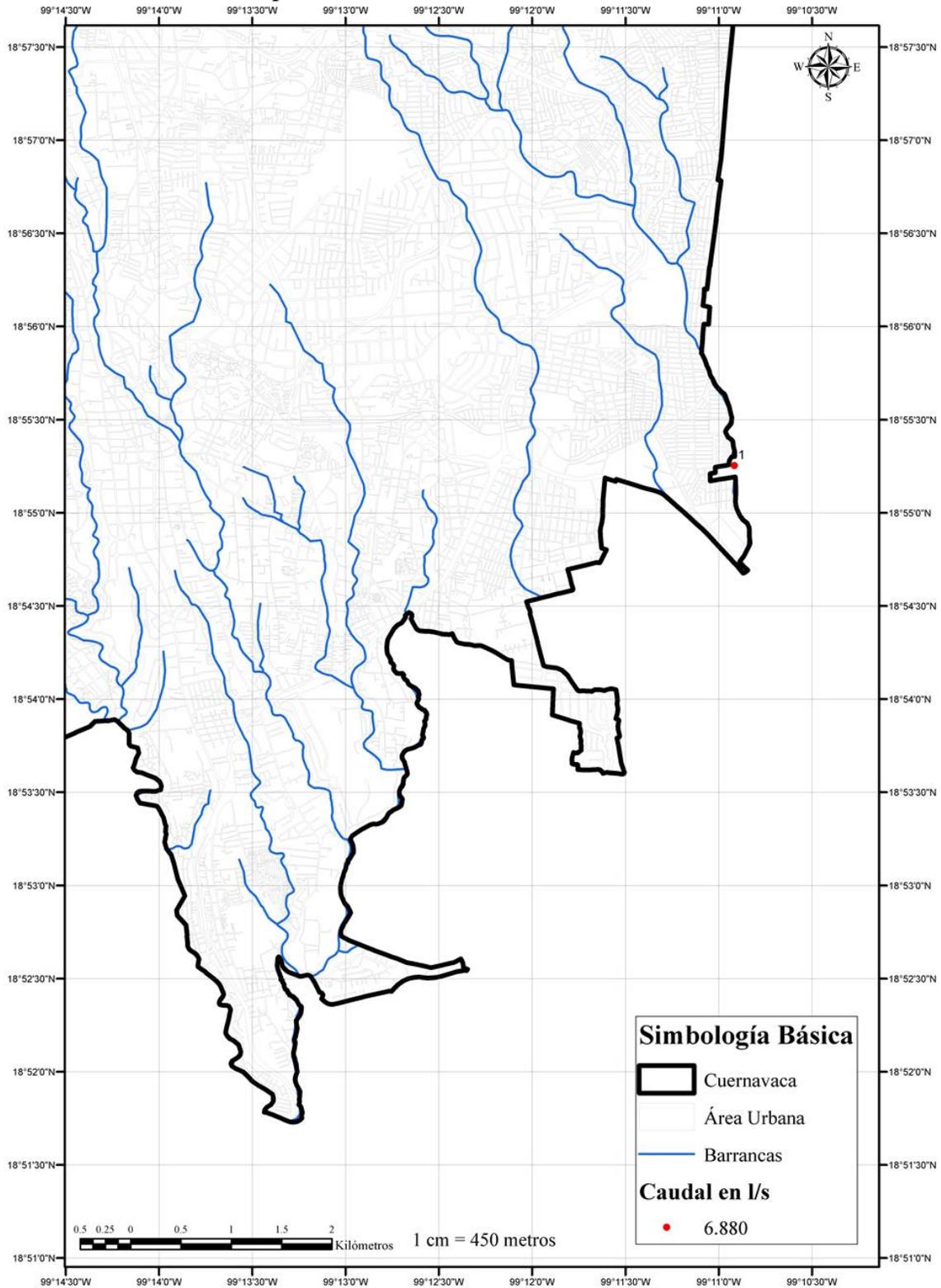
Cuernavaca, 2018. Caudal de puntos del uso de suelo H05



Fuente: Levantamiento y elaboración propia, 2018; datos propios 2018; SAPAC, 2008; INEGI, 2016b.

Figura 60

Cuernavaca, 2018. Caudal de puntos del uso de suelo H6



Fuente: Levantamiento y elaboración propia, 2018; datos propios 2018; SAPAC, 2008; INEGI, 2016b.

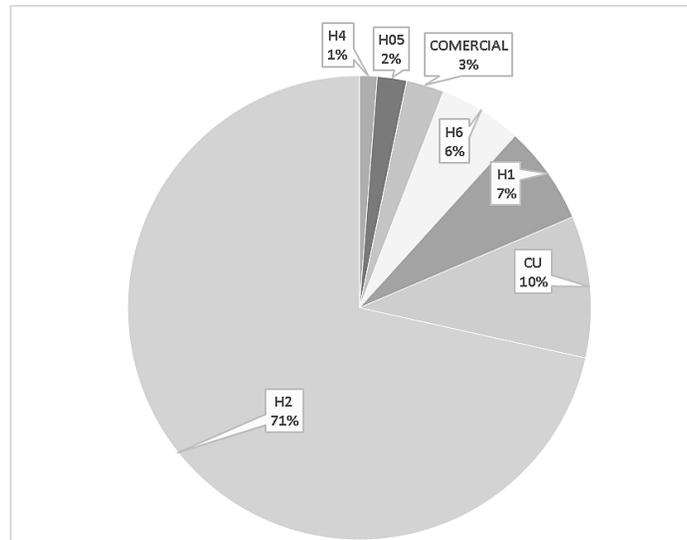
9.6. Resultados

En conclusión, los mapeos permiten identificar los puntos de descarga clasificados por uso de suelo de manera precisa, con una actualización perteneciente a Marzo del 2018. Además, clasifican la variación en términos de caudal de aguas residuales.

A partir de los datos netos de la muestra, el uso de suelo que aporta mayor volumen de agua residual a las barrancas, es el H2 con 84.64 l/s. El segundo en aportación es el CU (Centro Urbano) con 11.69 l/s, al mismo tiempo que el uso H1 aporta 8.134 l/s y el H6 6.88 l/s. Por otra parte, los usos de suelo que menor volumen generan son el C (comercial), H05 y H4 con 3.11, 2.426 y 1.458 l/s, respectivamente. Las aportaciones en términos porcentuales de cada uno de los usos de suelo quedan de la siguiente manera, ver figura 61.

Figura 61

Cuernavaca, 2018. Caudal calculado, por uso de suelo y punto seleccionado al azar



Fuente: Levantamiento y elaboración propia

De manera general, podemos decir que el uso de suelo H2 se adjudica el 71% del número total de descargas y del porcentaje correspondiente de caudal generado.

Sin embargo, realizando un ejercicio comparativo con respecto al promedio de caudal generado de cada uno de los puntos por usos de suelo, los resultados se invierten. El uso de suelo H2 genera un total de 84.64 l/s pero distribuidos en 50 puntos muestreados, lo cual promedia 1.69 l/s por punto. Caso contrario con el uso de suelo H6, que promedia 6.88 l/s.

Además, los usos de suelo Comercial, H1, CU, H05 y H4 tienen un promedio por puntos de 1.56, 1.02, 3.90, 0.30 y 0.73 respectivamente. En este sentido, si el caudal generado se distribuye por promedio, la tabla quedaría de la siguiente manera, ver tabla 10.

Tabla 10

Cuernavaca, 2018. Promedio del caudal por uso de suelo

Uso de suelo	L/S	Puntos Seleccionados	Promedio por punto
H05	2.426	8	0.30
H4	1.458	2	0.73
H1	8.134	8	1.02
Comercial	3.11	2	1.56
H2	84.64	50	1.69
CU	11.69	3	3.90
H6	6.88	1	6.88
Total	118.338	74	

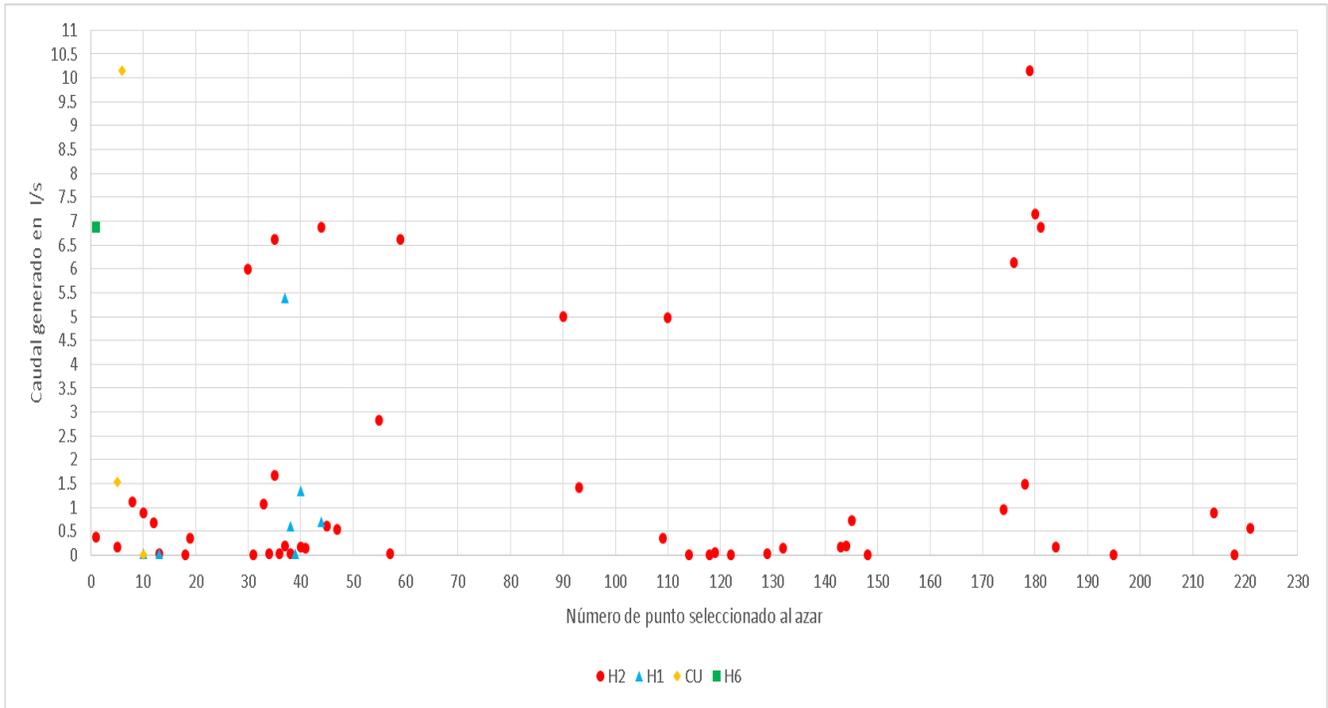
Fuente: Elaboración propia

Tomando como referencia el promedio por punto, el uso de suelo H6 es el que mayor caudal genera, ya que acumula 6.88 l/s en un solo punto. A su vez, le sigue el CU que promedia 3.90 l/s y el H2 en la tercera posición con 1.69 como promedio.

Los resultados muestrales se clasifican en dos rangos principalmente. Por ejemplo, los usos de suelo que mayor caudal generan son el Habitacional 2, Centro Urbano, H1 y H6, y tienen un rango que va de cero a poco menos de 11 l/s, ver figura 62. Al mismo tiempo, los usos de suelo que menor caudal tienen son H05, Comercial y H4, que para este caso tiene un rango que va de cero a 1.8 l/s, ver figura 63.

Figura 62

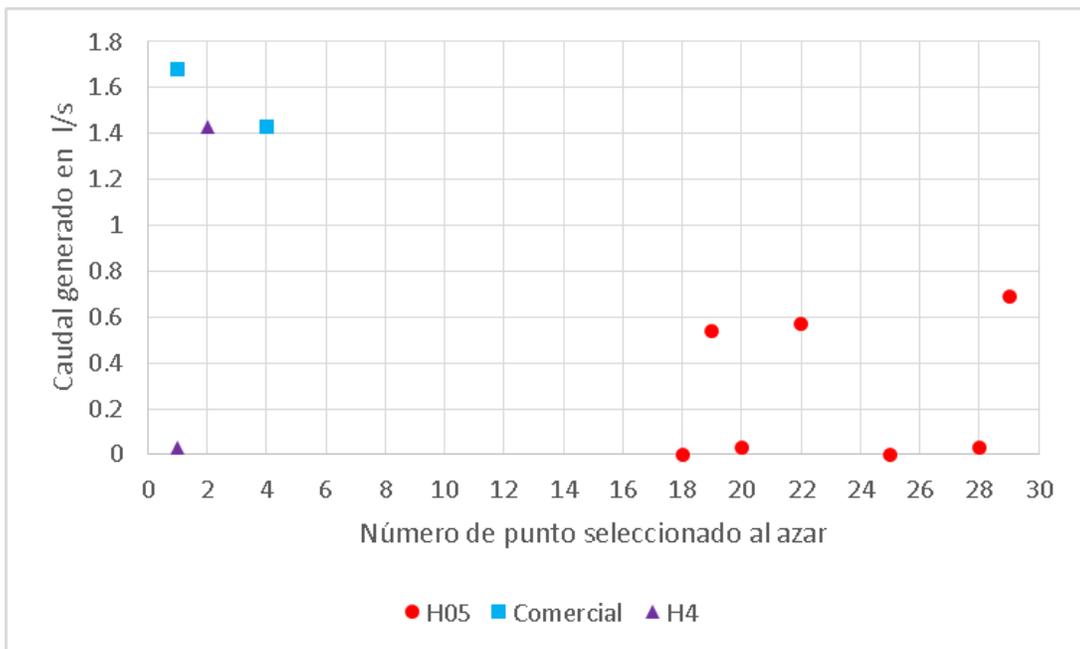
Cuernavaca, 2018. Usos de suelo que mayor caudal generan, por punto seleccionado al azar



Fuente: Levantamiento y elaboración propia

Figura 63

Cuernavaca, 2018. Usos de suelo que menor caudal generan, por puntos seleccionado al azar



Fuente: Levantamiento y elaboración propia

En síntesis, los puntos muestreados correspondientes a una cuarta parte del total de los puntos registrados, acumulan un total de 118.34 l/s distribuidos en 7 usos de suelo principalmente. No obstante, la muestra representativa permite estimar el valor de un grupo más grande mediante una porción menor del grupo total, con la mayor precisión posible. Es decir, infiriendo los datos de descargas, el resultado es de 490.52 l/s generados en el municipio de Cuernavaca.

Ahora bien, tomando en cuenta 24 horas del día y si el caudal es constante, en el municipio de Cuernavaca se generan 15, 469,038.72 m³ de aguas residuales anuales. Esta cifra es equivalente a 70.82% de la cantidad de agua extraída-utilizada en el municipio. Al mismo tiempo, la equivalencia con respecto al agua extraída, utilizada y desperdiciada se ejemplifica en la tabla siguiente, ver tabla 11.

Tabla 11

Cuernavaca, 2018. Equivalencia entre agua extraída y aguas residuales generadas

	Agua		Aguas	Residuales
Tipo de consumo	Millones de M3 de agua	%	Desecho total M3	% Equivalente
Consumo real	21,844,000	32%		70.82
Pérdida de agua	40,000,000	59%		38.67
Pipas de agua	6,000,000	9%	15,469,038	257.82
Consuma Total	67,844,000	100%		22.80

Fuente: Elaboración propia con datos de Morelos rinde cuentas, 2018 y datos propios, 2018.

La equivalencia entre el consumo real de agua y el efluente residual generado en el municipio es de poco menos de 71%, es decir, 7 de cada 10 litros utilizados se convierten en desecho sin tratamiento. Insistiendo, estos datos pertenecen únicamente al efluente de la red de alcantarillado municipal, el cual, se adjudica 64% del total. Es decir, hace falta el 36% que se pierde en descargas directas o incluso en fosas sépticas.

Sin lugar a duda, este análisis permite vislumbrar la magnitud de la cantidad de agua residual que no recibe tratamiento y que se descarga a las barrancas más cercanas e incluso, permite abrir el panorama de una gama de alternativas técnicas y tecnológicas de tratamiento de aguas residuales para la ciudad, con mejor precisión de acuerdo a la capacidad necesaria, reduciendo costos económicos de construcción pero sobre todo garantizando la eficiencia en años siguientes.

9.7. Conclusiones

Considerando el diagnóstico del estatus de la contaminación de las barrancas en la ciudad de Cuernavaca, es posible recuperar los siguientes elementos; las aguas residuales urbanas registran volúmenes a nivel nacional para los que todavía no existe una cobertura suficiente respecto el total generado, lo cual es consistente para la ciudad de Cuernavaca; con el trabajo de investigación se estima un volumen vertido a las barrancas de poco más de 15 millones de mts³/año. Al mismo tiempo, resulta pertinente subrayar que si bien existe una red pública de recolección del agua, esta no tiene como fin último un tratamiento, es decir, es posible identificar una canalización, pero sin el tratamiento adecuado para evitar la contaminación al ser vertida a los efluentes naturales. Debido a ello, es posible observar que se reconoce efectivamente el conflicto de la falta de tratamiento, pero no se le otorga un peso importante en la gestión y cuidado del recurso, ya que en general, la política pública respecto al bien, se sintetiza en aspectos de distribución particularmente para las etapas de extracción y aprovechamiento, más en el caso de su desecho, no se contempla el reciclado, la reutilización o la recuperación del mismo, para los diferentes propósitos urbanos. Esto implica que a pesar de que exista infraestructura de drenaje, esta solo funciona como medio de transporte y como canal que dirige los residuos líquidos urbanos hacia alguna fuente natural, como es el caso de las barrancas de Cuernavaca. De hecho, es práctica habitual que estos desechos sean vertidos a las fuentes naturales de agua superficial, pero con ello omiten y reducen los costos de tratamiento, que resultan crecientes en materia de salud ambiental y además hace susceptible la salud humana, agudizada esta última en los sectores de mayor vulnerabilidad económica. Es necesario atender la contaminación del agua por efluentes residuales a través de un tratamiento adecuado antes de su descarga; en este sentido aumentar el porcentaje de tratamiento en la plantas tratadoras. También, es preciso mencionar que la topografía accidentada del municipio de Cuernavaca dificulta la construcción de una sola red existente que dirija los residuos urbanos hacia las plantas de tratamiento. De ahí la importancia del trabajo mismo, ya que la contaminación en las barrancas de Cuernavaca es susceptible de ser atendida como resultado del análisis de los 74 puntos seleccionados en la muestra representativa, pero principalmente en los 311 de la ciudad.

Esto, con base en medidas de tratamiento de carácter público o independiente con tecnologías para tratar el caudal generado, evidenciado en las gráficas antes mencionadas; ya que muestran la ubicación precisa de los caudales que generan mayor o menor cantidad de efluente. En suma, una intervención educativa en la población o regulaciones urbanísticas concretas en los

programas urbanos, son centrales para completar estrategias multidimensionales en las que se aborde un esquema de prevención ambiental desde la preparación misma de la infraestructura urbana, es decir, con proyectos que sean resultado de metodologías científicas capaces de interpretar los efectos en el sentido social-económico y con ello reducir los efectos generados por aglomeración en las ciudades. Finalmente cabe destacar que los resultados de la investigación son aplicados en el sentido de estimar directamente en campo la generación de efluentes residuales urbanos, para su posible integración en esquemas estratégicos de intervención, pero al mismo tiempo, para dar lugar a una perspectiva de valoración ambiental asociada a las enfermedades de la población directa o indirectamente por la contaminación, bajo principios científicos de planeación urbana y preventivos.

10. Capítulo 4. Medio Ambiente y Salud humana

10.1. ¿Las condiciones ambientales determinan la salud humana?

En la actualidad, la creciente destrucción de los recursos naturales, particularmente por la extracción y contaminación, han degradado las condiciones ambientales originales y con ello múltiples efectos en diferentes escalas territoriales (Tanuro, 2002). Paradójicamente, el medio ambiente natural es, entre otros, un factor determinante que proporciona bienestar a la humanidad; el medio ambiente juega un papel importante en la salud humana, ya que hay una correlación cercana entre enfermedades y condiciones relativamente estables de la naturaleza. De hecho, casi se podría afirmar que la salud poblacional es proporcional a las condiciones de lo que nos rodea, es decir, el contexto biofísico, social y económico (Lebel, 2005).

Por tanto, nace la pregunta: ¿Puede el ser humano ser saludable viviendo en un contexto enfermo? (Lebel, 2005; pág. 5). En estricto sentido la respuesta es no, lo que nos remite a la descripción del concepto de salud humana:

“La salud no es la ausencia de enfermedad. Está mejor definida como una participación armónica en los recursos del medio ambiente, que permiten a los individuos el desarrollo pleno de sus funciones y aptitudes” (Lebel, 2005, p. 8).

Incluso, las investigaciones del sector salud regidas por el enfoque ecosistémico, afirman que el medio ambiente es un determinante central del bienestar y la salud de los seres humanos (Lebel, 2005). En este sentido, se estima que 24% de la morbilidad del planeta se debe a exposiciones de riesgos ambientales, los cuales son prevenibles con intervenciones bien orientadas. Del mismo modo, para el caso mexicano 35% de las enfermedades registradas tienen origen en el medio ambiente (INSP, 2016).

Particularmente, en términos de dotación y calidad del agua, las dinámicas de aprovechamiento, contaminación y ausencia de infraestructura para ambos casos, son responsables de diversos efectos en la salud humana a nivel mundial. Entre las enfermedades más relacionadas al tema, destacan las enfermedades diarreicas, gastrointestinales así como enfermedades transmitidas por vector; siendo estas responsables de un porcentaje importante de la morbilidad y mortalidad de los seres humanos.

10.2. Enfermedades relacionadas a la contaminación del agua y saneamiento: Origen y casos

“Mientras tanto en el subdesarrollo...”

A diferencia de otros momentos en la historia, en la actualidad las dinámicas de aprovechamiento del agua se han intensificado y diversificado, de manera casi proporcional a la generación de efluentes residuales en el planeta. No obstante, en términos teóricos la falta de infraestructura eficiente y la ausencia de tratamiento de las aguas residuales, se vinculan directamente con efectos en la salud humana, conceptualizado como un reto vigente, susceptible de ser atendido para mejorar el bienestar humano.

Se calcula que en el planeta, 780 millones de personas no tienen acceso al agua potable y 2,500 millones sin saneamiento, siendo una constante en países en situación de desarrollo económico (OMS, 2017a; OMS, 2017b;). Al mismo tiempo, se estima que al menos 2,000 millones de personas, equivalente a poco más del 25% de la población mundial, se abastecen de agua potable con agentes patógenos por heces fecales. Tal condición, se adjudica más de 502, 000 muertes por diarrea al año (OMS, 2018).

A pesar que se ha notado un incremento en materia de infraestructura de saneamiento, aún queda mucho por hacer, ya que en el planeta 2,300 millones de personas no tienen elementos básicos de saneamiento como inodoros o en su defecto letrinas, de las cuales, 892 millones defeca al aire libre, en alcantarillas, arbustos, o en cuerpos naturales de agua. Además, se calcula que por lo menos 10% de la población mundial consume alimentos que han sido sujetos de ser regados por aguas residuales (OMS, 2017c).

En este sentido, hablar de saneamiento ausente o deficiente es sinónimo de enfermedades para el ser humano como el cólera, la diarrea, la disentería, la hepatitis A, la fiebre tifoidea, la poliomielitis, lombrices intestinales, la esquistosomiasis y el tracoma Incluso, las condiciones de saneamiento también contribuyen a la malnutrición y condicionan el desarrollo de los infantes, principalmente (OMS, 2017c; OMS, 2018).

Si bien estos padecimientos son prevenibles y tratables, se siguen presentando donde no existen suficientes condiciones de saneamiento; se estiman 280,000 muertes por diarrea al año, e incluso, esta enfermedad es considerada como la segunda causa de muerte en niños menores de 5 años, registrando 525,000 casos en el planeta (OMS, 2017b).

En términos de morbilidad, en el mundo se registran 1,700 millones de casos por enfermedades diarreicas infantiles; estas enfermedades se vinculan principalmente a organismos bacterianos, víricos y parásitos, dicha infección tiende a transmitirse por la vía de los alimentos, la falta de agua limpia para beber, lavar, cocinar y en general, en todas las actividades básicas y de

recreación del ser humano donde intervenga el agua (OMS, 2017b). En particular, el paradigma de verter los residuos líquidos al ambiente, principalmente por heces fecales provenientes de letrinas, fosas sépticas y aguas residuales urbanas, son centrales en el origen de dichas padecimientos (OMS, 2017b).

Bajo este contexto, es necesario señalar que los efectos por la falta de agua e incluso por un saneamiento deficiente o insuficiente, también generan costos sociales y económicos, los cuales podrían reducirse si se atendieran estos dos rubros (OMS, 2017a). De hecho, un estudio de la Organización Mundial de la Salud, menciona que por cada dólar invertido en el mejoramiento del sector saneamiento, tendría un retribución de 5.5 dólares, es decir, reduciría los costos por tratamiento de enfermedades, aumentaría la productividad efectiva, además de la reducción de mortalidad (OMS, 2017c).

En conclusión, estas enfermedades tienen una relación directa con los servicios de dotación y disponibilidad de agua de calidad, así como las condiciones de saneamiento e higiene. Por tanto, se necesita la principal atención en la dotación y disponibilidad de agua de calidad, libre de contaminación fecal, acceso a buenos sistemas de saneamiento que garanticen tratamiento y reducción de agentes patógenos, así como el lavado de las manos; siendo factores capaces de mitigar los efectos en la salud humana.

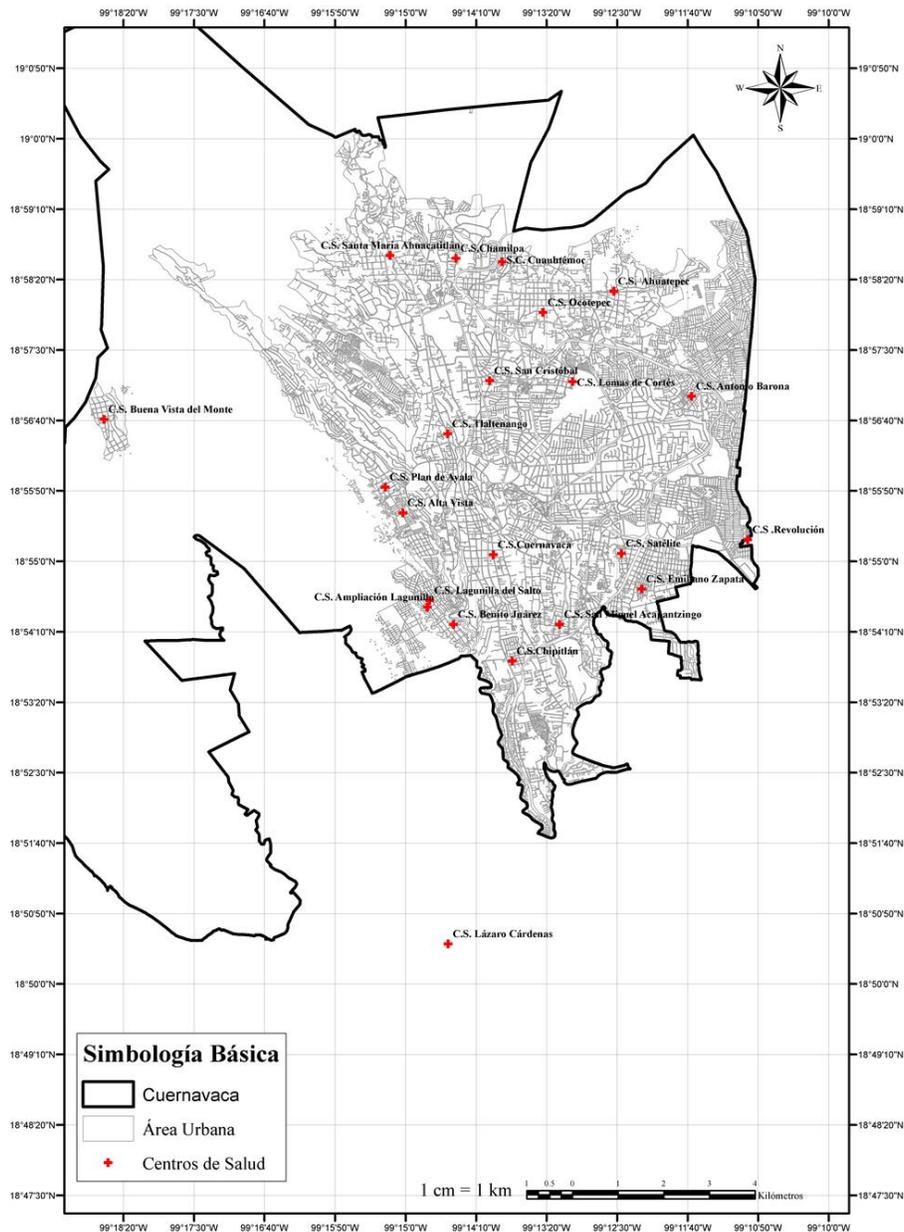
10.3. Análisis de las variables: Contaminación por efluentes residuales y enfermedades relacionadas

De acuerdo al diagnóstico y evaluación del status de agua y saneamiento del municipio de Cuernavaca, nace la pregunta de investigación: ¿Cuáles son los efectos económicos y sociales ocasionados por las descargas de efluentes residuales vertidos a las barrancas de Cuernavaca?

Para analizar los efectos derivados por verter efluentes residuales a las barrancas de Cuernavaca, se estudian las condiciones de contaminación por efluentes residuales del capítulo anterior y a su vez, la relación que tienen con la salud poblacional, particularmente solo las enfermedades vinculadas a la contaminación de los cuerpos de agua superficial. Esto, a partir de la recopilación y análisis de la información en términos de morbilidad de cada uno de los Centros de Atención Ambulatoria o también conocidos como Centro de Salud del municipio, con el fin de hacer una correlación lineal entre enfermedades registradas en el año 2017, ligadas al tema de contaminación del agua por efluentes residuales.

Las 22 unidades de atención ambulatoria se distribuyen a lo largo del municipio pero principalmente se sitúan en usos de suelo de 101 a 200 hab. /ha. De hecho, el Directorio de Unidades Médicas de la Secretaria de Salud las etiqueta como: ¹Ahuatepec, ²Alta Vista, ³Ampliación Lagunilla, ⁴Antonio Barona, ⁵Benito Juárez, ⁶Buena Vista del Monte, ⁷Chamilpa, ⁸Chipitlan, ⁹Cuauhtémoc, ¹⁰Cuernavaca, ¹¹Emiliano Zapata, ¹²Lagunilla del Salto, ¹³Lázaro Cárdenas, ¹⁴Lomas de Cortes, ¹⁵Ocoatepec, ¹⁶Plan de Ayala, ¹⁷Revolución, ¹⁸San Cristóbal, ¹⁹San Miguel Acapantzingo, ²⁰Santa María Ahuacatitlan, ²¹Satélite y ²²Tlaltenango, ver figura 64.

Figura 64. Ubicación de los Centros de Salud en Cuernavaca



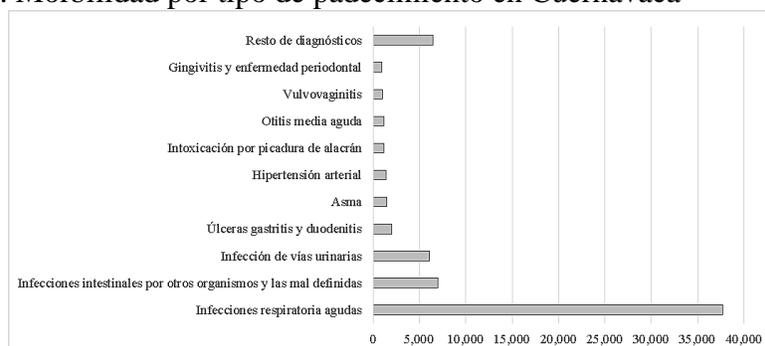
Fuente: Elaboración propia con datos de SSM, 2018; INEGI, 2016b.

No obstante, para este estudio solo se analizan 20 unidades de atención ambulatoria, excluyendo las de Buena Vista del Monte y Lázaro Cárdenas, debido principalmente, a que en esa zona no se dispone de información con respecto a puntos de descarga de agua residual y por tanto no se puede generar una correlación entre dos variables.

La información de padecimientos clasificados por tipo, sexo y fechas, desglosadas en los 22 centros de salud, fué otorgada por los Servicios de Salud Morelos, 2018, contestando a la petición particular, la cual se hizo mediante un oficio formal donde la vía de transparencia del portal web fué el medio de contacto. En el oficio de respuesta, que a propósito demoró alrededor de un mes, se desglosan tablas con información acerca de la morbilidad por tipo de enfermedad y número de casos en el municipio de Cuernavaca, asimismo la morbilidad categorizada en cada uno de los 22 centros de salud. El propósito de esta petición informativa, es analizar las enfermedades que permean en el municipio de Cuernavaca, pero particularmente las que se relacionan con la contaminación del agua por efluentes residuales, que en términos teóricos serían las diarreicas, infecciones intestinales y dengue. En concreto, las enfermedades relacionadas a la contaminación del agua por heces fecales en Cuernavaca, son las enfermedades intestinales por otros organismos. Estas, se ubican en la segunda posición de padecimientos en la ciudad, registrando 7,018 casos anuales, cifra equivalente a poco menos de 11% del total, ver figura 65.

Figura 65.

Cuernavaca, 2018. Morbilidad por tipo de padecimiento en Cuernavaca



Fuente: Elaboración propia con datos de Secretaria de Salud, 2018.

Para efectos de evidencia, se muestra una tabla prototipo del desglose de los 22 centros de atención ambulatoria, categorizando los padecimientos y número de casos por centro de salud. El ejemplo corresponde al centro de salud Ahuatepec, donde se aprecia que destacan las enfermedades infecciones respiratorias agudas pero también, las enfermedades infecciosas intestinales, que para este caso ocupan el lugar cuatro de la tabla, ver tabla 12.

Tabla 12.

Cuernavaca, 2018. Morbilidad por tipo de padecimiento en Centro de Salud Ahuatepec

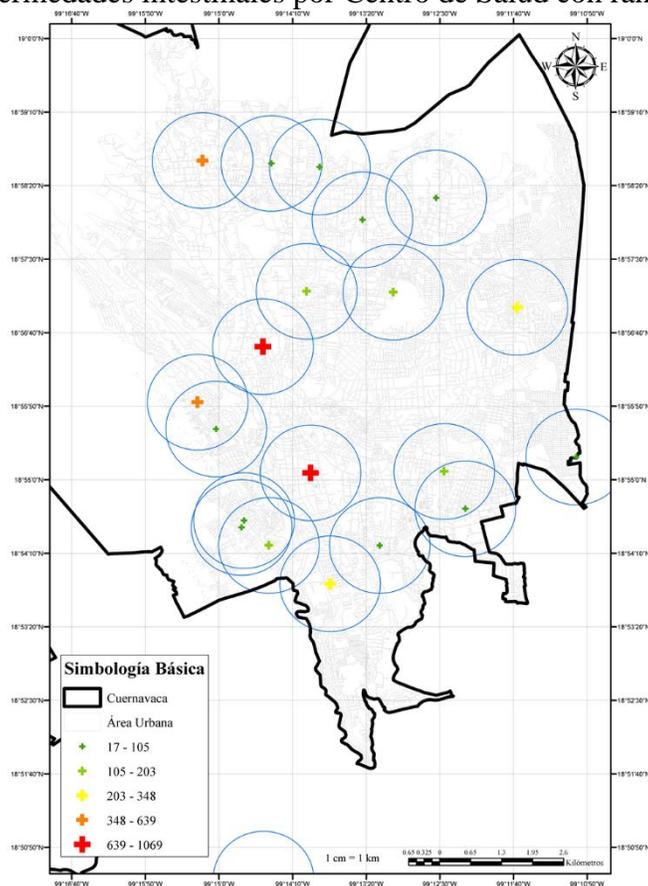
No.	Padecimiento	Casos
1	Infecciones respiratorias agudas	862
2	Infección de vías urinarias	138
3	Úlceras, gastritis y duodenitis	101
4	Infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas	84
5	Intoxicación por picadura de alacrán	18
6	Otitis media aguda	17
7	Vulvovaginitis	17
8	Diabetes mellitus no insulino dependiente (Tipo II)	13
9	Candidiasis urogenital	8
10	Conjuntivitis	7
	Resto de diagnósticos	42
	Total de padecimientos	1,307

Fuente: Elaboración propia con datos de Secretaria de Salud, 2018.

En el mapa siguiente se expresa el número de casos de enfermedades infecciosas intestinales distribuidos en cada uno de los 22 centros de atención ambulatoria, más el rango de atención de 1 km a la redonda (SEDESOL, 1999), según el manual de equipamiento urbano de Cuernavaca, ver figura 66.

Figura 66.

Cuernavaca, 2018. Enfermedades intestinales por Centro de Salud con rango de atención

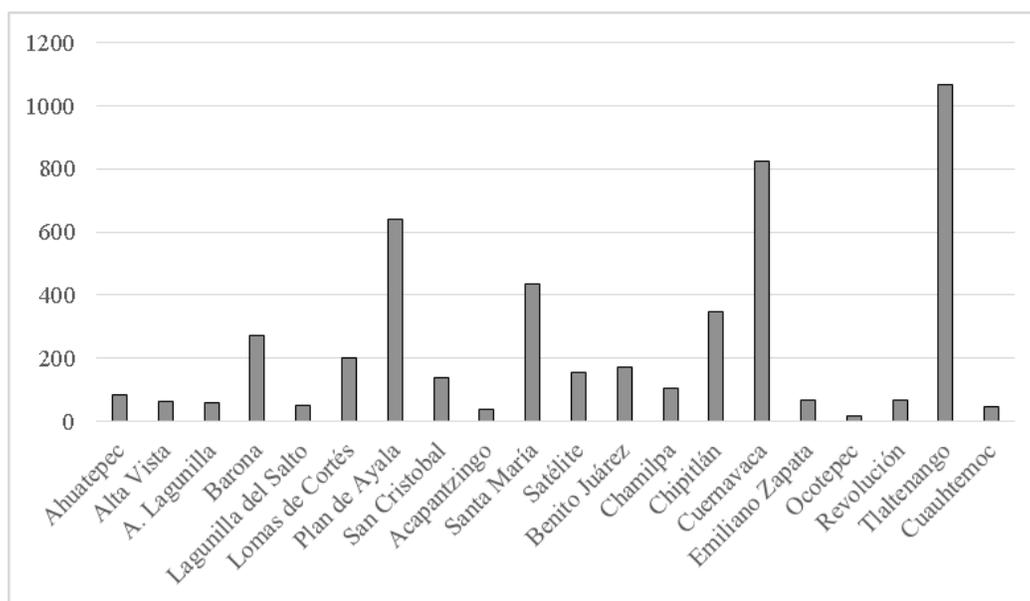


Fuente: Elaboración propia con datos de Secretaria de Salud, 2018 y SEDESOL, 1999; INEGI, 2016b.

En el gráfico, se aprecia que las enfermedades intestinales se desglosan en 5 categorías; la categoría con el menor número de casos tiene un rango que va de 17 y 105 padecimientos; las categorías relativamente medianas, tienen un rango de entre 105 a 348 y de 348 a 639 padecimientos; los centros de salud que registran mayor número de padecimientos, tienen un rango de entre 639 y 1069 casos anuales. De manera puntual y concreta, en la tabla siguiente se expresa el número de enfermedades intestinales de cada uno de los centros de salud, ver figura 67.

Figura 67

Cuernavaca, 2018. Padecimientos de enfermedades intestinales



Fuente: Elaboración propia con datos de Secretaria de Salud, 2018.

Existe una concentración muy marcada de enfermedades intestinales por CS (Centros de Salud), es decir, tan solo en los CS Barona, Plan de Ayala, Santa María, Chipitlan, Cuernavaca y Tlaltenango se concentra el 73.91% de padecimientos totales, o que es lo mismo, 3,591 casos de los 4,858. Incluso, los CS Plan de Ayala, Cuernavaca, y Tlaltenango se adjudican 2,534 padecimientos, cifra equivalente a 52.16 % del total registrado anualmente.

En esta lógica, y después de hacer un análisis de las dos variables cuantitativas, por un lado las descargas de aguas residuales y por el otro las enfermedades intestinales registradas por CS, el segundo paso es saber cuál es su relación o correlación. Es decir, hacer una relación y descripción entre las dos variables mediante una correlación estadística o una correlación lineal por el método de Pearson.

Este coeficiente de correlación se describe a continuación mediante la siguiente fórmula:

$$r_{XY} = \frac{n \cdot \sum X_i \cdot Y_i - \sum X_i \cdot \sum Y_i}{\sqrt{\left[n \cdot \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2 \right] \cdot \left[n \cdot \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2 \right]}}$$

Tomando en cuenta que n significa el número de valores; X variable independiente; Y variable dependiente; y r xy significa el coeficiente de correlación entre dos variables. (Vinuesa, 2016).

En definición la correlación o también llamada covarianza estadística, permite analizar la relación lineal entre dos variables cuantitativas, mediante un factor de correlación. Este, se interpreta con valores dentro de un rango de -1 y +1, donde ambos extremos son correlaciones perfectas, o también descritas como correlaciones muy fuertes. Sin embargo, existe una interpretación diferenciada, ya que los valores positivos indican variaciones en el mismo sentido y por el contrario, valores negativos indican variaciones en sentidos opuestos.

El factor de correlación se considera un valor del tamaño del efecto y este se distribuye en cinco rangos principalmente: correlación nula, $r = 0$; correlación despreciable, $r = 0$ menor que 0.1; correlación baja, $r =$ menor o igual a 0.3; correlación mediana, $r =$ entre 0.3 y 0.5; y correlación fuerte o alta, $r = 0.5$ hasta 1. Esta connotación aplica para valores de "r" positivos y negativos, más la interpretación con respecto a la cercanía con 1 o -1 es diferenciada en la interpretación del factor resultante (Vinuesa, 2016). Al mismo tiempo, resulta necesario mencionar que esta correlación no es estrictamente concluyente, debido a la intervención o el efecto de una o más variables determinantes. Sin embargo, por efectos del alcance de la investigación, este es el método seleccionado que permite acercarnos a la realidad, determinar y abrir cause en materia de los efectos generados por las descargas de aguas residuales urbanas.

10.4. Correlación por el método de Pearson

Partiendo de la base teórica antes mencionada, se hacen 3 correlaciones lineales con análisis diferenciados entre dos variables cuantitativas, es decir, los puntos de descarga de efluentes residuales (variable independiente) y el número de enfermedades intestinales de cada uno de los 20 centros de salud del municipio (variable dependiente).

La primera correlación, analiza de manera individual la distribución de las enfermedades intestinales de cada CS y los puntos de descarga de agua residual, ubicados dentro de un rango de

atención; se calcula que el rango de atención por CS es de 1 km a la redonda según el manual de equipamiento urbano de Cuernavaca. En otras palabras, los puntos de descarga que se encuentran dentro del rango de atención, se distribuyen y se atribuyen como datos pertenecientes a dichos Centros de Salud, ver tabla 13 y figura 68.

Tabla 13

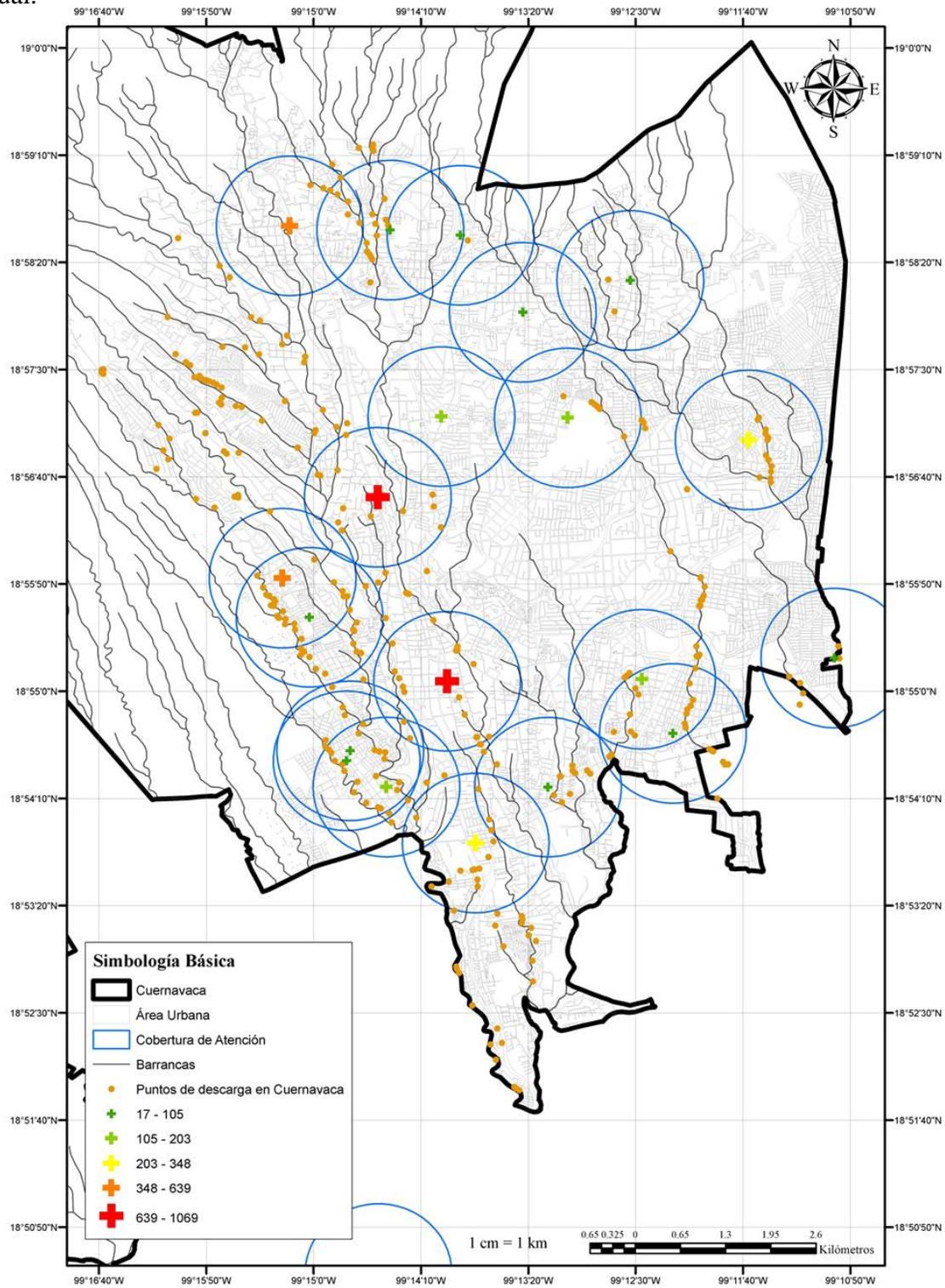
Cuernavaca, 2018. Correlación entre dos variables tomando en cuenta el rango de atención de cada centro de salud

CS	Variable Independiente	Variable Dependiente			
Centros de salud	Puntos de descarga por rango de atención	Enfermedades gastrointestinales	x²	y²	x.y
Ahuatepec	2	84	4	7056	168
Alta vista	37	64	1369	4096	2368
A. lagunilla	27	60	729	3600	1620
Barona	13	272	169	73984	3536
Lagunilla del salto	27	52	729	2704	1404
Lomas de cortes	9	203	81	41209	1827
Plan de ayala	25	639	625	408321	15975
San Cristobal	0	138	0	19044	0
Acapantzingo	16	37	256	1369	592
Santa maria	9	437	81	190969	3933
Satélite	21	154	441	23716	3234
Benito Juárez	28	171	784	29241	4788
Chamilpa	18	105	324	11025	1890
Chipitlán	15	348	225	121104	5220
cuernavaca	19	826	361	682276	15694
Emiliano Zapata	23	68	529	4624	1564
Ocoatepec	0	17	0	289	0
Revolución	6	66	36	4356	396
Tlaltenago	13	1069	169	1142761	13897
Cuauhtémoc	3	48	9	2304	144
Sumatoria	311	4858	6921	2774048	78250
	x	y	x²	y²	x.y
Coeficiente de Correlación				=	0.046975055

Fuente: Elaboración datos propios; SAPAC, 2008 y datos de SSM, 2018.

Figura 68.

Enfermedades intestinales por Centro de Salud con rango de atención y puntos de descarga de agua residual.



Fuente: Elaboración propia con datos propios; SAPAC, 2008; SSM, 2018; INEGI, 2016b.

En este sentido, se generan dos matrices correspondientes a las dos variables involucradas, las cuales son sujetas de ser atendidas por la fórmula de correlación lineal o método de Pearson. Como resultado de esta operación, el factor de correlación es de 0.469, lo cual puede ser interpretado como una correlación baja según la nomenclatura citada. Si bien es cierto, el resultado de esta operación indica la inexistente relación entre una variable y otra, al parecer se dejan de lado variables como el factor territorial diferenciado, es decir, los usos de suelo usados para localizar los puntos de descarga de aguas residuales de Cuernavaca.

En esta lógica, se realiza una segunda correlación, pero ahora tomando en cuenta la distribución del territorio, es decir, considerando la distribución por uso de suelo.

Para este segundo análisis, se analizan los puntos de descarga ubicados dentro del rango de atención, el número de padecimientos por enfermedades intestinales por CS, pero esta vez categorizando los Centros de Salud según el uso de suelo que le corresponda. De hecho, se puede apreciar que gran parte de los centros de salud se ubican en el uso de suelo Habitacional 2, más los centros de salud Cuernavaca, Revolución y Tlaltenango se localizan en distintos usos de suelo, ver tabla 14 y figura 69.

Tabla 14.

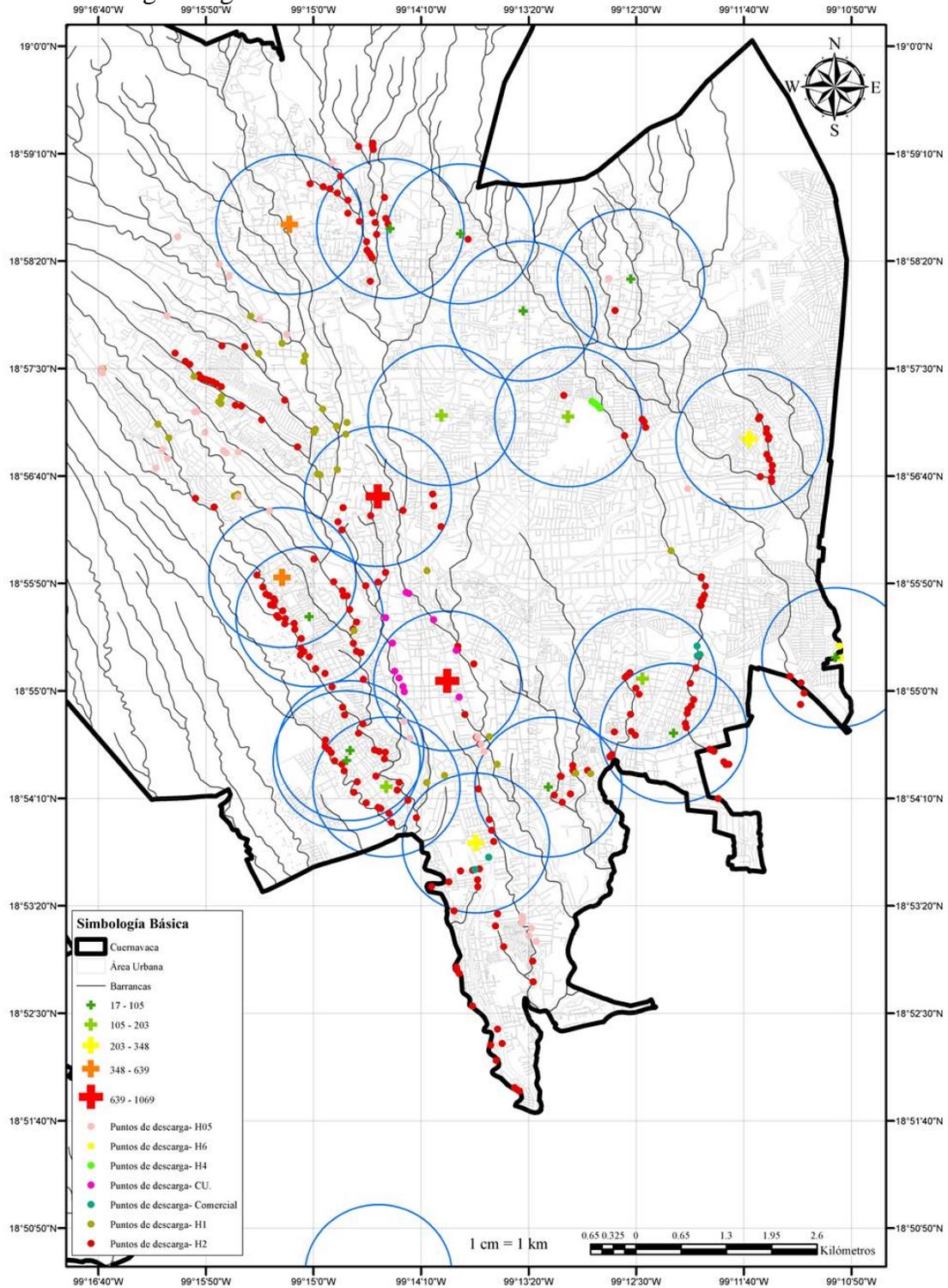
Correlación entre dos variables tomando en cuenta el rango de atención de cada centro de salud y la ubicación por uso de suelo

CS por uso de suelo	Puntos de descarga	Enfermedades gastrointestinales	x ²	y ²	x.y
CU -Cuernavaca	19	826	361	682276	15694
H4-Revolucion	6	66	36	4356	396
H1-Tlaltenago	13	1069	169	1142761	13897
H2-CS Restantes	273	2897	74529	8392609	790881
Sumatoria	311	4858	75095	10222002	820868
	x	y	x ²	y ²	x.y
Coefficiente de Correlación				=	0.9447064

Fuente: Elaboración con datos propios y datos de SSM.

Figura 69.

Enfermedades intestinales por Centro de Salud localizadas por uso de suelo, con rango de atención y puntos de descarga de agua residual.



Fuente: Elaboración propia con datos propios; SAPAC, 2008; SSM, 2018; INEGI, 2016b.

El resultado de esta segunda correlación es de 0.94, que a diferencia del primer ejercicio, este es interpretado como una correlación fuerte e incluso que la magnitud del efecto es muy alto. Además, siendo correlación positiva significa que existe una variación en el mismo sentido, es decir, un aumento en los puntos de descarga (variable dependiente) significa aumento de la misma intensidad y en el mismo sentido de las enfermedades intestinales (variable dependiente).

Por último, se hace la tercera correlación, analizando el número de puntos de descarga y las enfermedades intestinales de cada uno de los centros de salud, distribuidos o asentados en cada uso de suelo, dejando de lado el radio de atención. En términos territoriales, los centros de salud se sitúan en 4 categorías de uso de suelo; Centro de Salud Cuernavaca, localizado en el uso de suelo CU, Revolución en el uso H4, Tlaltenango en el uso H1 y los 17 centros de salud restantes ubicados en el uso de suelo H2, ver tabla 15 y Figura 70.

Tabla 15

Cuernavaca, 2018. Correlación entre dos variables tomando en cuenta los puntos de descarga por uso de suelo y los centros de salud de acuerdo a la ubicación por uso de suelo

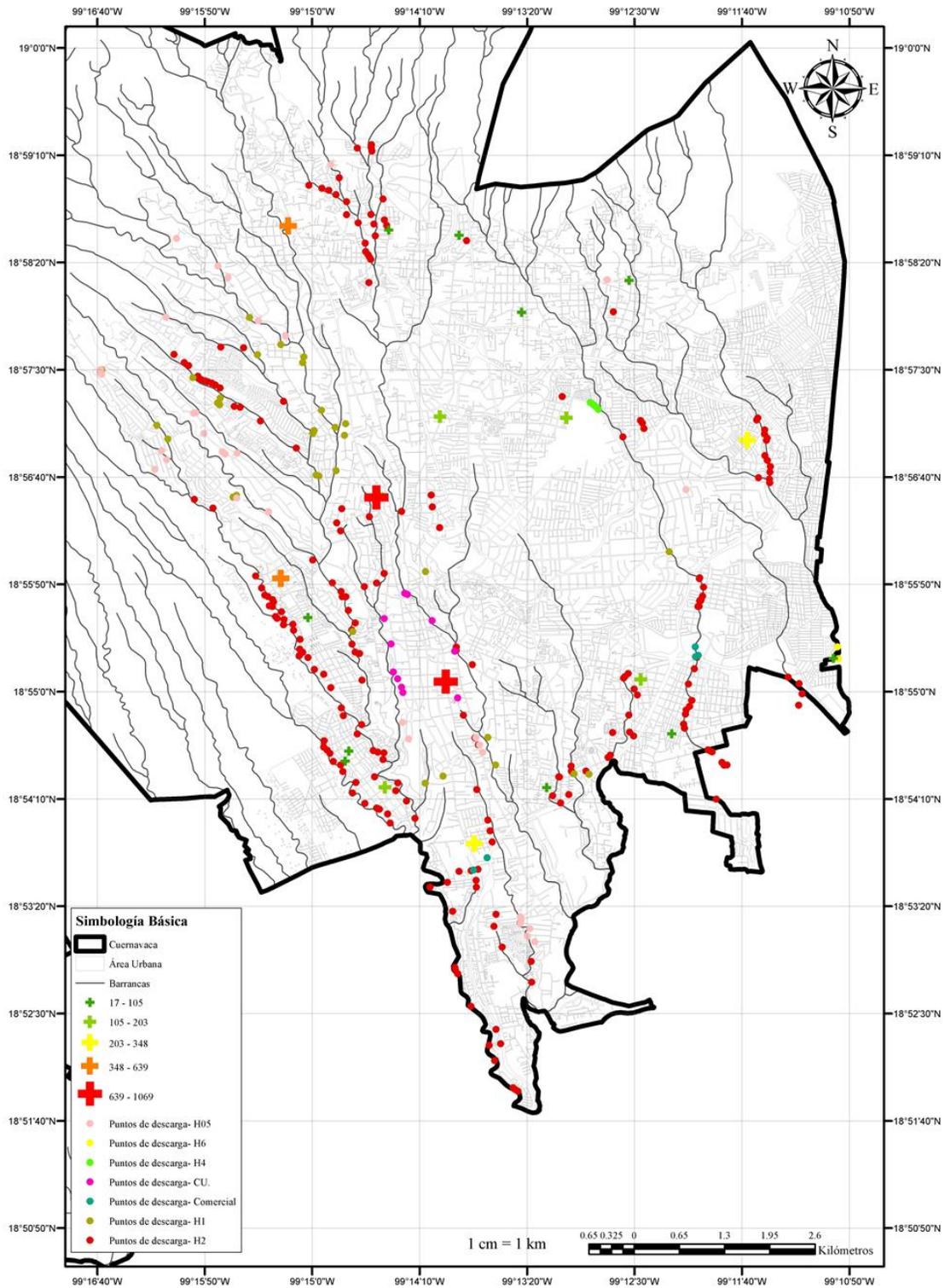
CS por uso de suelo	Puntos de descarga	Enfermedades gastrointestinales	x^2	y^2	$x.y$
CU-Cuernavaca	11	826	121	682276	9086
H4-Revolución	6	66	36	4356	396
H1-Tlaltenango	32	1069	1024	1142761	34208
H2-Restantes	221	2897	48841	8392609	640237
Sumatoria	270	4858	50022	10222002	683927
	x	y	x^2	y^2	$x.y$
Coefficiente de Correlación				=	0.9603535

Fuente: Elaboración con datos propios y datos de SSM, 2018.

Para efectos de este último ejercicio, el factor de correlación resultante es de 0.96, interpretado como correlación fuerte, es decir, el efecto entre los puntos de descarga y los padecimientos de enfermedades intestinales es alto. Al mismo tiempo, siendo correlación positiva sugiere que todo aumento de los puntos de descarga (variable dependiente) significa incremento de la misma intensidad de las enfermedades intestinales (variable dependiente).

Figura 70.

Enfermedades intestinales por Centro de Salud localizadas por uso de suelo y puntos de descarga de agua residual.



Fuente: Elaboración propia con datos propios; SAPAC, 2008; SSM, 2018; INEGI, 2016b.

Al mismo tiempo, a este análisis se agrega una variable social, es decir, la situación socioeconómica del territorio particularmente de las viviendas. Para ello, se ocupa el índice de marginación de la CONAPO, el cual analiza la situación socioeconómica por medio de indicadores como el educativo, servicios básicos, bienes de primera necesidad entre otros.

En este sentido, se ubican los puntos de descarga y las enfermedades intestinales, localizadas en AGEB (Área Geo estadística Básica) con una condición de marginalidad, ver tabla 16 y figura 71.

Tabla 16.

Puntos de descarga, enfermedades intestinales y grado de marginalidad

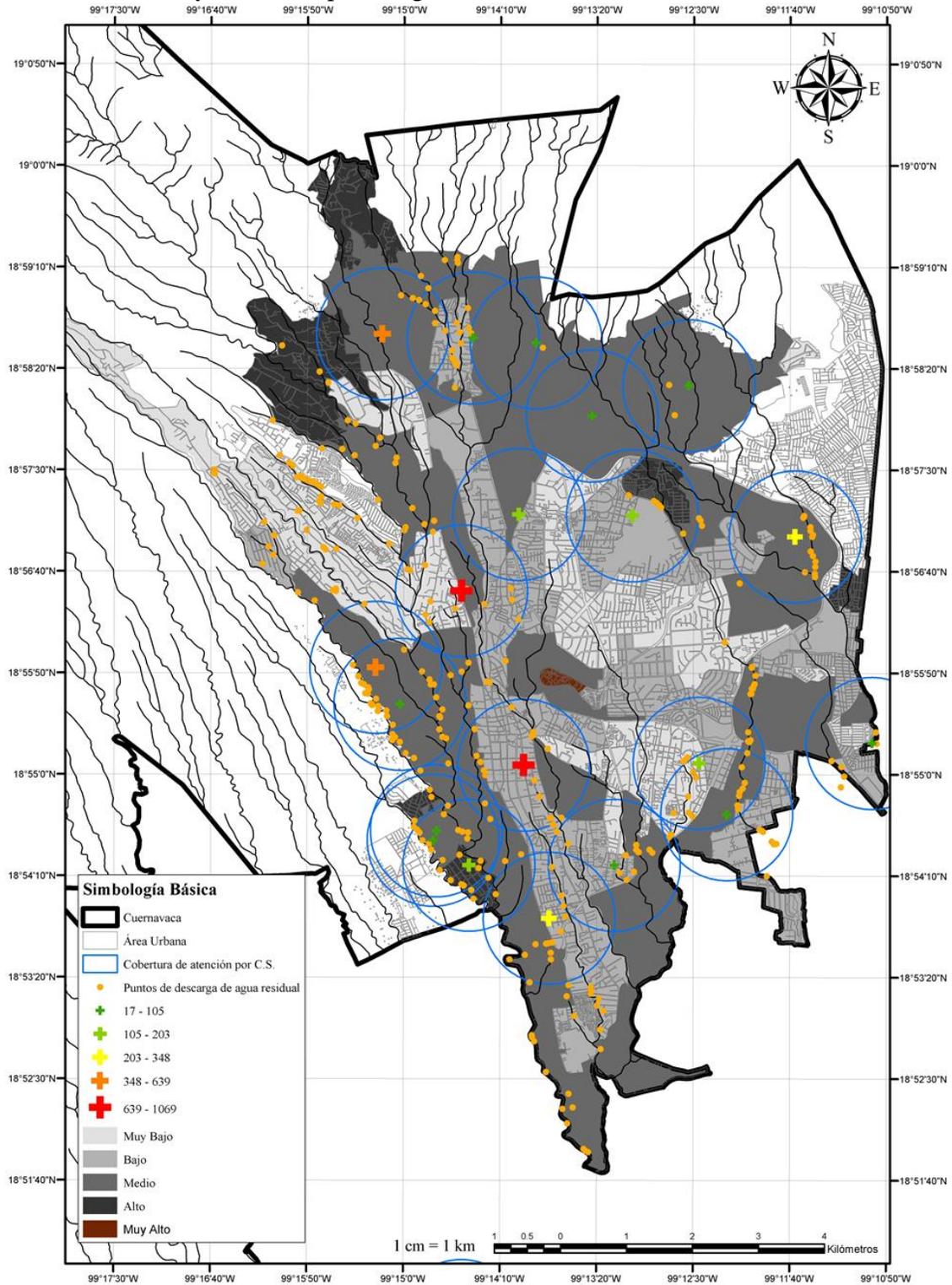
Grado de marginalidad	Viviendas por grado de marginación	Puntos de descarga	Centros de Salud	Enfermedades intestinales
Muy Alto	0	0	0	0
Alto	12,002	20	Benito Juárez	171
Medio	160,956	167	Santa María, Chamilpa, Cuauhtémoc, Ocotepec, Ahuatepec, San Cristobal, Tlaltenango, Barona, Plan de Ayala, Alta Vista, Ampliación Lagunilla, Lagunilla, Emiliano Zapata	3053
Bajo	93,615	59	Cuernavaca, Lomas de Cortéz, Chipitlán, Aca p antzingo	1414
Muy Bajo	58,204	65	Satélite, Revolución	220

Fuente: Elaboración propia con datos propios 2018, CONAPO, 2010 y Catastro de Cuernavaca, 2018.

Como se aprecia, el grado de marginación “Muy Alto” no tiene ningún punto de descarga ni padecimientos por enfermedades intestinales. Por el contrario, al grado “medio” se le adjudican 167 puntos de descarga pero a su vez 3,063 padecimientos por enfermedades intestinales. Además, el grado de marginación “bajo” tiene 59 puntos y 1,414 casos de enfermedades.

Figura 71.

Puntos, enfermedades y condición por marginalidad



Fuente: Elaboración propia con datos de CONAPO, 2018; SSM, 2017; Catastro del municipio de Cuernavaca, 2018; INEGI, 2016b; SAPAC, 2008.

De manera concreta, existe una incidencia cercana entre las tres variables involucradas (descargas, enfermedades y condición socioeconómica) tal y como se interpreta en el ejercicio de correlación de Pearson. En este sentido, donde se registran mayor número de puntos de descarga también se localizan padecimientos por enfermedades intestinales, principalmente en las AGEB con condiciones limitadas en términos de vivienda, servicios básicos, educación, bienes entre los más importantes; situación que vuelve más susceptible a las viviendas aledañas a las barrancas, ya que estas reciben los efectos generados por descargar efluentes residuales urbanos sin tratamiento.

10.5. Estimación económica de las enfermedades intestinales

“El costo que no se quiere ver”

En el planeta las enfermedades intestinales, principalmente generadas por la falta de atención al medio ambiente, incluyendo la contaminación del agua, implican repercusiones en términos sociales y económicos.

Por ejemplo, entre 300,000 y 700,000 suizos al año visitan un doctor para ser atendidos por diarrea; en 2012, estas enfermedades tuvieron un costo que se calcula entre 29 a 45 millones de euros. De hecho, el costo por tratamiento de enfermedades intestinales, generadas principalmente por la ingesta de agua contaminada en países desarrollados como Suiza, tiene un costo per cápita que oscila entre 30 a 4,800 euros dependiendo la gravedad (News-Medical, 2016). Incluso, en países del sur como Colombia, el costo por tratamiento de enfermedades diarreicas agudas (EDA) se calcula entre 1,127 a 2,181 pesos (Galeano y Largo, 2015).

En este sentido, siguiendo una lógica en la que el resultado por verter efluentes residuales sin tratamiento hacia fuentes superficiales de agua en Cuernavaca, tiene una relación próxima con la generación de enfermedades intestinales, se puede inferir que estas al igual que el caso Suizo tendrán costos económicos.

Por tanto, si se toman en cuenta los 7,018 padecimientos por enfermedades intestinales en Cuernavaca, multiplicados por el precio mínimo de tratamiento que es de 680 pesos, equivalente a 30 euros, el costo total por enfermedades intestinales en la ciudad sería de 4, 775,047 pesos.

Por otro lado, si se toma en cuenta el valor máximo por tratamiento, es decir, tomando en cuenta 4,800 euros, el costo de los efectos generados por verter aguas residuales a las barrancas de Cuernavaca ascendería a 764, 007,552 pesos.

10.6. Conclusiones

En síntesis, el primer ejercicio de correlación sugiere que no existe una relación causal del efecto entre las dos variables analizadas, precisamente por no tomar en cuenta la distribución del territorio. Por el contrario, el segundo y tercer ejercicio de correlación tiene un coeficiente muy alto, el cual sugiere que hay una relación causal entre los puntos de descarga causantes de enfermedades intestinales, es decir, donde se localizan más puntos de descarga, también se registran mayor número de padecimientos por enfermedades intestinales. En contraparte, donde existen menor cantidad de puntos de descarga disminuyen los padecimientos.

Además, este ejercicio nos permite visualizar en caso de ser confirmada esta correlación, la magnitud del efecto, es decir el costo por verter efluente sin tratamiento a las barrancas que puede alcanzar los 765 millones de pesos.

Si bien es cierto, mediante este método podemos inferir que las descargas de agua residual tienen efectos directos en las enfermedades o padecimientos intestinales de la población, hay que subrayar que no es una correlación concluyente, ya que es necesario un análisis multivariable (calidad del agua, cercanía entre puntos y barrancas contaminadas, dinámicas poblacionales, género, percepción del riesgo, microorganismo presentes en el ambiente, por mencionar algunas) que en conjunto con este análisis pueda determinar e incluso afirmar tal incidencia.

En conclusión, para que este trabajo tenga el peso suficiente y se pueda afirmar el impacto de las descargas sobre la incidencia en la salud humana, es necesario continuar el análisis pero ahora con un enfoque multivariable o multifactorial, con la participación de los actores que convergen en esta situación. No obstante, sin lugar a dudas, este trabajo abre un campo de investigación para el futuro, con nuevas investigaciones que retomen y utilicen este trabajo como plataforma de despegue.

11. Capítulo 5: Plan TARC-3F, como respuesta a los efectos derivados por la falta de tratamiento de aguas residuales en Cuernavaca

“Un hombre con una idea nueva es un loco hasta que la idea triunfa”.

-Mark Twain-

11.1. ¿Qué es el Plan TARC-3F?

“Cuanto más conservadoras son las ideas, más revolucionarios los discursos”.

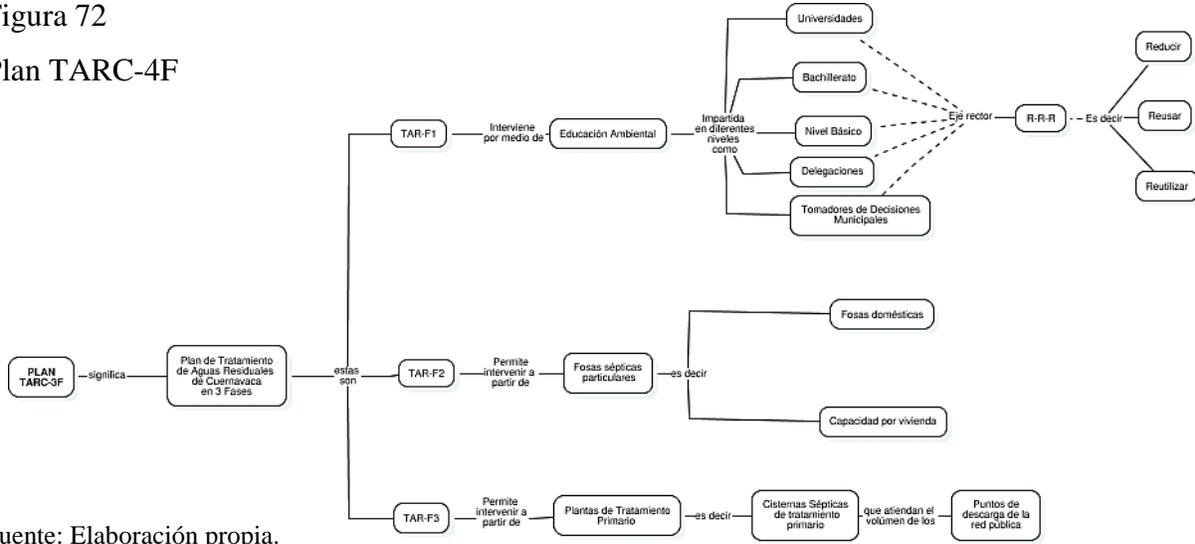
-Oscar Wilde-

Verter efluentes residuales sin tratamiento hacia las barrancas de Cuernavaca es práctica común e incluso los efectos generados pueden ser considerados como constantes y prevalentes. Por tanto, resulta necesario atender tal condición y al mismo tiempo generar medidas de mitigación, con el objetivo de reducir el deterioro ambiental a la par de la susceptibilidad por adquirir enfermedades.

En este sentido, y derivado del diagnóstico de los residuos líquidos urbanos así como el análisis de los efectos generados por la ausencia de tratamiento, nace el Plan TARC-3F, como una respuesta que permita mitigar la contaminación de los cuerpos de agua superficial de la ciudad, pero también reducir los efectos generados. Este plan, no solo funciona como una respuesta tecnológica tajante, sino que integra de forma participativa y colectiva a los diferentes actores sociales que convergen en tal problemática.

El Plan TARC-3F, descrito como “Plan de Tratamiento de Aguas Residuales de Cuernavaca en 3 Fases”, atiende el problema tomando en cuenta a los principales consumidores de agua, que al mismo tiempo son los generadores de efluentes residuales; sugiere técnicas y prácticas en las viviendas de la ciudad; educación necesaria en las distintas escalas sociales y políticas; y al mismo tiempo sugiere prototipos de tratamiento desde la perspectiva tecnológica. Con tales medidas, se pretende reducir el caudal de efluentes residuales en Cuernavaca y por consecuencia mitigar los efectos de las mismas, ver figura 72.

Figura 72
Plan TARC-4F



Fuente: Elaboración propia.

11.2. TAR-F1

La fase uno del tratamiento de aguas residuales en Cuernavaca, principalmente interviene en la parte teórica educativa; generando conciencia en el grueso de la población en las distintas escalas sociales, por medio de la educación con respecto al cuidado del agua, particularmente en la reducción de las aguas negras y grises.

En primera instancia, y con base en el análisis de esta investigación, resulta necesario difundir el status del agua, contaminación y los efectos derivados, haciendo una descripción del paradigma existente con respecto a los efluentes residuales en el mundo, pero principalmente en la ciudad de Cuernavaca. Para ello, un actor medular es la Universidad Autónoma del Estado de Morelos en conjunto con todas las facultades, e incluso paulatinamente hacer el vínculo con otras universidades, ya que como organismos educativos y autónomos, tendrían la capacidad de difundir esta información; en foros internos, talleres e incluso folletos. Al mismo tiempo, es necesario involucrar a organismos gubernamentales capaces de tomar decisiones con respecto a esta problemática, e incluso, por esta vía reunir a los pobladores con el fin de describir la realidad que permea en la ciudad; otros actores como el ayuntamiento de Cuernavaca podrán difundir la condición de la contaminación de las barrancas y promover acciones en torno a esta situación.

Esta fase es parte medular de la propuesta, ya que la importancia del problema no solo radica en el tratamiento del agua residual generada, sino permitir reducir ese gasto promoviendo el cuidado del recurso.

En torno a esta situación, la idea principal es difundir e implementar la educación para el cuidado del agua, donde intervengan tres elementos importantes “R-R-R”, o en otras palabras Reutilizar- Reducir-Recuperar. Sin embargo, en estricto sentido, la pregunta sería ¿Cómo Reutilizamos, Reducimos y Recuperamos?. A continuación se dan una serie de acciones y herramientas a considerar que involucran los tres elementos antes mencionados.

11.2.1. Reutilizar... agua de la lavadora

La reutilización de un elemento en este caso del agua, es una práctica necesaria para mitigar los efectos en contra del medio ambiente. En este sentido, la definición de reutilizar es utilizar al máximo el bien o el producto, sin necesidad de desperdiciarlo de inmediato, es decir, alargar la vida del producto antes de ser desechado. De hecho, la mayoría de los elementos tienen más de una vida útil, imaginando nuevas alternativas es como se llega a reutilizar sin necesidad de desperdiciar (Nava et. al., 2018).

Para la propuesta de reutilización del agua en Cuernavaca, un factor importante es la utilización de la lavadora, debido a que ocupa un volumen importante de agua, que en menos de una hora es desechada hacia el drenaje. No obstante, en gran medida esa agua no está tan contaminada como parece, es decir, llevando a cabo algunas acciones es posible recuperar la condición original de la misma.

En el Estado de Morelos y particularmente en la ciudad de Cuernavaca se tienen altos porcentajes de viviendas que cuentan con lavadora. Se estima que de las 460,370 viviendas en el Estado, 285,215 tiene lavadora, es decir el 61.95%. Al mismo tiempo, de las 98,008 viviendas en Cuernavaca, 70,825 viviendas habitadas equivalente a 72.26%, también cuenta con lavadora (INEGI, 2010e; INEGI, 2010f). En términos técnicos, también se estima que el uso de lavadora con un ciclo de lavado, es decir, enjuague y secado descarga alrededor de 140 litros por vez (calculado propio).

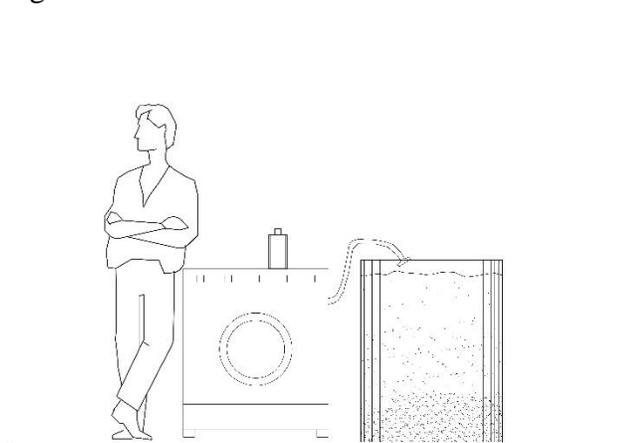
Con esta información y si en promedio una familia de 3 a 5 integrantes lava ropa dos veces por semana, el equivalente en términos de consumo y desperdicio es de 79,860.2 m³ semanales para Morelos y 19,831 m³ semanales para Cuernavaca. Dicho en otras palabras, solo por el uso de lavadora Morelos y Cuernavaca consumen y desechan 3, 833,289.6 m³ al año y 951,888 m³ de agua respectivamente.

En este sentido, reutilizar el agua de la lavadora y hacerla rendir no solo una vez sino varias veces es fundamental en el cuidado del ambiente. Esa agua es susceptible de ser utilizada en lavado de pisos, agua para el excusado e incluso para regar las plantas, entre otros usos, permitiendo reducir costos en términos de extracción y contaminación.

De hecho, un método eficaz por el cual se puede recuperar cerca del 80% del agua utilizada de la lavadora, es el “método del clarificador”, la cual surge a partir de una idea propia. Este, consiste en conectar la manguera de desagüe de la lavadora en un recipiente de capacidad no menor a los 200 litros; agregar de 50 a 100 mililitros; remover durante 5 minutos y dejar reposar. Efectuando tal procedimiento, se calcula que media hora es el tiempo aproximado en que la materia de mayor densidad se sedimentará en el fondo del recipiente y por ende el agua de la superficie podrá ser utilizada en otros medios de reusó. Se sugiere que entre los múltiples usos que se le pueda otorgar, esta sea para los pisos, el excusado e incluso para lavar de nuevo la ropa o hasta lavar los trastes, ver figura 73.

Figura 73

Método del clarificador con agua de la lavadora



Fuente: Elaboración propia.

Esta acción ayudará a reutilizar el agua de forma concreta y sustancial, que de no ser así, solo pasaría a ser un desecho inmediato. Además, con este método se contribuirá a no consumir tanta agua e incluso a no generar la misma cantidad de efluentes residuales domésticos.

11.2.2. Reducir... agua en grifos, duchas, inodoros y aguas grises

Reducir, es un concepto que tiene como objetivo principal consumir menos de algún producto, o cuando menos evitar un consumo desmedido, disminuyendo el gasto generado. En lo que se refiere

al agua, el objetivo comienza por aminorar el volumen consumido a la par del efluente contaminante. Derivado de ello, el agua no se desperdicia, la tasa de recuperación y extracción es menor, disminuye costos económicos y sociales, pero sobre todo garantiza un bienestar por la existencia y disponibilidad del recurso vital (Nava et. al., 2018).

En este sentido, se propone reducir el consumo de agua y contaminantes en varios factores.

Grifos

Esta partida tiene que ver con la reducción del consumo, utilizando el agua necesaria para lavarse las manos, es decir, reduciendo el consumo por este acto al mínimo. Si bien es cierto, es necesario de elementos técnicos como grifos que regulen el caudal por vez, con el simple hecho de no desperdiciar el agua y cerrarle a la llave, se estará contribuyendo al cuidado del recurso.

Duchas

En algunos casos, bañarse es la actividad domestica que ocupa una cantidad importante de agua para llevarse a acabo; en este sentido, y ante un panorama de ausencia en la dotación de agua, resulta paradójico que una sola persona pase más de 25 minutos en bañarse. Incluso, resulta absurdo que el agua de la regadera se derroche esperando a que esta salga caliente, o en su defecto que la temperatura se regule; se recomienda que no se haga. De nuevo, cerrarle a la llave cuando el agua no se esté ocupando es un pequeño gran paso para cuidar el agua que nos regala bienestar, de hecho, no cuesta nada colocar una cubeta mientras la temperatura del agua se regula para que esa agua tenga un uso o reúso.

Tanque del inodoro

La capacidad de agua del tanque del inodoro en gran medida, sobrepasa el gasto necesario, es decir, en ocasiones es suficiente que el gasto sea solo de tres a cuatro litros por descarga en lugar de 6. En este sentido, se recomienda adquirir inodoros que regulen estas capacidades. Sin embargo, existen otros métodos sencillos por los cuales sin gastar ni un peso se puede lograr el mismo objetivo. Algunas de ellas, tienen que ver con colocar un contrapeso en los flotadores de los tanques de los inodoros, con el fin de regular el llenado del mismo. Además, en algunos casos, los flotadores y las varillas retenedoras vienen roscadas, para poder regular el llenado del tanque. Estas medidas son sencillas pero efectivas, ya que ayudarían a reducir el consumo por descarga del inodoro de entre 30% a 40%.

Cisternas para aguas grises

Se recomienda la recopilación de las aguas grises, es decir, agua del lavabo y de las duchas en cisternas o en algún medio de almacenamiento, con el fin de reutilizar esa agua en otros lugares como en los inodoros, claro está con un tratamiento de purificación de las mismas.

11.2.3. Recuperar. Agua pluvial

El concepto de recuperar agua pluvial, tiene que ver con aprovechar el agua que de forma natural que el ciclo biogeoquímico nos provee, es decir, la recuperación y captación de agua de lluvia.

A lo largo de la historia de las culturas prehispánicas, el sistema de captación de agua pluvial ha existido como medio de subsistencia; las sociedades Mesoamericanas recolectaban el agua de lluvia conducida desde los techos de las viviendas, principalmente con canaletas de madera, piedra y bambú, dirigiendo el fluido hacia recipientes, depósitos subterráneos e incluso a cielo abierto. Bajo este sistema ancestral, el agua puede ser interceptada, dirigida y almacenada para darle un uso doméstico o en su caso algún uso agrícola (Gutiérrez, 2014).

De manera general, los componentes que integran este sistema son el techo, las canaletas y un medio de almacenamiento.

Techos: Para las zonas rurales los materiales de los techos resultan variados, entre los que destacan; concreto, lámina de asbesto, lámina de cartón, lámina galvanizada, palma entre otros materiales de la región.

Canaletas: Las canaletas se encargan de coleccionar y dirigir el fluido hacia un lugar de almacenamiento. Los materiales suelen ser variados e incluso innovadores (materiales de la región y disponibles); las canaletas metálicas son durables pero costosas; las canaletas elaboradas con bambú y carrizo son fáciles de construir, accesibles en el costo, pero poco duraderas. Por su parte, las canaletas de PVC son fáciles de obtener, durables y accesibles en el precio, incluso, estas se fijan al techo con alambre, madera y clavos (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente et.al, 2001).

Almacenamiento: En las viviendas tradicionales, el agua se almacena en recipientes de barro, enterrados y al aire libre; en piletas de barro, cal y canto; excavados en el suelo, recubiertos con piedra, argamasa o estuco (SEMARNAT-CONAGUA, 2012). También, los tanques de almacenamiento empleados en el medio rural van desde recipientes de plástico hasta cisternas de mortero cemento-arena, aplicado sobre un molde de madera u otro material de forma

preestablecida. Los modelos pequeños suelen variar entre 0.1 a 0.5 m y los modelos más grandes pueden alcanzar alturas de 1.5 m y volúmenes de hasta 2 a 3 m³ (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente et.al, 2001).

En términos generales, este sistema no necesita mayor inversión y se puede llevar a cabo en el hogar de manera eficiente, siendo una alternativa eficaz para el aprovechamiento del recurso vital en zonas urbanas y rurales (Ramírez, 2014). Además, los costos del sistema propuesto deberán ajustarse al presupuesto de la población que lo requiera y al mismo tiempo, el técnico encargado, debe tomar en cuenta a la comunidad en las propuestas de diseño y materiales que estén a su alcance.

11.3. TARC-2F

“De fosa en fosa, la contaminación se agota”

La segunda fase de esta cadena de tratamiento, interviene a través de medios técnicos y tecnológicos, es decir, fosas sépticas de tratamiento primario en las viviendas habitadas que no cuenten con ello.

El artículo 58 del reglamento de construcción del municipio de Cuernavaca menciona, que entre los requisitos necesarios para solicitar y aprobar una licencia de construcción, se exige el detalle, conexión y ramal de una fosa séptica en los planos arquitectónicos. De no ser así, la autorización de construcción no aprueba:

La solicitud de Licencia de Construcción, deberá ser suscrita por el propietario o poseedor, la que en su caso deberá contener la responsiva de un Director Responsable de Obra y en su caso por el Corresponsable, será presentada por duplicado en las formas que expida la Secretaría y acompañada de la siguiente documentación: I.- Cuando se trate de obra nueva: a).- Constancia de Alineamiento y Número Oficial actualizado; b).- Tres tantos del proyecto de la obra en planos a escala debidamente acotados y especificados, con información suficiente para que el proyecto sea plenamente entendible y en archivo electrónico, en los que se deberán incluir: croquis de localización del predio con distancias aproximadas a calles cercanas, indicando el norte, plantas arquitectónicas que contengan la instalación sanitaria con el detalle de la fosa séptica bioenzimática o sistema de tratamiento, especificando el doble ramal sanitario para la conducción de aguas negras y grises, así como los datos de la instalación hidráulica, corte sanitario, fachadas, localización de la construcción dentro del predio, cortes de rampas para vehículos, planta de conjunto, planos estructurales, firmados por el propietario y el director responsable o en su caso por el corresponsable...(H. Ayuntamiento de Cuernavaca, 2012; pág.22).

A pesar que esta situación está reglamentada y restringida, en la actualidad un porcentaje importante de las viviendas particulares habitadas no cuenta con fosa séptica doméstica. De hecho, la ausencia de fosas sépticas por vivienda en el municipio, entre otras cosas, se debe a las construcciones o viviendas irregulares existentes.

En este sentido, esta fase presupone en primera instancia ubicar y particularizar las viviendas que no cuenten con fosa séptica doméstica, no obstante, la información inexistente y poco confiable se vuelve una limitante. Se sabe de antemano, que el 30% de las viviendas particulares del municipio descargan sus residuos líquidos hacia una fosa séptica, mas no se especifica la situación del porcentaje restante, ni se particulariza a las viviendas que cuentan o no con fosa, no importando el tipo de drenaje con que se cuente (INEGI, 2010c) ver tabla 17.

Tabla 17

Cuernavaca, 2018. Lugar de disposición de residuos líquidos por viviendas

Viviendas particulares habitadas ¹	Disponen de drenaje					No tiene drenaje	No especificado
	Lugar de desalojo						
	Total	Red pública	Fosa séptica	Tubería que va a dar a una barranca o grieta	Tubería que va a dar a un río, lago o mar		
98,008	96,841	61,646	28,774	6,147	274	641	526

Fuente: INEGI, 2010c.

Ahora bien, tomando como base el análisis de la disposición de drenaje con respecto a su lugar de desalojo, se puede decir que 28,774 viviendas particulares habitadas desalojan los residuos líquidos hacia una fosa séptica. En estricto sentido y solo con información del INEGI, las viviendas restantes, es decir, 69,234 no cuentan con fosa séptica.

En esta lógica, se recomienda habilitar fosas sépticas domésticas en las viviendas que no cuenten con este medio de tratamiento primario, a pesar que estas se encuentren en viviendas no reguladas. Se sugiere exista un trato diferenciado con respecto a su construcción, clasificando las viviendas de acuerdo al uso de suelo y tomando en cuenta la situación socioeconómica por grado de marginación. Por ejemplo, se propone que las viviendas en los usos de suelo de menor densidad, es decir, H05 Y H1 tengan la capacidad de construir estas fosas sépticas con sus propios recursos. Por otra parte, las viviendas que se ubiquen en usos de suelo de mediana y mayor densidad, reciban subsidios por un organismo municipal, estatal o federal, es decir, que el gasto del material este a cargo del subsidio y que la parte constructiva la lleven a cabo los miembros de cada vivienda, ver tabla 18.

Tabla 18

Cuernavaca, 2018. Construcción de fosas sépticas domesticas por uso de suelo y subsidios

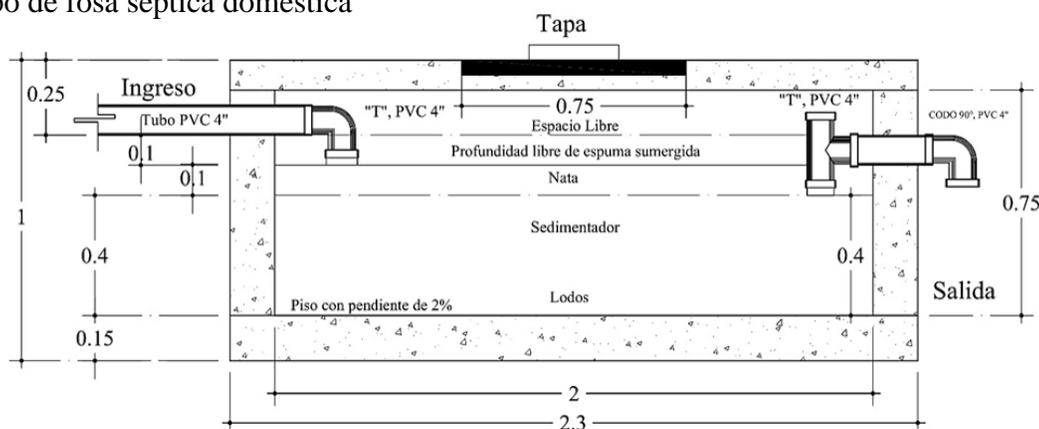
Uso de suelo	Grado de Marginación	Forma de construcción	Alcance del subsidio	Aporte de los integrantes
H05	Bajo y Muy BAJO	Sin subsidio	N/A	N/A
H1	Bajo y Muy BAJO	Sin subsidio	N/A	N/A
H2	Medio y Alto	Con subsidio	Material	Mano de Obra
H4	Medio y Alto	Con subsidio	Material	Mano de Obra
H6	Medio y Alto	Con subsidio	Material	Mano de Obra

Fuente: Elaboración propia

En este sentido, se propone una fosa séptica prototipo para el tratamiento mínimo de los efluentes domésticos basado en el Manual de la Organización Panamericana de la Salud, aclarando que cada situación particular debe ser sujeta de análisis, ver figura 74.

Figura 74

Prototipo de fosa séptica doméstica



Fuente: Elaboración propia con datos de la Organización Panamericana de la Salud, 2005.

La fosa séptica sugerida tiene una capacidad para 1.125m³ y se hizo con respecto al manual de pozos sépticos de la Organización Panamericana de la Salud; como mínimas medidas de construcción, se recomienda una profundidad de 0.75m y un ancho de 0.60m, más una relación de 2:1 para el largo. Las medidas de la fosa séptica recomendada son de 0.75m X 0.75m X 2m, susceptible de cambios debido al lugar y espacio con que se cuente, más la capacidad será la misma.

11.3.1. Valoración económica del TAR-F2

Derivado del análisis de la fase dos, la cual demanda cierta cantidad de fosas sépticas de carácter doméstico, se anexa un cálculo en términos económicos para construir las fosas necesarias.

El cálculo solo toma en cuenta el costo de mano de obra y se realizó analizando los conceptos por partidas arquitectónicas y tomando en cuenta la lista de precios del tabulador de precios unitarios de la Ciudad de México, ver tabla 19.

Tabla 19

Valoración económica del TARC-2F

Concepto	Unidades	M2, ML O M3	M2,ML o M3 x Unidades	Precio Unitario CDMX (pesos)	Clave	Total (\$)	Fosas necesarias
Desyerbe del Terreno	1.00	2.50	2.50	7.46	BC12B	18.65	
Trazo y nivelación	1.00	2.50	2.50	5.65	AF13DD	14.13	
Excavación	1.00	2.5X0.75	1.88	101.07	BF13BB	189.51	
Firme	1.00	2.50	2.50	133.73	GH12BB	334.33	
Muros de Tabique	4.00	4.13	4.13	253.76	GC16B	1,046.76	6,000.00
Castillos	4.00	0.75	3.00	238.99	GC31J	716.97	
Aplanados	1.00	7.13	7.13	97.58	GH15CB	695.26	
Tapas de concreto	3.00	0.83	2.49	424.94	TI13BB	1,058.10	
Colocacion de tapas	1.00	1.00	1.00	100.00	N/A	100.00	
Conexión Sanitaria	3.00	3.00	3.00	69.02	HB12EE	207.06	
Total						4,380.75	26,284,526.10

Fuente: Elaboración propia con datos del Tabulador de precios unitarios de la CDMX, 2018.

Como se aprecia, el costo de mano de obra por construcción de las 6,000 fosas necesarias es de poco más de 26 millones de pesos. No, obstante, como se menciona antes, se sugiere que este costo sea absorbido por los habitantes de las viviendas, claro con el respectivo subsidio de material. En general, si se quiere intervenir y mitigar la contaminación de las barrancas de Cuernavaca por la vía de este concepto, el municipio podría evitarse dicha inversión.

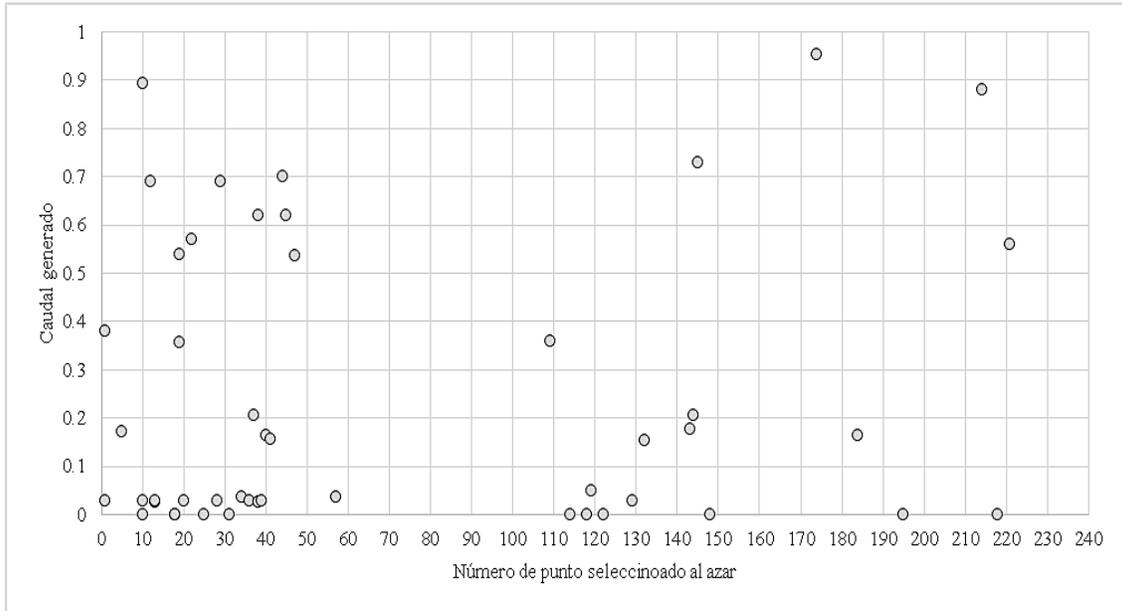
11.4. TARC-3F

El tercer eslabón de la cadena de tratamiento de aguas residuales, analiza el paradigma existente correspondiente a las descargas de efluentes residuales de la red municipal, es decir, de los 311 puntos encontrados, pero particularmente del caudal medido en los 74 puntos de la muestra estadística representativa.

En este sentido, tomando en cuenta que los puntos de descarga se concentran en un rango general que va de 0 a 11 l/s, siendo este último el gasto máximo medido, este se subdivide en 4 rangos principalmente, ver figuras 75, 76, 77 y 78.

Figura 75

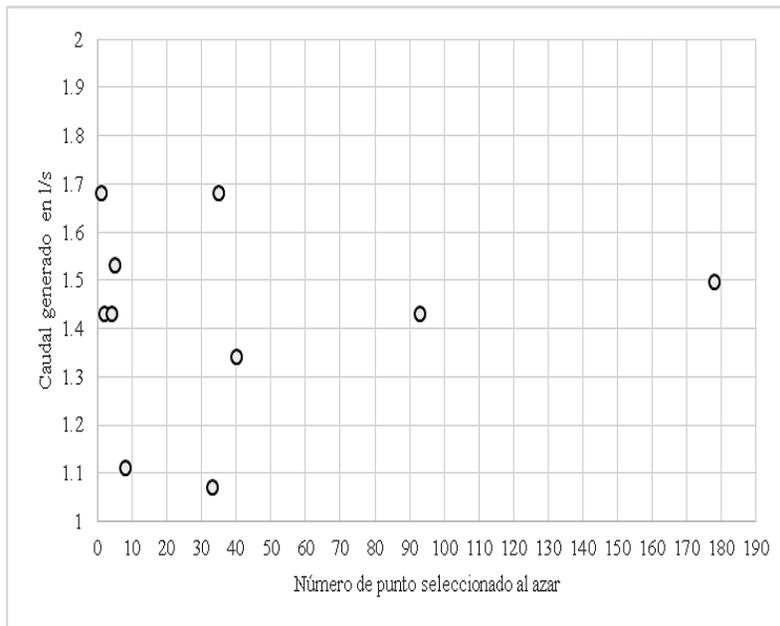
Cuernavaca, 2018. Puntos de descarga dentro del Rango 1



Fuente: Levantamiento y elaboración propia

Figura 76

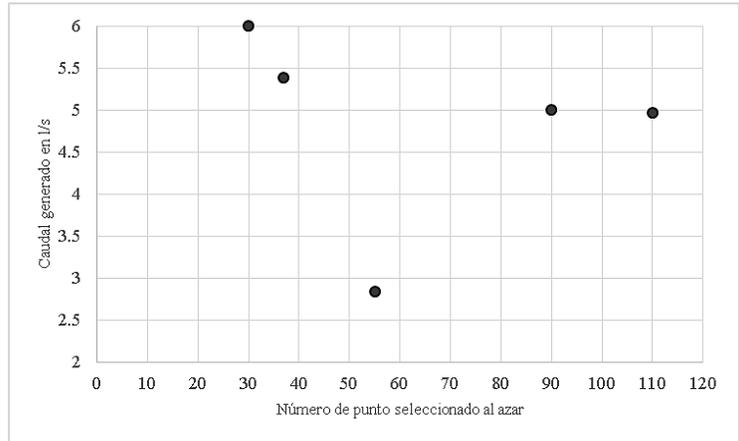
Cuernavaca, 2018. Puntos de descarga dentro del Rango 2



Fuente: Levantamiento y elaboración propia

Figura 77

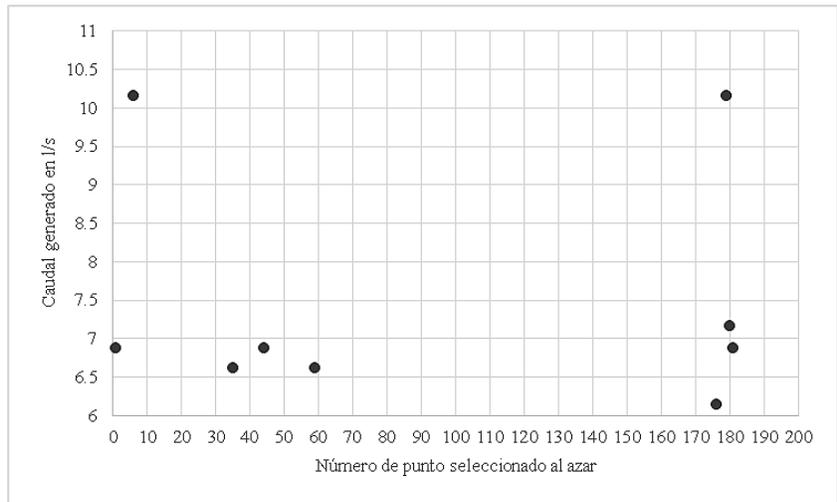
Cuernavaca, 2018. Puntos dentro del Rango 3



Fuente: Levantamiento y elaboración propia

Figura 78

Cuernavaca, 2018. Puntos dentro del Rango 4



Fuente: Levantamiento y elaboración propia

En esta lógica, se puede apreciar que en el primer rango se localizan 50 puntos registrados que van de 0 a 1 l/s. A pesar de ello, estos puntos solo se adjudican 10% del total de litros por segundo muestreados. Por su parte, el rango número 2 es similar al anterior, atribuyéndose 12% del caudal, pero con cinco veces menos puntos que el primero. No obstante, el rango número 3, con tan solo 5 puntos genera 20.45% del caudal total, mas no se compara con el cuarto rango, que con 9 puntos genera el 57% del caudal muestreado.

En otras palabras, los rangos 1 y 2 localizan 80% de los puntos de descarga, mas solo generan 20% del efluente residual. Por otra parte, los rangos 3 y 4 concentran 20% de puntos de

descarga pero generan cerca del 80% de las aguas residuales muestreadas. Por tanto, resulta necesario prestar mayor atención a los puntos de descarga de los rangos 3 y 4, si es que de manera inmediata se quiere mitigar y reducir la contaminación por efluentes residuales vertidos a las barrancas de la ciudad, ver tabla 20.

Tabla 20

Cuernavaca, 2018. Distribución de l/s por rangos

Rangos	En l/S	Número de puntos	Sumatoria en l/s	% con respecto al total generado
Rango 1	0 a 1	50	12.45	10%
Rango 2	1.1 a 2	10	14.19	11.99%
Rango 3	2.1 a 6	5	24.2	20.45%
Rango 4	6.1 a 11	9	67.5	57.03%
Total		74	118.34	100%

Fuente: Elaboración propia

La categorización antes mencionada focaliza el problema y al mismo tiempo marca la pauta para sugerir tecnologías de tratamiento de efluentes residuales con una mayor precisión, capaces de reducir costos por construcción. Al mismo tiempo, se podrán de mitigar los efectos derivados de la contaminación de los cuerpos de agua superficiales en Cuernavaca.

Derivado del análisis de los rangos por caudal generado y de la condición diferenciada de las descargas de aguas residuales urbanas, es posible implementar la fase tres en términos de tecnología de tratamiento de aguas residuales. Ante este hecho, los pozos sépticos resultan una alternativa pertinente y eficiente.

Los pozos, tanques, fosas o también llamadas cisternas sépticas, son elementos técnicos de tratamiento primario de efluentes residuales, las cuales satisfacen una demanda limitada pero no por ello menos eficiente; principalmente se utilizan en zonas rurales mas no se descarta para las zonas urbanas. El objetivo principal de las cisternas sépticas, es crear un ambiente de estabilidad hidráulica, el cual permite el tratamiento de los desechos líquidos mediante procesos primarios como la captación y sedimentación. En primera instancia, la materia más densa que comúnmente son lodos se convierte en material sedimentado, estos se compactan en el fondo debido al peso volumétrico del agua; las cisternas puede estar divididas en una, dos o más cámaras de acuerdo a la demanda de efluentes recibida (Organización Panamericana de las Salud 2005).

El proceso de descomposición de los lodos y espumas es llevada a cabo por bacterias anaerobias, convirtiendo una parte importante de los residuos sólidos en agua y gas. Hay que subrayar, que el proceso de eliminación y digestión llevado a cabo por las bacterias, aumenta

cuando las temperaturas son altas, con un máximo de 35°C, aproximadamente. Por otro lado, emplear desinfectantes domésticos en gran medida interrumpe el proceso de digestión ya que altas concentraciones de estos productos hacen que las bacterias no sobrevivan.

Si bien es cierto, se ha comprobado que las cisternas sépticas eliminan entre el 80% y 90% de los huevos de anquilostomas y áscaris, en términos estrictos estos patógenos aún están presentes en el agua. En este sentido, una de las desventajas de este método de tratamiento, es que no se eliminan por completo los agentes patógenos presentes en el agua contaminada.

No obstante, esta tecnología no deja de ser muy rentable, ya que se estima tiene una eficacia de 80% con respecto a la eliminación de sólidos y partículas, subrayando que la eficiencia de la misma, depende del tamaño de las cámaras más el tiempo de reposo.

En síntesis, este proceso permite que el agua residual salga con menos sólidos que si no hubiera recibido tratamiento, subrayando que eventualmente los lodos deben ser extraídos (Organización Panamericana de la Salud 2005).

Sin embargo, para hacer una propuesta firme, es necesario tomar ciertas consideraciones con respecto a las características de los pozos sépticos, para lograr adaptarlos a los resultados de los rangos antes mencionados y poder aplicarlos a las condiciones del municipio.

En primera instancia, el manual de construcción de la Organización Panamericana de la Salud, menciona que los pozos sépticos se recomiendan para un uso máximo de 350 personas. En este sentido, las condiciones de Cuernavaca son aptas para su aplicación, ya que en ningún momento la generación de aguas residuales en el municipio rebasa los 11 l/s. En segunda instancia, la limpieza y mantenimiento de las cisternas sépticas no es frecuente, se recomienda que sea cada 5 años aproximadamente, dependiendo de la capacidad instalada. Además, el costo de operación y construcción es muy bajo, comparado con las plantas de tratamiento de gran capacidad, las cuales generan costos elevados en su construcción y en su operación.

En este sentido, de acuerdo a factores como puntos de descarga que no rebasan 11 l/s, topografía accidentada de la ciudad, problemas en términos económicos por parte de la SAPAC, pero sobretodo efectos generados por verter efluentes residuales a las barrancas, las cisternas sépticas son la mejor opción en tecnología de tratamiento de aguas residuales para la ciudad.

Por tanto, se proponen 4 prototipos de cisternas sépticas de acuerdo a la capacidad necesaria, con respecto a los rangos y a la cantidad de puntos de descarga por cada uno de ellos. Para ello, se toman principios de diseño y cálculo de las cisternas sépticas, como: tiempo de

retención de las aguas servidas en el tanque séptico, suficiente para la separación de los sólidos y la estabilización de los líquidos; condiciones de estabilidad hidráulica para una eficiente sedimentación y flotación de sólidos; asegurar que el tanque sea lo bastante grande para la acumulación de los lodos y espuma; prevenir las obstrucciones y asegurar la adecuada ventilación de los gases.

Además, se agrega la metodología utilizada para el cálculo de las cisternas prototipo de tratamiento de aguas residuales, con base en la Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques inhoff y lagunas de estabilización de la Organización Panamericana de la Salud, 2005. Esta involucra elementos a calcular, como:

- a) Periodo de retención hidráulica (PR, en días)

$$PR = 1.5 - 0.3 \log (P \times Q)$$

Donde, P= Población servida y Q = Caudal de aporte unitario de aguas residuales, litros/habitante * día. No obstante, esta última es remplazada con el calculado ya realizado, es decir, del valor de cada rango en l/s.

- b) Volumen requerido para la sedimentación (expresado en m³)

$$VS = 10^{-3} (P \times Q) \times PR$$

- c) Volumen de digestión y almacenamiento de lodos (expresado en m³)

$$VD = 70 \times 10^{-3} \times P \times N$$

Donde N= Intervalo deseado en años, entre operaciones sucesivas de remoción de lodos.

- d) Volumen de lodos producidos

La cantidad de lodos producidos por habitante al año, depende de la temperatura ambiental y de la descarga de residuos. Los valores a considerar son: clima cálido 40 litros/hab/año y clima frío 50 litros/hab/año.

- e) Volumen de natas

Como valor se considera un volumen mínimo de 0,7 m.

- f) Profundidad máxima de espuma sumergida (He, en m)

$$He = 0.7 / A$$

Donde A= Área superficial del tanque séptico en m².

- g) Profundidad libre de espuma sumergida

Distancia entre la superficie inferior de la capa de espuma y el nivel inferior de la T de salida o cortina deflectora del dispositivo de salida del tanque séptico, debe tener un valor mínimo de 0,10 m.

h) Profundidad libre de lodo (H_o , en m)

$$H_o = 0.82 - 0.26 \times A$$

i) Profundidad mínima requerida para la sedimentación (H_s , en m)

$$H_s = V_s/A$$

j) Profundidad de espacio libre (H_l , en metros)

Comprende la superficie libre de espuma sumergida y la profundidad de lodos. Seleccionar el mayor valor, comparando la profundidad del espacio libre mínimo total ($0,1+H_o$) con la profundidad mínima requerida para la sedimentación (H_s).

k) Profundidad neta del tanque séptico. La suma de las profundidades de natas, sedimentación, almacenamiento de lodos y la profundidad libre de natas sumergidas.

Una vez revisada la nomenclatura y formulas necesarias para el diseño y cálculo de las cisternas sépticas, se realizan fosas prototipo por rango sugerido. Incluso, se realiza el detalle arquitectónico con las medidas sugeridas, más la ubicación precisa en un mapa de ARC GIS.

11.4.1. *Calculo del Prototipo de Cisterna séptica del primer rango*

El cálculo del prototipo de cisterna de tratamiento del primer rango se calcula tomando en cuenta un gasto de 1 l/s. Por tanto, el cálculo es el siguiente:

a) Periodo de retención hidráulica (PR, en días)

$$\mathbf{PR= 1.5 - 0.3 \log (P \times Q) = 1.5-0.3 \log (86,400 \text{ l/día}) = 6 \text{ días}}$$

b) Volumen requerido para la sedimentación (expresado en m³)

$$\mathbf{VS= 10^{-3} (P \times Q) \times PR = 10^{-3} (86,400) \times 6 \text{ días} = 5,184 \text{ litros} = 5.184 \text{ m}^3}$$

c) Volumen de digestión y almacenamiento de lodos (expresado en m³)

$$\mathbf{VD= 70 \times 10^{-3} \times P \times N = 70 \times 10^{-3} \times 5 \text{ años} = 3.5 \text{ m}^3}$$

Sumatoria= 5.184m³ + 3.5 m³ = 8.684 m³ + 17% del aumento de la población hacia 2030 (1.53 m³) = 10 m³ de capacidad instalada.

Para lo cual necesita unas dimensiones de 1.80m ancho X 3m largo X2.0

d) Volumen de lodos producidos

El volumen de lodos producidos es nulo debido a la observación de trabajo de campo en la muestra estadística representativa.

e) Volumen de natas

$$\mathbf{0,7 \text{ m.}}$$

f) Profundidad máxima de espuma sumergida (He, en m)

$$\mathbf{He = 0.7 / 5.4 \text{ m}^2 = 0.12 = 12\text{cm}}$$

g) Profundidad libre de espuma sumergida

$$\mathbf{10 \text{ cm.}}$$

h) Profundidad libre de lodo (Ho, en m)

$$\mathbf{Ho = 0.82 - 0.26 \times 5.4 \text{ m}^2 = 0.584 \text{ m}}$$

i) Profundidad mínima requerida para la sedimentación (Hs, en m)

$$\mathbf{Hs = Vs/A = 5.184 \text{ m}^3/5.4 = 0.96 \text{ m}}$$

j) Profundidad de espacio libre (Hl, en metros)

$$\mathbf{0.30 \text{ m}}$$

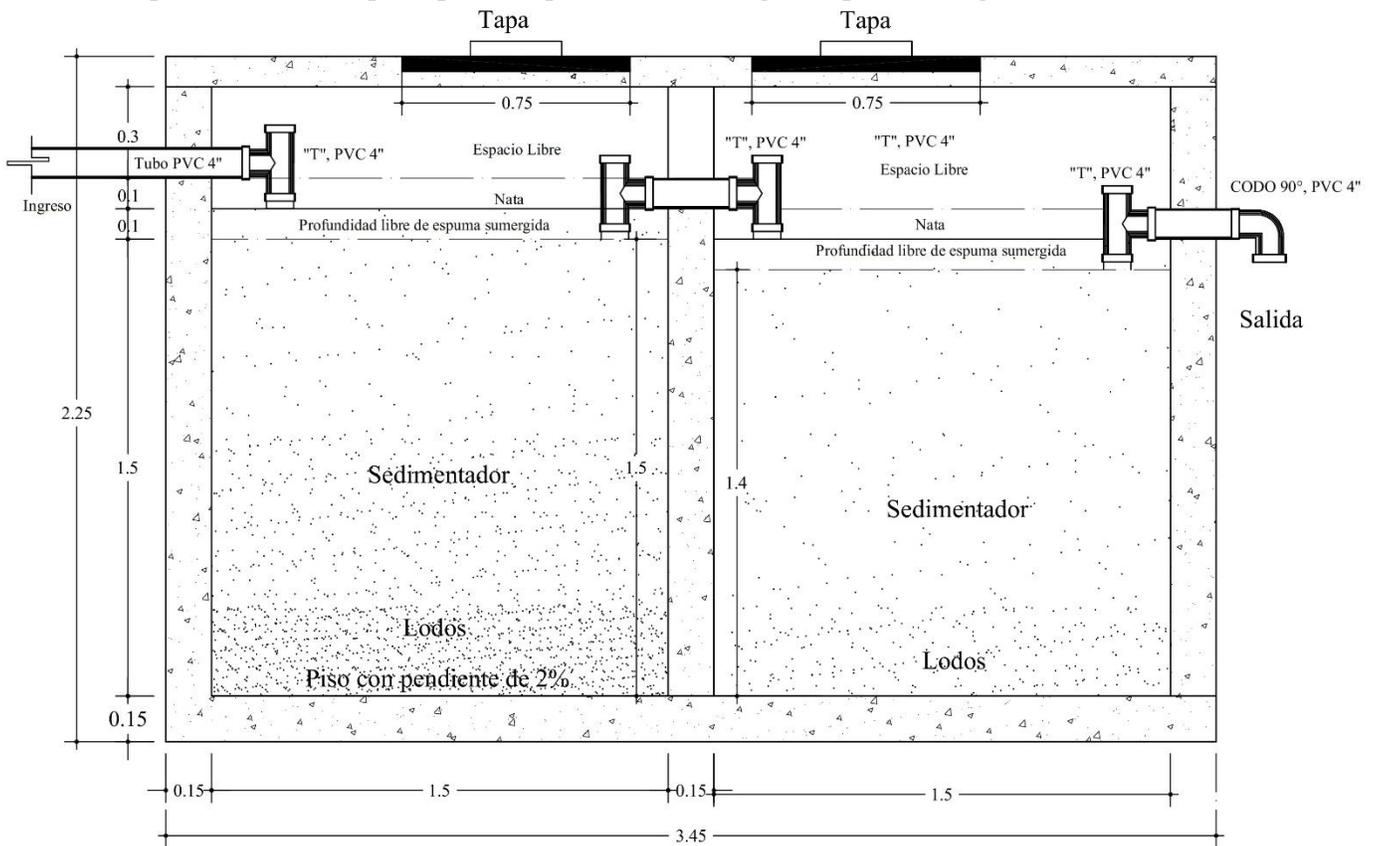
k) Profundidad neta del tanque séptico

$$\mathbf{He = 0.10 \text{ m} + \text{Profundidad libre de espuma sumergida } 0.10 \text{ m} + Ho = 0.58 + Hs = 0.96 \text{ m} + 0.30 \text{ m} = 2.04 \text{ m}}$$

Una vez calculados los elementos necesarios para que la cisterna séptica funcione, se hace la propuesta firme para los 50 puntos de descarga de efluentes residuales del primer rango. Es decir, un prototipo de cisterna de tratamiento de aguas residuales, con capacidad instalada de 10 m³. Hay que señalar, que para el cálculo se toma un factor de expansión, es decir, se agrega 17% más a la capacidad instalada, de acuerdo a las proyecciones de aumento de población hacia 2030. En otras palabras, esta capacidad será suficiente para satisfacer las necesidades en materia de tratamiento durante 10 años, ver figura 79.

Figura 79

Prototipo de Cisterna séptica para los puntos de descarga del primer rango

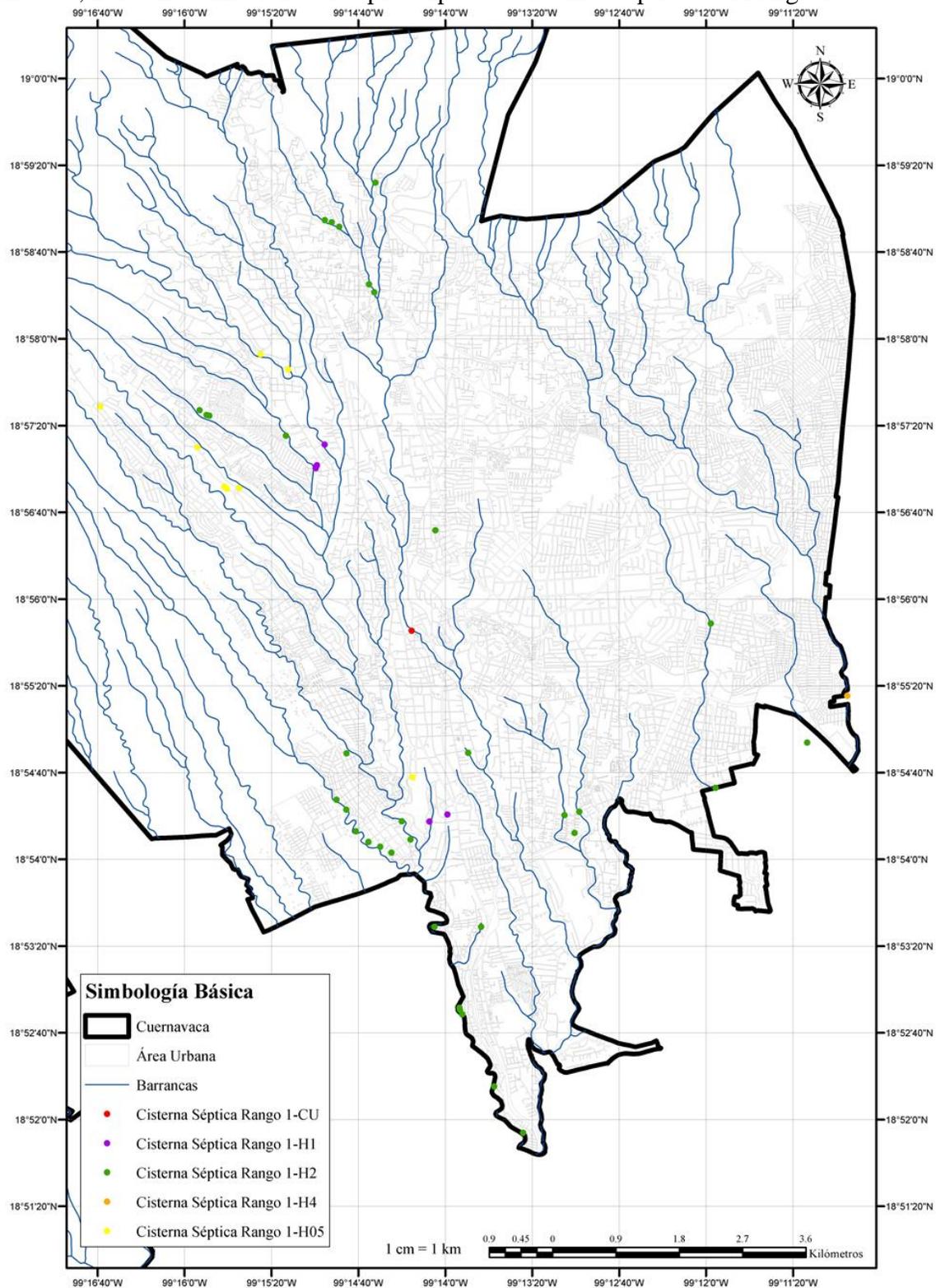


Fuente Elaboración propia con datos de Organización panamericana de la salud, 2005.

Además, con ayuda de mapas de ACR GIS, se georreferencian los puntos que necesitan estas cisternas de tratamiento, con el fin de precisar la ubicación en términos tecnológicos, ver figura 80.

Figura 80

Cuernavaca, 2018. Localización de los prototipos de Cisternas sépticas del Rango 1



Fuente: Elaboración propia con datos propios; SAPAC, 2008; INEGI, 2016b.

11.4.2. Calculo del Prototipo de Cisterna séptica del segundo rango

El cálculo del prototipo de cisterna de tratamiento del segundo rango se calcula tomando en cuenta un gasto de 2 l/s. Por tanto, el cálculo es el siguiente:

a) Periodo de retención hidráulica (PR, en días)

$$PR = 1.5 - 0.3 \log (P \times Q) = 1.5 - 0.3 \log (172,800 \text{ l/día}) = 6 \text{ días}$$

b) Volumen requerido para la sedimentación (expresado en m³)

$$VS = 10^{-3} (P \times Q) \times PR = 10^{-3} (172,800) \times 6 \text{ días} = 10,368 \text{ litros} = 10.368 \text{ m}^3$$

c) Volumen de digestión y almacenamiento de lodos (expresado en m³)

$$VD = 70 \times 10^{-3} \times P \times N = 70 \times 10^{-3} \times 5 \text{ años} = 3.5 \text{ m}^3$$

Sumatoria = 10.368 m³ + 3.5 m³ = 13.868 m³ + 17% del aumento de la población hacia 2030 (2.38 m³) = 16.24 m³ de capacidad instalada.

Para lo cual necesita unas dimensiones de 2.0m ancho X 4m largo X 2.0 m alto

d) Volumen de lodos producidos

El volumen de lodos producidos es nulo debido a la observación de trabajo de campo en la muestra estadística representativa.

e) Volumen de natas

$$0,7 \text{ m.}$$

f) Profundidad máxima de espuma sumergida (He, en m)

$$He = 0.7 / 8 \text{ m}^2 = 0.0875 = 10 \text{ cm}$$

g) Profundidad libre de espuma sumergida

$$10 \text{ cm.}$$

h) Profundidad libre de lodo (Ho, en m)

$$Ho = 0.82 - 0.26 \times 8 \text{ m}^2 = 1.26 \text{ m}$$

i) Profundidad mínima requerida para la sedimentación (Hs, en m)

$$Hs = Vs/A = 10.368 \text{ m}^3/8 = 1.296 \text{ m}$$

j) Profundidad de espacio libre (Hl, en metros)

$$0.30 \text{ m}$$

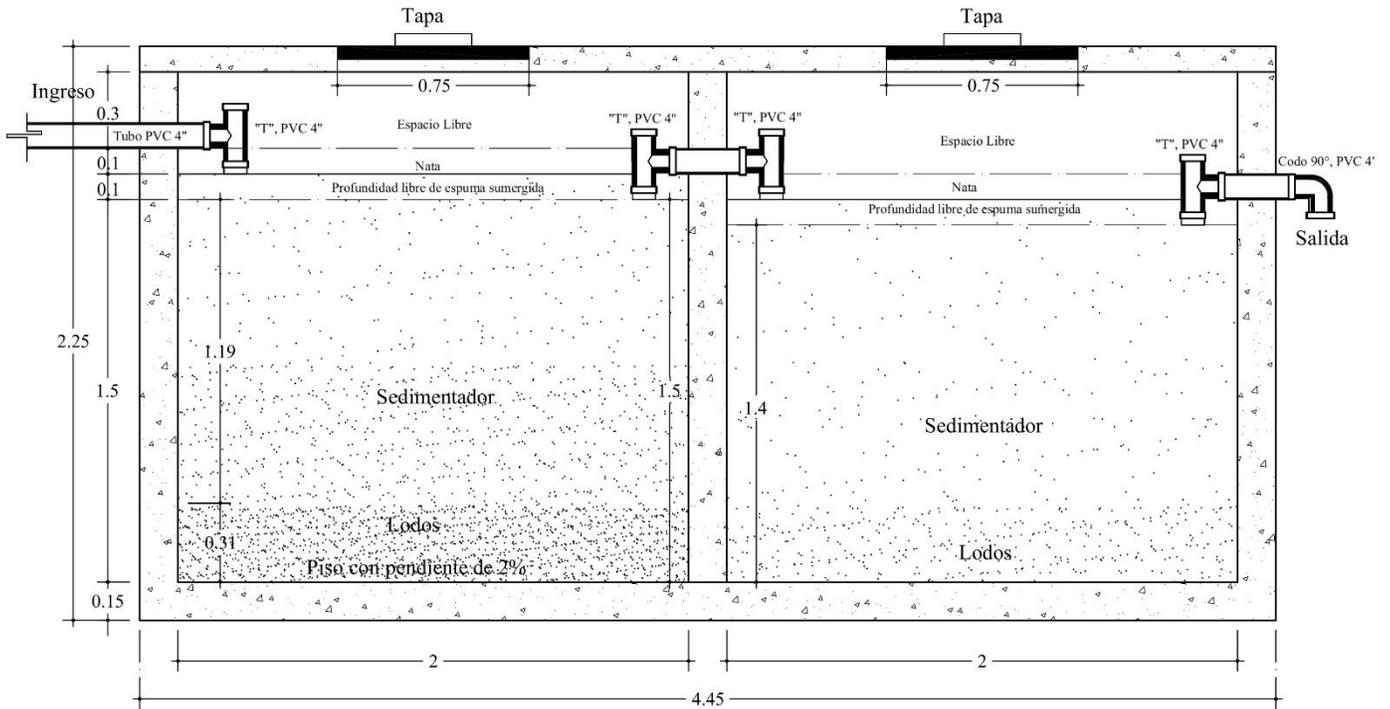
k) Profundidad neta del tanque séptico

$$He = 0.10 \text{ m} + \text{Profundidad libre de espuma sumergida } 0.10 \text{ m} + Ho = 1.26 \text{ m} + Hs = 1.296 \text{ m} + 0.30 \text{ m} = 3.05 \text{ m}$$

Una vez calculados los elementos necesarios para que la cisterna séptica funcione, se hace la propuesta para los 10 puntos de descarga de efluentes residuales del segundo rango. Es decir, una cisterna de tratamiento de aguas residuales urbanas con capacidad instalada de 16.24 m^3 , más 17% de acuerdo a las proyecciones de aumento de población hacia 2030. De igual manera, esta capacidad será suficiente para satisfacer las necesidades de tratamiento durante 10 años, ver figura 81.

Figura 81

Prototipo de Cisterna séptica para los puntos de descarga del segundo rango

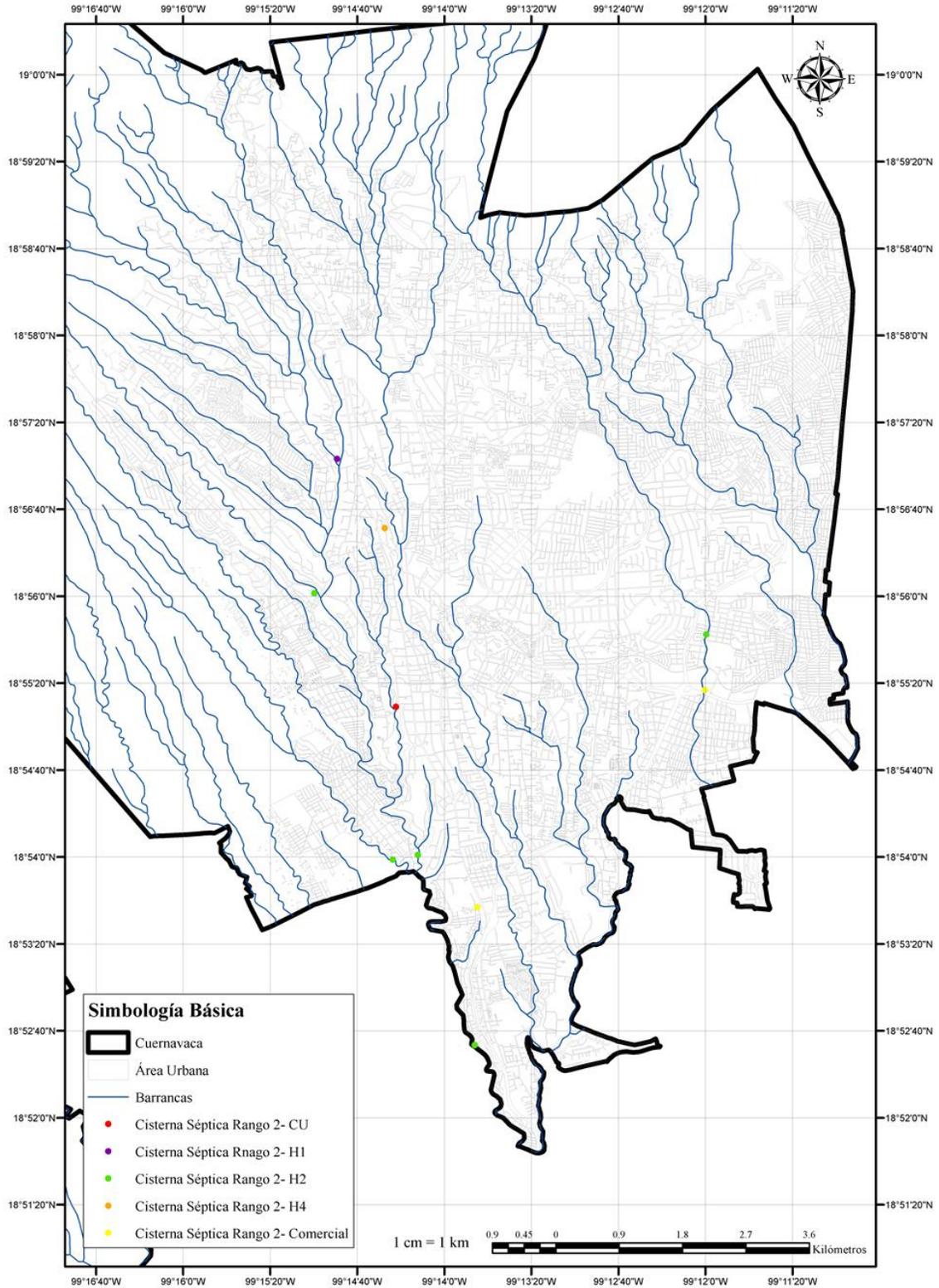


Fuente Elaboración propia con datos de Organización panamericana de la salud, 2005.

Además, en mapas de ACR GIS, se georreferencian los puntos que necesitan este prototipo de tratamiento, precisar las ubicación en términos tecnológicos, ver figura 82.

Figura 82

Cuernavaca, 2018. Localización de los prototipos de Cisternas sépticas del Rango 2



Fuente: Elaboración propia con datos propios; SAPAC, 2008; INEGI, 2016b.

11.4.3. Cálculo del Prototipo de Cisterna séptica del tercer rango

El cálculo del prototipo de cisterna de tratamiento del tercer rango se calcula tomando en cuenta un gasto de 6 l/s. Por tanto, el cálculo es el siguiente:

a) Periodo de retención hidráulica (PR, en días)

$$PR = 1.5 - 0.3 \log (P \times Q) = 1.5 - 0.3 \log (518,400 \text{ l/día}) = 6 \text{ días}$$

b) Volumen requerido para la sedimentación (expresado en m³)

$$VS = 10^{-3} (P \times Q) \times PR = 10^{-3} (518,400) \times 6 \text{ días} = 31,104 \text{ litros} = 31.104 \text{ m}^3$$

c) Volumen de digestión y almacenamiento de lodos (expresado en m³)

$$VD = 70 \times 10^{-3} \times P \times N = 70 \times 10^{-3} \times 5 \text{ años} = 3.5 \text{ m}^3$$

Sumatoria = 31.104 m³ + 3.5 m³ = 34.604 m³ + 17% del aumento de la población hacia 2030 (5.88 m³) = 40.48 m³ de capacidad instalada.

Para lo cual necesita unas dimensiones de 2.0m ancho X 6m largo X 3.0 m alto

d) Volumen de lodos producidos

El volumen de lodos producidos es nulo debido a la observación de trabajo de campo en la muestra estadística representativa.

e) Volumen de natas

0,7 m.

f) Profundidad máxima de espuma sumergida (He, en m)

$$He = 0.7 / 12 \text{ m}^2 = 0.05 = 10 \text{ cm}$$

g) Profundidad libre de espuma sumergida

10 cm.

h) Profundidad libre de lodo (Ho, en m)

$$Ho = 0.82 - 0.26 \times 12 \text{ m}^2 = 2.3 \text{ m}$$

i) Profundidad mínima requerida para la sedimentación (Hs, en m)

$$Hs = Vs/A = 40.48 \text{ m}^3 / 12 = 3.37 \text{ m}$$

j) Profundidad de espacio libre (Hl, en metros)

0.30 m

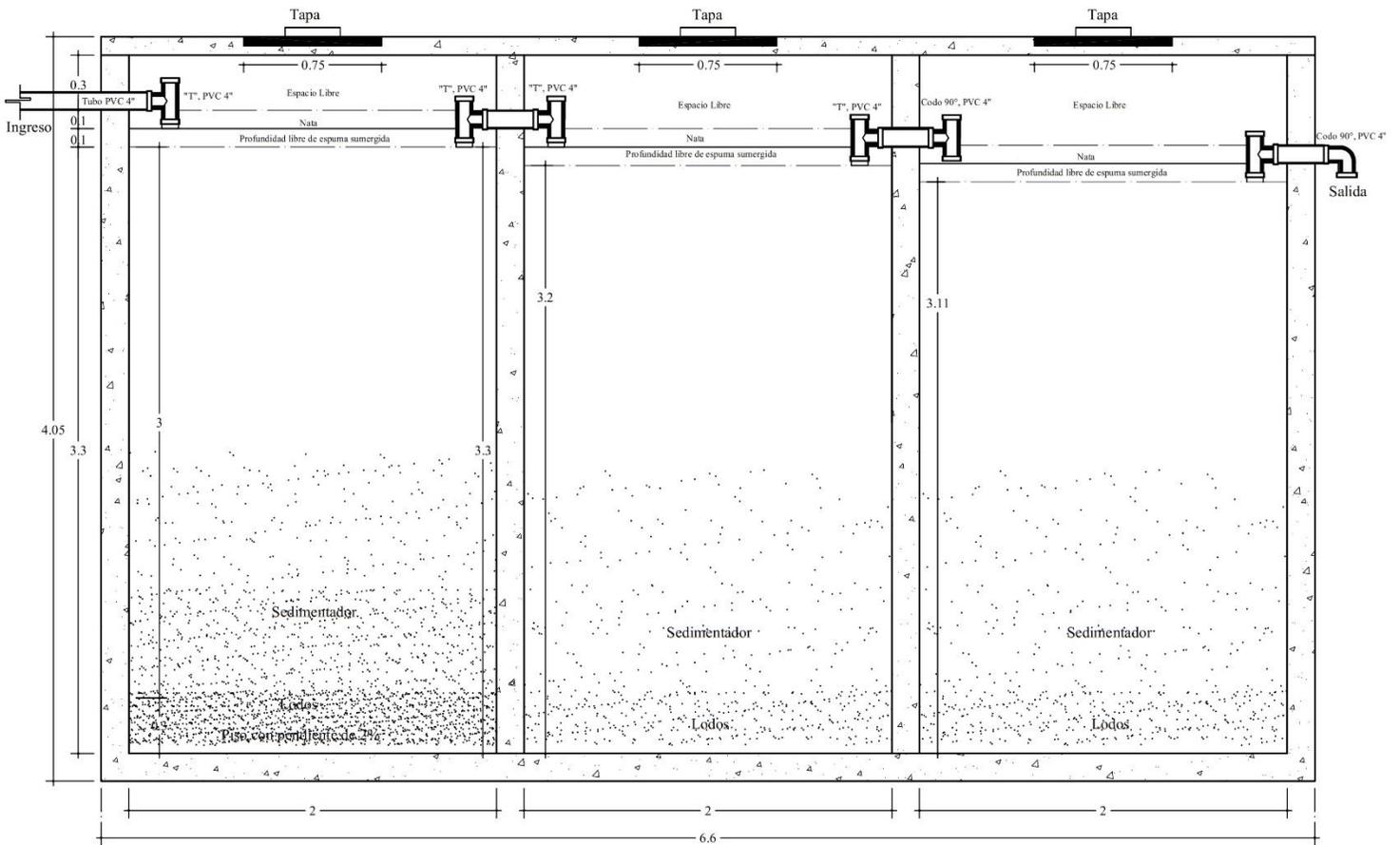
k) Profundidad neta del tanque séptico

He = 0.10 m + Profundidad libre de espuma sumergida 0.10 m + Ho = 2.3 m + Hs = 3.37 m + 0.30 m = **6.17 m**

Una vez calculados los elementos necesarios para que la cisterna séptica funcione, se hace la propuesta para los 5 puntos de descarga de efluentes residuales del tercer rango. Es decir, una cisterna de tratamiento de aguas residuales urbanas con capacidad instalada de 40.48 m³, tomando en cuenta un porcentaje del 17% de acuerdo a las proyecciones de aumento de población hacia 2030, capacidad suficiente para satisfacer las necesidades en materia de tratamiento durante 10 años, ver figura 83.

Figura 83

Prototipo de Cisterna séptica para los puntos de descarga del tercer rango

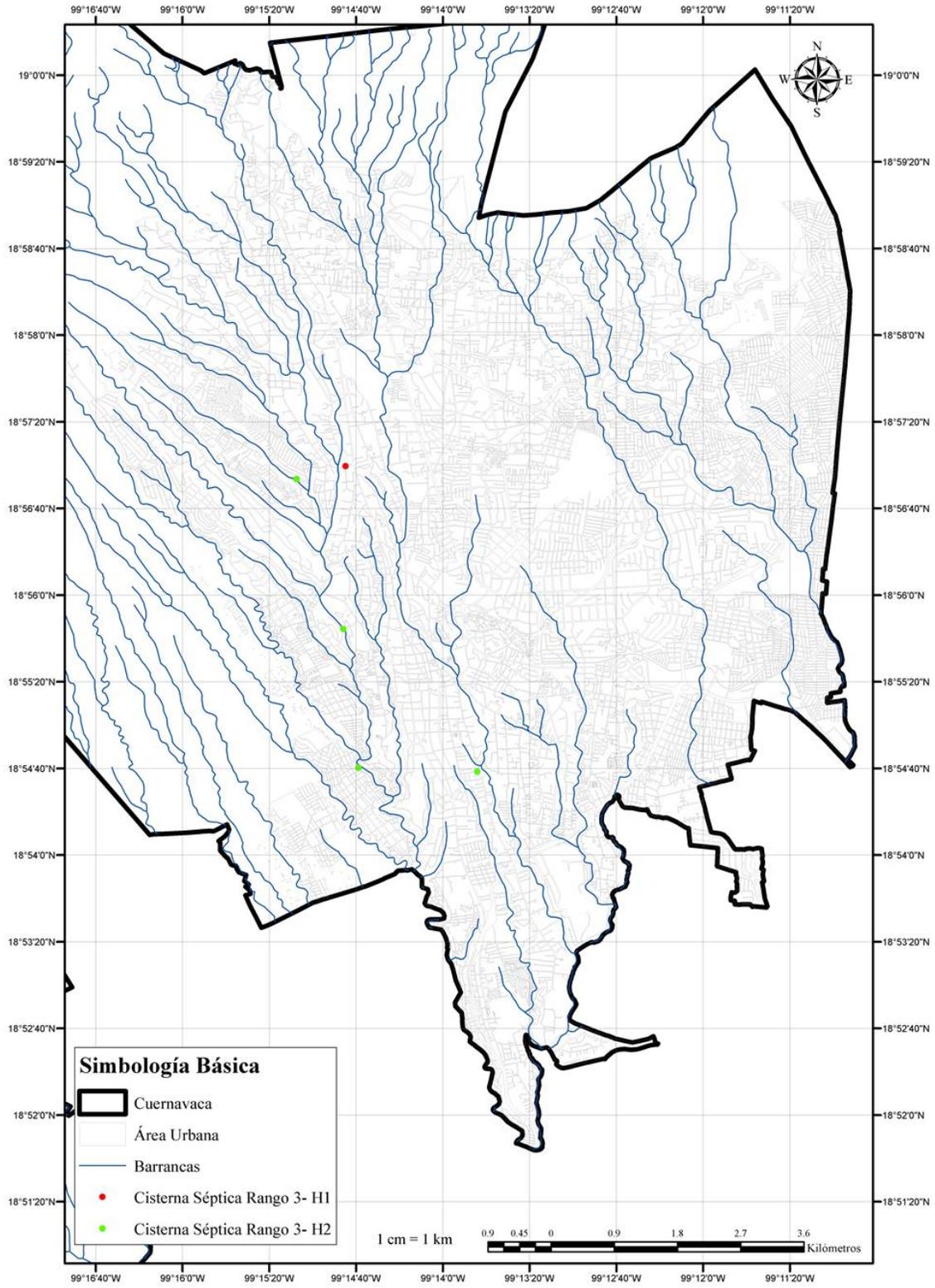


Fuente Elaboración propia con datos de Organización panamericana de la salud, 2005.

Además, se georreferencian los puntos que necesitan estas cisternas de tratamiento, ver figura 84.

Figura 84

Cuernavaca, 2018. Localización de los prototipos de Cisternas sépticas del Rango 3



Fuente: Elaboración propia con datos propios; SAPAC, 2008; INEGI, 2016b.

11.4.4. Calculo del Prototipo de Cisterna séptica del cuarto rango

El cálculo del prototipo de cisterna de tratamiento del cuarto rango se calcula tomando en cuenta un gasto de 11 l/s. Por tanto, el cálculo es el siguiente:

a) Periodo de retención hidráulica (PR, en días)

$$PR = 1.5 - 0.3 \log (P \times Q) = 1.5 - 0.3 \log (950,400 \text{ l/día}) = 6 \text{ días}$$

b) Volumen requerido para la sedimentación (expresado en m³)

$$VS = 10^{-3} (P \times Q) \times PR = 10^{-3} (950,400) \times 6 \text{ días} = 57,024 \text{ litros} = 57.024 \text{ m}^3$$

c) Volumen de digestión y almacenamiento de lodos (expresado en m³)

$$VD = 70 \times 10^{-3} \times P \times N = 70 \times 10^{-3} \times 5 \text{ años} = 3.5 \text{ m}^3$$

Sumatoria = 57.024 + 3.5 m³ = 60.52m³ + 17% del aumento de la población hacia 2030 (10.28 m³) = 70.80 m³ de capacidad instalada.

Para lo cual necesita unas dimensiones de 3.0m ancho X 8m largo X 3.0 m alto

d) Volumen de lodos producidos

El volumen de lodos producidos es nulo debido a la observación de trabajo de campo en la muestra estadística representativa.

e) Volumen de natas

$$0,7 \text{ m.}$$

f) Profundidad máxima de espuma sumergida (He, en m)

$$He = 0.7 / 8 \text{ m}^2 = 0.0875 = 10 \text{ cm}$$

g) Profundidad libre de espuma sumergida

$$10 \text{ cm.}$$

h) Profundidad libre de lodo (Ho, en m)

$$Ho = 0.82 - 0.26 \times 24 \text{ m}^2 = 5.42 \text{ m}$$

i) Profundidad mínima requerida para la sedimentación (Hs, en m)

$$Hs = Vs/A = 70.80 \text{ m}^3/24 = 2.95 \text{ m}$$

j) Profundidad de espacio libre (Hl, en metros)

$$0.30 \text{ m}$$

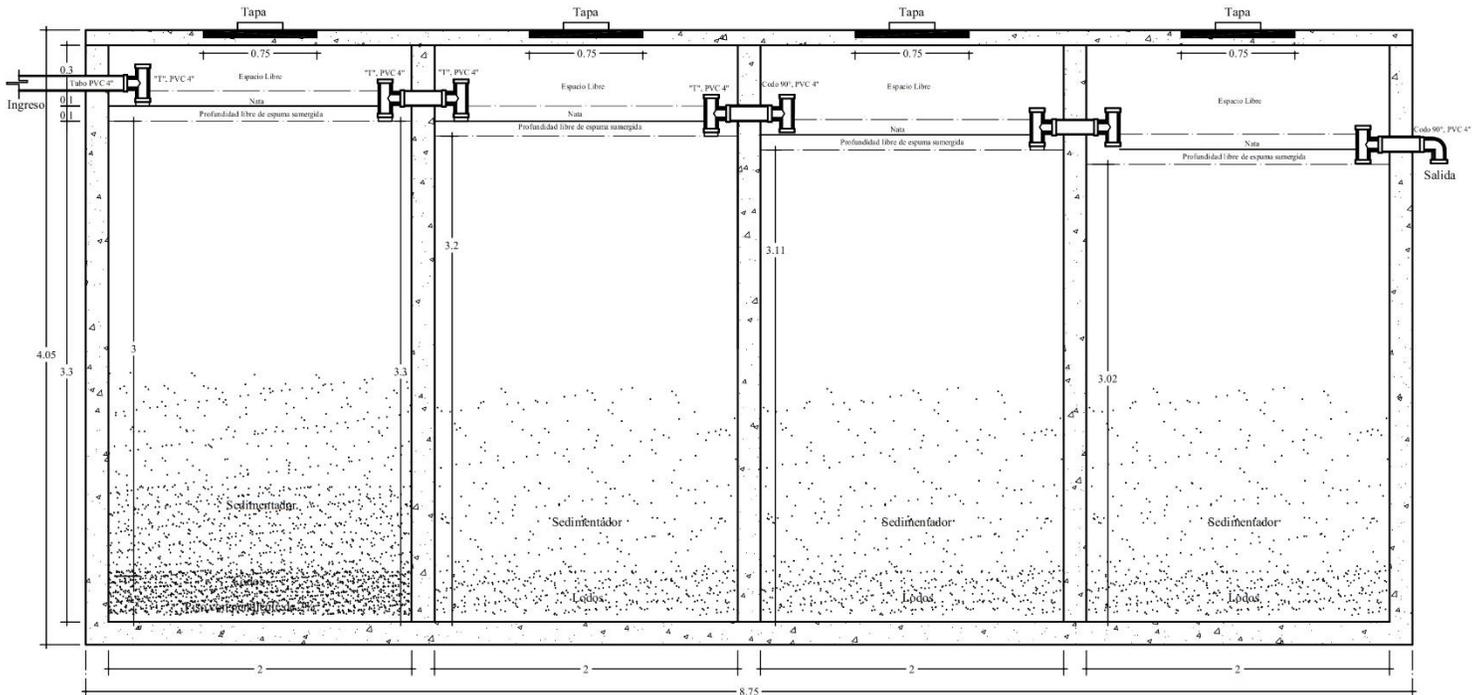
k) Profundidad neta del tanque séptico

$$He = 0.10 \text{ m} + \text{Profundidad libre de espuma sumergida } 0.10 \text{ m} + Ho = 5.42 \text{ m} + Hs = 2.95 \text{ m} + 0.30 \text{ m} = 8.87 \text{ m}$$

Derivado del cálculo de los elementos necesarios para que la cisterna séptica funcione, se aterriza la propuesta para los 9 puntos de descarga de efluentes residuales del cuarto rango. Esta es una cisterna de tratamiento de aguas residuales urbanas con capacidad instalada de 70.80 m³, tomando en cuenta 17% de aumento de población hacia 2030. Tal prototipo tiene capacidad suficiente para satisfacer las necesidades en materia de tratamiento durante 10 años, ver figura 85.

Figura 85

Prototipo de Cisterna séptica para los puntos de descarga del cuarto rango

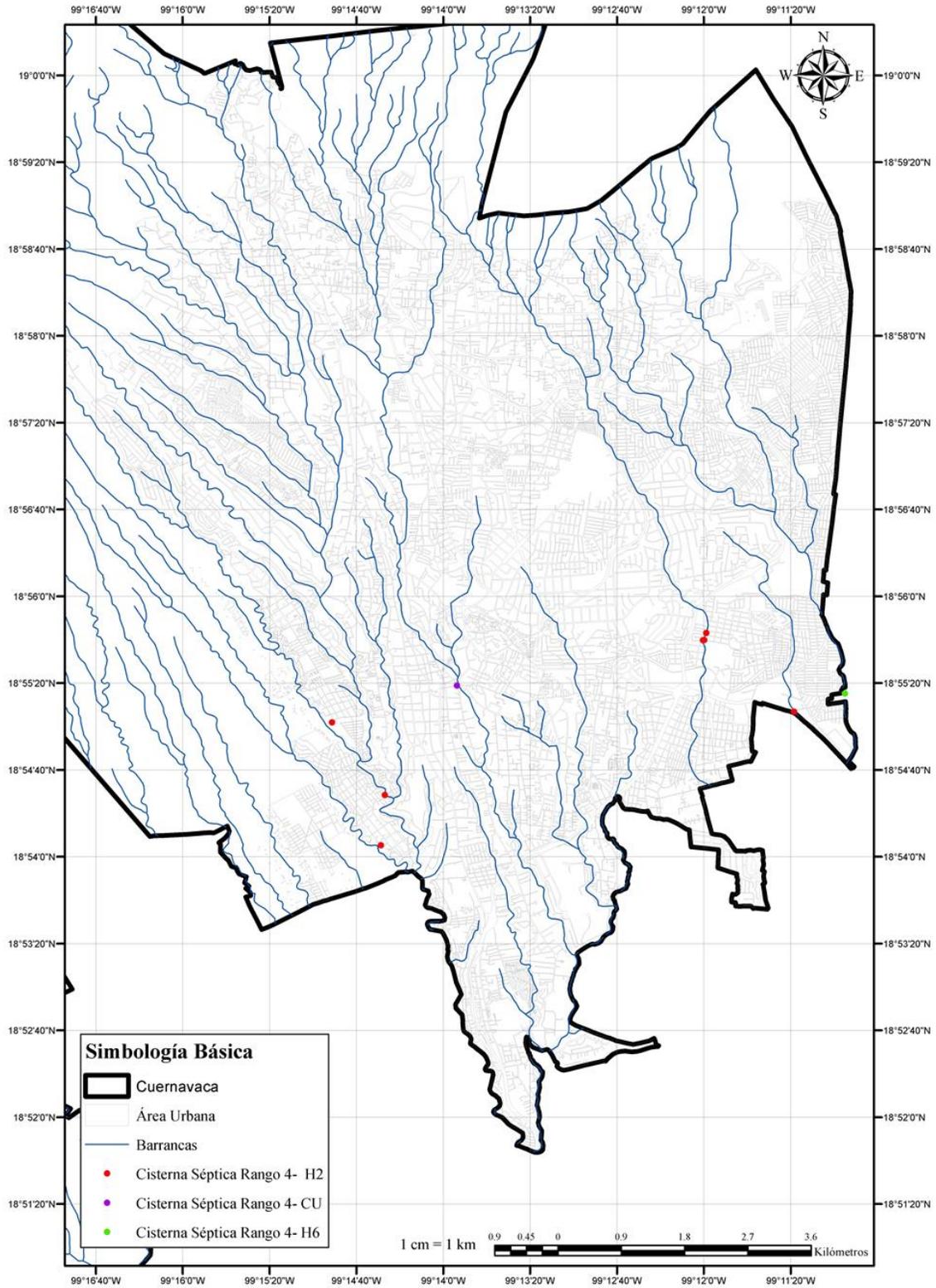


Fuente Elaboración propia con datos de Organización panamericana de la salud, 2005.

Al mismo tiempo, se georreferencian los puntos que necesitan estas cisternas de tratamiento, ver figura 86.

Figura 86

Cuernavaca, 2018. Localización de los prototipos de Cisternas sépticas del Rango 4



Fuente: Elaboración propia con datos propios; SAPAC, 2008; INEGI, 2016b.

11.4.5. Valoración económica del TAR-F3

Derivado del análisis de la fase tres, la cual demanda cierta cantidad de cisternas sépticas de carácter municipal, se anexa un cálculo económico para su construcción.

La estimación del costo de construcción, se realizó en términos de mano de obra, incluyendo los conceptos arquitectónicos de obra tales como; desyerbe y limpieza del terreno, trazo y nivelación, excavación, cimentación, firmes, castillos, cadenas, muros, aplanados, acarreos, losa e instalación sanitaria. Además, los costos de mano de obra se fijaron con base en el tabulador de precios unitarios de la Ciudad de México, 2018.

No obstante, hay que señalar que esto es un ejercicio de estimación y necesita de un análisis mucho más profundo en el cual se adhiera un factor de expansión, tomando en cuenta que la construcción de los prototipos de fosas sépticas se encuentran en condiciones diferenciadas.

La valoración económica de los prototipos de tratamiento en los cuatro rangos sugeridos se desglosa en las tablas siguientes, ver tabla 21, 22, 23, 24.

Tabla 21

Valoración económica de las cisternas sépticas del Rango 1

Concepto	Unidades	M2, MLO M3	M2,ML o M3 xUnidades	PU CDMX (pesos)	Clave	Total (\$)	Fosas necesarias
Desyerbe del Terreno	1.00	6.93	6.93	7.46	BC12B	51.70	50.00
Trazo y nivelación	1.00	6.93	6.93	5.65	AF13DD	39.15	
Excavación	1.00	6.93X0.75	6.93	101.07	BF13BB	700.42	
Cimentación	1.00	6.93	6.93	200.00	DB12C	1,386.00	
Firme	1.00	6.93	6.93	133.73	GH12BB	926.75	
Cadenas de cerramiento	1.00	11.30	11.30	412.00	GC31L	4,655.60	
Muros de Tabique	5.00	9.60	9.60	253.76	GC16B	2,436.10	
Castillos	6.00	2.25	13.50	238.99	GC31J	3,226.37	
Aplanados	1.00	21.45	21.45	97.58	GH15CB	2,093.09	
Losa	1.00	6.93	6.93	300.00	N/A	2,079.00	
Colocacion de tapas	1.00	1.00	1.00	100.00	N/A	100.00	
Conexión Sanitaria	5.00	5.00	5.00	69.02	HB12EE	345.10	
Total						18,039.27	

Fuente: Elaboración propia con datos del Tabulador de precios unitarios de la CDMX, 2018

Tabla 22

Valoración económica de las cisternas sépticas del Rango 2

Concepto	Unidades	M2, ML O M3	M2,ML o M3 x Unidades	PU CDMX (pesos)	Clave	Total (\$)	Fosas necesarias
Desyerbe del Terreno	1.00	9.89	9.89	7.46	BC12B	73.78	
Trazo y nivelación	1.00	9.89	9.89	5.65	AF13DD	55.88	
Excavación	1.00	9.89	7.41	101.07	BF13BB	748.93	
Cimentación	1.00	9.89	9.89	200.00	DB12C	1,978.00	
Firme	1.00	9.89	9.89	133.73	GH12BB	1,322.59	
Muros de Tabique	5.00	28.35	28.35	253.76	GC16B	7,194.10	10.00
Cadenas de cerramiento	5.00	15.20	15.20	412.00	GC31L	6,262.40	
Castillos	6.00	2.25	13.50	238.99	GC31J	3,226.37	
Aplanados	1.00	28.35	28.35	97.58	GH15CB	2,766.39	
Losa	1.00	9.89	9.89	300.00	N/A	2,967.00	
Colocacion de tapas	1.00	1.00	1.00	100.00	N/A	100.00	
Conexión Sanitaria	5.00	5.00	5.00	69.02	HB12EE	345.10	
Total						27,040.53	270,405.30

Fuente: Elaboración propia con datos del Tabulador de precios unitarios de la CDMX, 2018.

Tabla 23

Valoración económica de las cisternas sépticas del Rango 3

Concepto	Unidades	M2, ML O M3	M2,ML o M3 x Unidades	PU CDMX (pesos)	Clave	Total (\$)	Fosas necesarias
Desyerbe del Terreno	1.00	14.49	14.49	7.46	BC12B	108.10	
Trazo y nivelación	1.00	14.49	14.49	5.65	AF13DD	81.87	
Excavación	1.00	10.86	10.86	101.07	BF13BB	1,097.62	
Cimentación	1.00	14.49	14.49	101.07	BF13BB	1,464.50	
Firme	1.00	14.49	14.49	133.73	GH12BB	1,937.75	
Muros de Tabique	6.00	83.43	83.43	253.76	GC16B	21,171.20	5.00
Cadenas de cerramiento	1.00	21.20	21.20	412.00	GC31L	8,734.40	
Castillos	8.00	4.05	32.40	238.99	GC31J	7,743.28	
Aplanados	1.00	83.43	83.43	97.58	GH15CB	8,141.10	
Losa	1.00	14.49	14.49	300.00	N/A	4,347.00	
Colocacion de tapas	1.00	1.00	1.00	100.00	N/A	100.00	
Conexión Sanitaria	7.00	7.00	7.00	69.02	HB12EE	483.14	
Total						55,409.95	277,049.74

Fuente: Elaboración propia con datos del Tabulador de precios unitarios de la CDMX, 2018.

Tabla 24

Valoración económica de las cisternas sépticas del Rango 4

Concepto	Unidades	M2, ML O M3	M2,ML o M3 x Unidades	PU CDMX (pesos)	Clave	Total (\$)	Fosas necesarias
Desyerbe del Terreno	1.00	27.39	27.39	7.46	BC12B	204.33	
Trazo y nivelación	1.00	27.39	27.39	5.65	AF13DD	154.75	
Cimentación	1.00	27.39	27.39	101.07	BF13BB	2,768.31	
Excavación	1.00	27.39	27.39	101.07	BF13BB	2,768.31	
Firme	1.00	27.39	27.39	133.73	GH12BB	3,662.86	
Cadenas de cerramiento	1.00	32.00	32.00	412.00	GC31L	13,184.00	
Muros de Tabique	7.00	127.98	127.98	253.76	GC16B	32,476.20	9.00
Castillos	10.00	4.05	40.50	238.99	GC31J	9,679.10	
Aplanados	1.00	255.96	255.96	97.58	GH15CB	24,976.58	
Losa	1.00	27.39	27.39	300.00	N/A	8,217.00	
Colocacion de tapas	1.00	1.00	1.00	100.00	N/A	100.00	
Conexión Sanitaria	9.00	9.00	9.00	69.02	HB12EE	621.18	
Total						98,812.62	889,313.57

Fuente: Elaboración propia con datos del Tabulador de precios unitarios de la CDMX, 2018.

En resumen, la tercera fase del tratamiento de los efluentes residuales de Cuernavaca, particularmente del emplazamiento de las 74 cisternas sépticas tiene un costo estimado en poco menos de 2 millones de pesos, ver tabla 25.

Tabla 25

Síntesis del costo de construcción de las 74 cisternas sépticas

Rango	Fosas necesarias	% Caudal intervenido	\$ (pesos)
Rango 1	50	10%	901,963.42
Rango 2	10	11.99%	270,405.30
Rango 3	5	20.45%	277,049.74
Rango 4	9	57.03%	889,313.57
Total	74	100%	2,338,732.03

Fuente: Elaboración propia con datos del Tabulador de precios unitarios de la CDMX, 2018.

De hecho, el desglose de cisternas sépticas necesarias, caudal intervenido y costo por construcción en los 4 rangos sugeridos, permite seleccionar y atender el problema de acuerdo a las capacidades y exigencias necesarias. En otras palabras, la tabla refleja que al atender el rango uno, solo se estaría contrarrestando el 10% del efluente generado, pero con un costo de poco más de 900 mil pesos. Por el contrario, el costo de construcción de las fosas necesarias para el rango 4 es similar al primero, a diferencia que en este atendería cerca del 60% del caudal generado. Si bien es cierto, las características y demandas de cada rango son diferenciadas, en su momento todos los puntos de descarga merecen de atención.

Al mismo tiempo, la muestra estadística representativa permite estimar el valor económico del grupo total, con una alta precisión. Es decir, sabiendo que el número total de puntos de descarga es 311 e infiriendo los datos de la valoración económica en los 74 puntos muestreados, el resultado general es de 9, 828,995.42 pesos, por la intervención sugerida en materia de infraestructura de tratamiento en el municipio de Cuernavaca.

Resulta necesario señalar, que los costos por la intervención de los 74 puntos muestreados, equivalen al 20% del precio de construcción de la planta de tratamiento Lázaro Cárdenas, la cual se calcula en poco más de 10 millones de pesos, pero que a propósito, no está en funcionamiento (CEAMA y Gobierno del Estado de Morelos, 2006-2012). Incluso, tomando en cuenta el costo total de intervención para los 311 puntos de descarga de la ciudad, esta cantidad sería suficiente, pero con una reducción de cerca del 80% de lodos vertidos a las barrancas, mitigando en gran medida la contaminación y reduciendo los efectos generados.

Por tanto, la elección de algún prototipo en particular tendría la capacidad de atención de un volumen mayor y un costo menor, lo cual representa precisamente una propuesta viable en términos de inversión y eficiencia

11.5. Conclusiones

Ante un panorama donde las aguas residuales en Cuernavaca no reciben tratamiento, pero sobre todo que estas son vertidas directamente hacia las barrancas más cercanas, el plan TARC-3F, es una propuesta que podría mejorar las condiciones de generación y tratamiento de efluentes residuales en la ciudad de Cuernavaca. De hecho, esta propuesta tendría la capacidad de reducir hasta en un 80% la cantidad de contaminante arrojado a los cuerpos de agua dulce del municipio, pero sobre todo mitigando los efectos en términos ambientales e incluso en cuestiones de salud y bienestar humano. Es posible mencionar que derivado de una condición diferenciada en términos de marginalidad social, esta propuesta sería capaz de mitigar los costos generados principalmente en las viviendas cercanas a los puntos de descarga, a un costo menor comparado con el precio por tratamiento de enfermedades que puede alcanzar los 765 millones de pesos. Tal propuesta se encuentra en un rango menor en términos de presupuesto y es consistente con respecto a las plantas de tratamiento construidas y que a propósito no están en funcionamiento, pero siendo capaces de reducir los costos de mantenimiento hasta por 5 años y contemplando un incremento población de poco menos del 20%. En general, el plan es una intervención integral que tiene como objetivo

mitigar y reducir los efectos generados por verter agua residual sin tratamiento hacia las corrientes de agua en la ciudad de manera inclusiva y a menor costo.

12. Conclusiones generales

Entre los factores más importantes de la crisis ambiental analizada, se reconoce el creciente problema de la falta de disponibilidad de agua, pero al mismo tiempo, la tasa de contaminación del recurso que en gran medida no dispone de tratamiento y cuyos efectos multidimensionales son reconocidos, además de representar un particular estatus de vulnerabilidad en el hemisferio sur. No disponer de agua o hacerlo con algún nivel de contaminación representa efectos en la nutrición y la salud de la población en general. En este sentido, las condiciones de recuperación y tratamiento de aguas residuales adolecen de estrategias funcionales para el grueso de los entornos urbanos subdesarrollados, los cuales son cerca de tres veces menores que aquellos de su contraparte desarrollada, con sus consecuentes impactos sociales y ambientales.

De hecho, el paradigma existente no reconoce o no quiere reconocer la necesidad de tratar el efluente residual, por el contrario, lo canaliza a través de una infraestructura que direcciona el caudal hacia fuentes naturales. Al mismo tiempo, las estrategias de mitigación de dichos impactos no cuentan con los recursos suficientes para enfrentarlos; de ello, el incremento de la morbilidad implica efectos más graves para los sectores sociales polarizados, es decir, para la porción de la población con los índices más altos de marginación. En este sentido, el equipamiento y la infraestructura para canalizar, tratar, reutilizar o incluso reciclar es menor, para una creciente expansión del territorio de las ciudades subdesarrolladas, es decir, se adolece de las condiciones urbanísticas que podrían hacer las veces de agentes de mitigación de la crisis en salud o alimentación, en tratamiento de enfermedades o en el pago mismo de medicina. Por tanto, la revisión del estatus de dicha capacidad de manejo de los residuos líquidos es central para enfrentar tales desequilibrios.

Considerando el diagnóstico del estatus de contaminación de las fuentes superficiales de agua en la ciudad de Cuernavaca, es posible recuperar los siguientes elementos a la luz de una condición generalizada de tratamiento del problema a nivel global; las aguas residuales urbanas registran volúmenes a nivel nacional para los que todavía no existe una cobertura suficiente respecto el total generado, lo cual es consistente para la ciudad de Cuernavaca; en esta se estima un volumen vertido a las barrancas de poco más de 15 millones de m³/año, equivalente al 70% del agua extraída-consumida, pero generando efectos en la salud de las personas que se encuentran próximas a las descargas urbanas, con un costo calculado que podría alcanzar los 765 millones de pesos anuales

Al mismo tiempo, resulta pertinente subrayar que si bien existe una red pública de recolección del agua, esta no tiene como fin último un tratamiento, es decir, es posible identificar una canalización, pero sin el tratamiento adecuado para evitar la contaminación al ser vertida a los efluentes naturales. Debido a ello, es posible observar que se reconoce efectivamente el conflicto de la falta de tratamiento, pero no se le otorga un peso importante en la gestión y cuidado del recurso, ya que en general, la política pública respecto al bien, se sintetiza en aspectos de distribución particularmente para las etapas de extracción y aprovechamiento, más en el caso de su desecho, no se contempla el reciclado, la reutilización o la recuperación del mismo, para los diferentes propósitos urbanos.

Esto implica que a pesar de que exista infraestructura de drenaje, esta solo funciona como medio de transporte y canal que dirige los residuos líquidos urbanos hacia alguna fuente natural, como es el caso de las barrancas de Cuernavaca. De hecho, es práctica habitual que estos desechos sean vertidos a las fuentes naturales de agua superficial, omitiendo y reduciendo los costos de tratamiento, aunque con ello aumenten los costos en materia de salud ambiental y además, hace susceptible la salud humana, agudizada esta última en los sectores de mayor vulnerabilidad económica.

Es necesario atender la contaminación del agua por efluentes residuales a través de un tratamiento adecuado antes de su descarga; en este sentido, aumentar el porcentaje de tratamiento en las plantas tratadoras pareciera una posibilidad, pero tomando en cuenta que el grueso de las plantas de en la ciudad no función, la tarea parece difícil. También, es preciso mencionar que la topografía accidentada del municipio de Cuernavaca dificulta la construcción de una sola red existente que dirija los residuos urbanos hacia las plantas de tratamiento. De ahí la importancia del trabajo mismo, ya que la contaminación en las barrancas de Cuernavaca es susceptible de ser atendida como resultado del análisis de los 74 puntos seleccionados en la muestra representativa, pero principalmente en los 311 de la ciudad. Esto, con base en medidas de tratamiento de carácter público o independiente con tecnologías para tratar el caudal generado, evidenciado en las gráficas antes mencionadas; ya que muestran la ubicación precisa de los caudales que generan mayor o menor cantidad de efluente. Aunado a ello, la intervención educativa en la población o regulaciones urbanísticas concretas en los programas urbanos, son centrales para completar estrategias multidimensionales en las que se aborde un esquema de prevención ambiental desde la preparación misma de la infraestructura urbana, es decir, con proyectos que sean resultado de

metodologías científicas capaces de interpretar los efectos en el sentido social y económico y con ello reducir los conflictos de aglomeración de las ciudades.

Es posible observar que la propuesta diferenciada de plantas de tratamiento implica el reconocimiento de las condiciones económicas de la sociedad habitando en sitios con disparidades estructurales, a las cuales se suma la ausencia de un tratamiento menor de los efluentes que afecta directamente su salud, a pesar de su imposibilidad de atención. Revisar técnicamente una serie de soluciones para mitigar la contaminación implica a la luz de la evidencia, integrar perspectivas económicas que den cuenta de dicha condición de polarización; la determinación para su instrumentación requiere un equilibrio entre estos elementos y su correspondencia social participativa, de otra forma, el paradigma de no tratar el 80% de las aguas residuales se cumple para dejar una serie de impactos negativos en la población de las regiones subdesarrolladas.

Finalmente, el papel de esta investigación más allá de proponer una medida concreta que haga las veces de sabia y tener todas las respuesta, es una plataforma y un espejo en el cual la participación de las múltiples áreas de conocimiento puedan basarse para seguir generando nuevo conocimiento a través de una visión integral. Sin duda, en esta investigación, se palpan elementos que son susceptibles de ser mejorados e incluso de ser complementados, con la participación de diferentes lenguajes con vía hacia un mismo objetivo; complementar la investigación con temas de análisis químico del agua residual en los puntos de descarga, dinámicas de interacción entre personas y residuos líquidos, cuestiones de género, confirmar la incidencia de los efluentes residuales en enfermedades intestinales y dengue, analizar lo impactos reflejados en la agricultura del estado de Morelos, por utilizar agua contaminada de los ríos para regar cultivos; son entre otros, factores que son dignos de seguir investigando.

13. Índice de figuras

Figura 1	Destino de las extracciones de agua dulce: consumo y generación de aguas residuales a nivel mundial por sector principal de uso de agua	41
Figura 2	Ubicación de Cuernavaca	47
Figura 3	Cuernavaca, 1998. Unidades climáticas	48
Figura 4	Cuernavaca, 2017. Unidades Climáticas	49
Figura 5	Morelos, 2016. Distribución poblacional por municipio	50
Figura 6	Cuernavaca 2010-2030. Proyección de crecimiento poblacional	52
Figura 7	Morelos, 2010. Disponibilidad de excusado y admisión de agua según disponibilidad de drenaje	53
Figura 8	Cuernavaca, 2010. Disponibilidad de excusado y admisión de agua según disponibilidad de drenaje	54
Figura 9	Cuernavaca, 2010. Viviendas por colonia que no cuentan con excusado	55
Figura 10	Morelos, 2010. Distribución y disponibilidad de agua	56
Figura 11	Cuernavaca, 2010. Distribución y disponibilidad de agua	57
Figura 12	Morelos-Cuernavaca, 2010. Distribución y disponibilidad de agua	58
Figura 13	Cuernavaca, 2010. Viviendas por colonia que no cuentan con agua entubada	59
Figura 14	Cuernavaca, 2018. Inversión en obra pública de la SAPAC	60
Figura 15	Cuernavaca, 2016. Porcentaje de tomas con servicio continuo de agua	62
Figura 16	Cuernavaca, 2016. Consumo de agua por habitante al día	64
Figura 17	Cuernavaca, 2018. Millones de litros de agua perdidos por cada kilómetro de red	65
Figura 18	Morelos, 2010. Disposición de drenaje y lugar de desalojo	66
Figura 19	Cuernavaca, 2010. Viviendas particulares que disponen de drenaje o lugar de desalojo	67
Figura 20	Morelos-Cuernavaca, 2010. Disposición de drenaje y lugar de desalojo	68
Figura 21	Cuernavaca, 2010. Viviendas por colonia que no cuentan con drenaje	69
Figura 22	Cuernavaca, 2018. Localización de las plantas de tratamiento en Cuernavaca	70
Figura 23	Cuernavaca, 2018. Localización de la red que se conecta a una planta de tratamiento	72
Figura 24 y 25	Cuernavaca, 2018. Planta de tratamiento de Lomas de Ahuatlan	73
Figura 26	Cuernavaca, 2018. Líneas de drenaje municipal y puntos de descarga localizados	76
Figura 27	Cuernavaca, 2018. Detalle de Hoya de la red de drenaje de Cuernavaca	77
Figura 28	Cuernavaca, 2018. Uso de suelo de Cuernavaca	79
Figura 29	Cuernavaca, 2018. Puntos de descarga por uso de suelo	80
Figura 30	Cuernavaca, 2018. Localización de puntos de descarga del uso de suelo H05	81
Figura 31	Cuernavaca, 2018. Localización de puntos del uso de suelo H2	82
Figura 32	Cuernavaca, 2018. Localización de puntos del uso de suelo H1	83
Figura 33	Cuernavaca, 2018. Localización de puntos del uso de suelo H4	84
Figura 34	Cuernavaca, 2018. Localización de puntos del uso de suelo H6	85

Figura 35	Cuernavaca, 2018. Localización de puntos del uso de suelo CU	86
Figura 36	Cuernavaca, 2018. Localización de puntos del uso de suelo Comercial	87
Figura 37	Cuernavaca, 2008. Grado de marginación por AGEB y puntos de descarga de agua residual	90
Figura 38	Cuernavaca, 2018. Viviendas por grado de marginación	91
Figura 39	Cuernavaca, 2018. Viviendas emplazadas en límite federal de rivera	94
Figura 40	Cuernavaca, 2018. Viviendas emplazadas en límite federal de rivera	97
Figura 41,42,43,44,45,46 y 47	Descargas por uso de suelo	95-96
Figura 48	Cuernavaca, 2018. Puntos seleccionados al azar por uso de suelo	100
Figura 49	Muestreo en campo	102
Figura 50	Muestreo en campo	102
Figura 51	Muestreo en campo	102
Figura 52	Cuernavaca, 2018. Puntos seleccionados al azar con grado de riesgo social	103
Figura 53	Asentamientos irregulares de Cuernavaca	104
Figura 54	Cuernavaca, 2018. Caudal de puntos del uso de suelo Comercial	106
Figura 55	Cuernavaca, 2018. Caudal de puntos del uso de suelo Centro Urbano	107
Figura 56	Cuernavaca, 2018. Caudal de puntos del uso de suelo H1	108
Figura 57	Cuernavaca, 2018. Caudal de puntos del uso de suelo H2	109
Figura 58	Cuernavaca, 2018. Caudal de puntos del uso de suelo H4	110
Figura 59	Cuernavaca, 2018. Caudal de puntos del uso de suelo H05	111
Figura 60	Cuernavaca, 2018. Caudal de puntos del uso de suelo H6	112
Figura 61	Cuernavaca, 2018. Caudal calculado, por uso de suelo y punto seleccionado al azar	113
Figura 62	Cuernavaca, 2018. Usos de suelo que mayor caudal generan, por punto seleccionado al azar	115
Figura 63	Cuernavaca, 2018. Usos de suelo que menor caudal generan, por puntos seleccionado al azar	115
Figura 64	Ubicación de los Centros de Salud en Cuernavaca	122
Figura 65	Cuernavaca, 2018. Morbilidad por tipo de padecimiento en Cuernavaca	123
Figura 66	Cuernavaca, 2018. Enfermedades intestinales por Centro de Salud con rango de atención	124
Figura 67	Cuernavaca, 2018. Padecimientos de enfermedades intestinales	125
Figura 68	Enfermedades intestinales por Centro de Salud con rango de atención y puntos de descarga de agua residual	128
Figura 69	Enfermedades intestinales por Centro de Salud localizadas por uso de suelo, con rango de atención y puntos de descarga de agua residual	130
Figura 70	Enfermedades intestinales por Centro de Salud localizadas por uso de suelo y puntos de descarga de agua residual	132
Figura 71	Puntos, enfermedades y condición por marginalidad	134

Figura 72	Plan TARC-4F	138
Figura 73	Método del clarificador con agua de la lavadora	140
Figura 74	Prototipo de fosa séptica doméstica	145
Figura 75	Cuernavaca, 2018. Puntos de descarga dentro del Rango 1	147
Figura 76	Cuernavaca, 2018. Puntos de descarga dentro del Rango 2	147
Figura 77	Cuernavaca, 2018. Puntos dentro del Rango 3	148
Figura 78	Cuernavaca, 2018. Puntos dentro del Rango 4	148
Figura 79	Prototipo de Cisterna séptica para los puntos de descarga del primer rango	154
Figura 80	Cuernavaca, 2018. Localización de los prototipos de Cisternas sépticas del Rango 1	155
Figura 81	Prototipo de Cisterna séptica para los puntos de descarga del segundo rango	157
Figura 82	Cuernavaca, 2018. Localización de los prototipos de Cisternas sépticas del Rango 2	158
Figura 83	Prototipo de Cisterna séptica para los puntos de descarga del tercer rango	160
Figura 84	Cuernavaca, 2018. Localización de los prototipos de Cisternas sépticas del Rango 3	161
Figura 85	Prototipo de Cisterna séptica para los puntos de descarga del cuarto rango	163
Figura 86	Cuernavaca, 2018. Localización de los prototipos de Cisternas sépticas del Rango 4	164

14. Índice de tablas

Tabla 1	Distribución y volúmenes de agua en el planeta	40
Tabla 2	Cuernavaca, 2010. Distribución por tipo y clase de vivienda	51
Tabla 3	Cuernavaca, 2016. Calificación de servicios básicos por Z-M	61
Tabla 4	Cuernavaca, 2018. Disposición del agua en Cuernavaca	64
Tabla 5	Cuernavaca, 2018. Características de las plantas de tratamiento de aguas residuales por el SAPAC	71
Tabla 6	Cuernavaca, 2018. Característica de las plantas de tratamiento con datos de SAPAC y datos propios	74
Tabla 7	Cuernavaca, 2018. Distribución de puntos de descarga por uso de suelo y extensión territorial	88
Tabla 8	Viviendas categorizadas por grado de marginalidad y puntos de descarga	92
Tabla 9	Cuernavaca, 2010. Distribución porcentual de la muestra representativa y usos de suelo	99
Tabla 10	Cuernavaca, 2018. Promedio del caudal por uso de suelo	114
Tabla 11	Cuernavaca, 2018. Equivalencia entre agua extraída y aguas residuales generadas	116
Tabla 12	Cuernavaca, 2018. Morbilidad por tipo de padecimiento en Centro de Salud Ahuatepec	124
Tabla 13	Cuernavaca, 2018. Correlación entre dos variables tomando en cuenta el rango de atención de cada centro de salud	127
Tabla 14	Correlación entre dos variables tomando en cuenta el rango de atención de cada centro de salud y la ubicación por uso de suelo	129
Tabla 15	Cuernavaca, 2018. Correlación entre dos variables tomando en cuenta los puntos de descarga por uso de suelo y los centros de salud de acuerdo a la ubicación por uso de suelo	131
Tabla 16	Puntos de descarga, enfermedades intestinales y grado de marginalidad	133
Tabla 17	Cuernavaca, 2018. Lugar de disposición de residuos líquidos por viviendas	144
Tabla 18	Cuernavaca, 2018. Construcción de fosas sépticas domesticas por uso de suelo y subsidios	145
Tabla 19	Valoración económica del TARC-2F	146
Tabla 20	Cuernavaca, 2018. Distribución de l/s por rangos	149
Tabla 21	Valoración económica de las cisternas sépticas del Rango 1	165
Tabla 22	Valoración económica de las cisternas sépticas del Rango 2	166
Tabla 23	Valoración económica de las cisternas sépticas del Rango 3	166
Tabla 24	Valoración económica de las cisternas sépticas del Rango 4	167
Tabla 25	Síntesis del costo de construcción de las 74 cisternas sépticas	167

Referencias Bibliográficas

- Aguilar, A. (sin año). *Instrumentación en hidráulica fluvial*. Curso básico de modelación e instrumentación en hidráulica fluvial. Posgrado IMTA-UNAM, p. 3-20. Recuperado de: <https://www.imta.gob.mx/potamologia/images/potamologia/presentaciones/DR.%20ARI OSTO%20AGUI LAR%20CHÁVEZ.pdf>.
- Andrade, A. (2004).” Marco conceptual”. Lineamientos para la aplicación del enfoque eco sistémico a la gestión integral del recurso hídrico. México, capítulo 7.
- Baker and McKenzie, (18 de septiembre de 2013). El que contamina, paga: justicia ambiental en México. Forbes México. Recuperado de: <https://www.forbes.com.mx/el-que-contamina-paga-justicia-ambiental-en-mexico/>
- Batllori, G., Alicia, (2001). *Los problemas ambientales del Estado de Morelos: la educación como parte de la solución*. Gaceta Ecológica, núm. 61, 2001, pp. 47-60.
- Bellamy, F., J., (2000). La ecología de Marx. Materialismo y naturaleza. Traducción de Carlos Martin y Carmen González. España: p. 239.
- Bifani, P. (1997a). Medio ambiente y desarrollo. México: Universidad de Guadalajara. El pensamiento económico y la relación desarrollo medio ambiente. pp. 25-110.
- Bifani, P. (1997b). Medio ambiente y desarrollo. México: Universidad de Guadalajara. El pensamiento económico y la relación desarrollo medio ambiente. pp. 111-174.
- Bifani, P. (2010).” *Globalización, desarrollo sustentable y gobernabilidad*”. La globalización ¿otra caja de pandora?. México, capítulo IX.
- Brown, L., R., 2008. Plan B 3.0. Mobilizing to save civilization. New York: Earth policy institute. Entering a new world. pp. 3-47.

Cámara de diputados del H. Congreso de la Unión, (2016). Ley de aguas nacionales. Texto vigente. Última reforma publicada DOF 24-03-2016. Recuperado de: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16_240316.pdf

Cantoni, R., & Nélica, M. (2009). *Técnicas de muestreo y determinación del tamaño de la muestra en investigación cuantitativa*. Revista Argentina de Humanidades y Ciencias Sociales. Volumen 7, pp.1-5. Recuperado de: https://www.sai.com.ar/metodologia/rahycs/rahycs_v7_n2_06.htm

Centro de Investigación Morelos Rinde Cuentas, (2016). *Del caos a la eficiencia*. Siete propuestas para mejorar el servicio de agua potable y saneamiento en Cuernavaca. Cuernavaca, Morelos. Recuperado de: <http://www.morelosrindecuentas.org.mx/agua/upload/2017/01/estudio.pdf>

Centro de Investigación Morelos Rinde Cuentas, (2018). *SAPAC al borde del colapso*. Plan ciudadano para salvarlo. Cuernavaca, Morelos. Recuperado de: [//www.morelosrindecuentas.org.mx/sapac/upload/sapac-estudio-2018.pdf](http://www.morelosrindecuentas.org.mx/sapac/upload/sapac-estudio-2018.pdf)

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, División de Salud y Ambiente, Organización Panamericana de la Salud, Oficina Sanitaria Panamericana - Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud, (Enero, 2001). *Guía de diseño para captación del agua de lluvia*. Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural (UNATSABAR). Lima. Recuperado de: www.aguasinfronterass.org/PDF/AGUA%20DE%20LLUVIA.pdf

Comisión Estatal del Agua, (2014-2018). *Programa Estatal Hídrico 2014-2018*. pp. 24-30. Recuperado de: https://www.hacienda.morelos.gob.mx/images/docu_planeacion/planea_estrategica/programas_sectoriales/15.PROGRAMA_ESTATAL_HIDRICO.pdf

Comisión Nacional del Agua, (2015). *Situación del subsector agua, drenaje y saneamiento*. México, pp.1-2. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/108998/DSAPAS_2015.pdf

Comisión Nacional del Agua, (2015). *Situación del subsector agua, drenaje y saneamiento*. México, p.11. Recuperado de:
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/108998/DSAPAS_2015.pdf

Comisión Nacional del Agua, (2016). *Situación del subsector agua, drenaje y saneamiento*. México, p.2. Recuperado de:
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/184667/DSAPAS_2016_web_Parte1.pdf

CONABIO, (2012). 'Distribución de la población en México por municipio, 2010', escala: 1:250000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Datos estadísticos del 2010, del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). México D.F.

CONAPO, (2010). Morelos: Proyecciones de población de localidades seleccionadas, 2010-2030. Recuperado del Portal web.

CONAPO, (2010b). Grado de marginación urbana por AGEB. Zona metropolitana de Cuernavaca (Cartografía). México. Recuperado de:
http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/indices_margina/marginacion_urbana/AnexoA/Mapas/15_Zona_Metropolitana_de_Cuernavaca.pdf

FAO, (1987). *Efectos ecológicos de los eucaliptos*. (Estudio número 59) Roma. Recuperado de:
<http://www.fao.org/docrep/016/ap415s/ap415s00.pdf>

FAO, (2016). Sitio web AQUASTAT. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de:
<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html>

Folarody, G., Pierri, N. (2005). "Historia del concepto de desarrollo sustentable". México, Capítulo 2.

Frei Betto (17 de Septiembre de 2012). El 82 por ciento de la riqueza mundial está en manos de un 20 por ciento de la población. Cuba debate. Contra el terrorismo mediático. Recuperado de: <http://www.cubadebate.cu/opinion/2012/09/17/el-82-por-ciento-de-la-riqueza-mundial-esta-en-manos-de-un-20-por-ciento-de-la-poblacion/#.W9KkgPZFzIV>

FURTADO, C., 2014. Teoría política del desarrollo económico. México: Siglo XXI, pp. 127-228

Galeano, R. y Largo, X., (2015). Costos médicos directos del tratamiento de la enfermedad diarreica aguda en niños menores de 5 años en Colombia (Tesis para obtener el título de químico farmacéutico). Recuperado de: repository.udca.edu.co:8080/jspui/bitstream/11158/559/1/TESIS%20FINAL%2022%20febrero%20-2015.pdf

García, E. - Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), (1998). 'Climas' (clasificación de Köppen, modificado por García). Escala 1:1000000. México.

Gobierno del Estado de Morelos y CEAMA, (2006-2012). *Estudio para las manifestaciones de impacto ambiental de las plantas de tratamiento de aguas residuales para el programa de saneamiento integral de la cuenca del río Apatlaco*. Resumen ejecutivo “Planta de tratamiento de aguas residuales Lázaro Cárdenas”. Recuperado de: <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/mor/resumenes/2010/17MO2010HD006.pdf>

Gobierno del Estado de Morelos y Gobierno Municipal de Cuernavaca, (2015). Diagnostico municipal de Cuernavaca 2015. Versión pdf.

Gobierno del Estado de Morelos y Gobierno Municipal de Cuernavaca, (2018 fecha de consulta). *Catastro de Cuernavaca* (Formato SHPS). Construcciones.

Gobierno Municipal de Cuernavaca, (2016-2018). Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Cuernavaca. *Carta Urbana de Cuernavaca*. Recuperado de: http://www.cuernavaca.gob.mx/?page_id=8601

Gobierno del Estado de Morelos y Gobierno Municipal de Cuernavaca, (2018 fecha de consulta). *Catastro de Cuernavaca* (Formato SHPS). Construcciones.

Gutiérrez, A., S., (2014). Sistemas de captación de agua de lluvia. *Captación de agua pluvial una solución ancestral*. IMPLUVIUM. Periódico digital de divulgación de la red de Agua Universidad Autónoma de México.

HARMAN, C. (2008a). Historia mundial del pueblo. Desde la edad de piedra hasta el nuevo milenio. Madrid: AKAL, pp.355-452.

HARMAN, C. (2008). Historia mundial del pueblo. Desde la edad de piedra hasta el nuevo milenio. Madrid: AKAL, pp.452-496.

HARVEY, D. (2012). El enigma del capital y las crisis del capitalismo. Madrid: AKAL. pp. 55-178.

Ibarra, G., Moreno, A. (2012). “La noción de desarrollo sustentable”. La construcción social de una ciudad sustentable. México, Capítulo 2.

INEGI, (2008). Unidades climáticas. Conjunto de datos vectoriales esc. 1:1000000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado del Portal web.

INEGI, (2010a*). Censo de población y vivienda. *Población total por municipio, sexo y grupos quinquenales de edad según tamaño de localidad*. Recuperado del portal web.

INEGI, (2010a). Censo de población y vivienda. *Viviendas particulares habitadas por municipio, disponibilidad de energía eléctrica y agua según disponibilidad de drenaje y lugar de desalojo*. Recuperado del portal web.

INEGI, (2010a). Censo de población y vivienda: Tabulados del cuestionario básico. *Población de 12 años y más por municipio, sexo y grupos quinquenales de edad según condición de actividad económica y de ocupación*. Recuperado del portal web.

INEGI, (2010b). Censo de población y vivienda: Tabulados del cuestionario básico. *Viviendas habitadas y ocupantes por municipio, tipo y clases de vivienda según sexo de los ocupantes*. Recuperado del portal web.

INEGI, (2010c). Censo de población y vivienda: Tabulados del cuestionario básico. *Viviendas particulares habitadas por municipio, disponibilidad de energía eléctrica y agua según disponibilidad de drenaje y lugar de desalojo*. Recuperado del portal web.

INEGI, (2010d). Censo de población y vivienda: Tabulados del cuestionario básico. *Ocupantes de viviendas particulares habitadas por municipio, disponibilidad de excusado y admisión de agua según disponibilidad de drenaje y lugar de desalojo*. Recuperado del portal web.

INEGI, (2010e). Censo de población y vivienda: Tabulados del cuestionario básico. *Viviendas y sus ocupantes según características de las viviendas. Disponibilidad de lavadora: Total*. Recuperado del portal web.

INEGI, (2010f). Censo de población y vivienda: Tabulados del cuestionario básico. *Viviendas particulares habitadas según disponibilidad de bienes en la vivienda*. Recuperado del portal web.

INEGI, (2016a). 'División política estatal 1:250000. 2015', escala: 1:250 000. Edición: 2015.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Obtenido de Cartografía geo estadística urbana y rural amanzanada. Cierre de la Encuesta Intercensal 2015. Aguascalientes, México. Recuperado de:

http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/dest_2015gw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html_xsl&_indent=no

INEGI, (31/05/2016b). 'Áreas geoestadísticas municipales, 2016', escala: 1:250000. Edición: 2016.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México.

INSP, 2016. Programa académico 2016-2017. Instituto Nacional de Salud Pública. Primera edición. México: p. 130.

KONDRATIEV, N., D., (2008). *Los ciclos largos de la coyuntura económica*. México: UNAM, pp. 31-11.

Lebel, J., (2005). Salud. Un enfoque ecosistémico. Centro internacional de investigaciones para el desarrollo. OMEGA. Capítulo 1 y 2.

Martínez Alier, J., Roca, J., 2001. Economía ecológica y política ambiental. México: FCE. La economía como sistema abierto. pp. 11-65.

MARX, K., (2000). El capital. Crítica de la economía política. México: FCE, pp. 150-263.

MÉNDEZ, V., J., 2002. Agua, aire y tierra: elementos vulnerables frente al fuego. UAM-Iztapalapa, Depto. de Química. A. P. pp. 55-534 México, D. F. 09340

MENDOZA, E. (SEPTIEMBRE 14, 2014). Contaminados, siete de cada 10 ríos de México. *Contralinea*. Recuperado de <http://www.contralinea.com.mx/archivo-revista/index.php/2014/09/14/contaminados-siete-de-cada-10-rios-de-mexico/>

Natural Resources Defense, Council Environmental Integrity Project, (2004). *SWIMMING IN SEWAGE*. The Growing Problem of Sewage Pollution and How the Bush Administration Is Putting Our Health and Environment at Risk.

Nava, B., J., V., Carapia, C., A., L., Vidal-Gracia, F., (Consultado el 22 de enero, 2018). Las tres R: Una opción para cuidar nuestro planeta. Instituto de Ecología, A.C – INECOL, 1975-2018. Recuperado de: <http://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/bienesmuebles-inmuebles/17-ciencia-hoy/413-las-tres-r-una-opcion-para-cuidar-nuestro-planeta>

Newman, P., Jennings, I., 2008. Cities as a sustainable ecosystems. Principles and practices. Washington: Island Press. Ecological footprints. pp. 80-143.

News Medical Life Sciences (12 de Agosto de 2016). Costos de la atención sanitaria de enfermedades gastrointestinales en Suiza. Recuperado de: <https://www.news-medical.net/news/20160812/1630/Spanish.aspx>

O CONNOR, J., 1998. *Causas naturales*. Ensayos de marxismo crítico. México: siglo XXI.

ONU, (2016). *Reporte ciudades del mundo 2016*. Urbanización y desarrollo, futuros emergentes. HÁBITAT, pp. 12-13. Recuperado de: <https://es.unhabitat.org/tag/informe-mundial-de-las-ciudades/>

Organización Mundial de Salud, (2017a). Agua, saneamiento e higiene. Enfermedades y riesgos asociados a las deficiencias en los servicios de agua y saneamiento. Recuperado de: http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases-risks/es/

Organización Mundial de Salud, (2017b). Enfermedades diarreicas. Datos y cifras. Recuperado de: <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/diarrhoeal-disease>

Organización Mundial de Salud, (2017c). Saneamiento. Datos y cifras. Recuperado de: www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/sanitation

Organización Mundial de Salud, (2018). Agua. Datos y Cifras. Recuperado de: www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water

Organización Panamericana de la Salud, (2005). *Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques inhoff y lagunas de estabilización*. Lima. Recuperado de: http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d24/053_Diseño_tanques_sépticos_Imhoff_lag/Diseño_tanques_sépticos_Imhoff_lagunas_estabilización.pdf

OSWALD S., ÚRSULA, (1992). “Entorno social y calidad del agua en Morelos”. Comercio exterior. México: pp. 1023-1031.

PNUMA, (2012). GEO5, Perspectivas del medio ambiente mundial: Medio ambiente para el futuro que queremos. *Agua*. Capítulo 4.

Ramírez, E., (2014). Sistemas de captación de agua de lluvia. *Creando sinergia entre academia y sociedad civil, ¿El pretexto? Captación de agua de lluvia en escuelas de educación básica*. IMPLUVIUM. Periódico digital de divulgación de la red de Agua Universidad Autónoma de México.

Respuesta de Secretaria de Salud Morelos al oficio No. SAPS/DRSAPS/643/2018. Respuesta a petición de la plataforma de transparencia folio 00231718. *Petición estadística de las enfermedades registradas en 23 unidades de atención ambulatoria del municipio de Cuernavaca*. Ficha técnica 2017.

SAPAC, (2008). “Informe de resultados de la revisión de la cuenta pública del Sistema de agua potable y alcantarillado del municipio de Cuernavaca (SAPAC); Auditoria especial del empréstito de 70 millones de pesos (Ejercicio 2006) “. Periódico oficial, Cuernavaca, 26 marzo, p. 23.

Sartelli, E., (2013). *La cajita infeliz*. Un viaje marxista a través del capitalismo. Argentina: CIECS, pp. 37-272.

Schoijet, M. (2008).” La aparición y recepción de límites del crecimiento”. Límites del crecimiento y cambio climático. México, capítulo 7.

Secretaria de Obras y Servicios de la CDMX, (2018). *Tabulador de precios unitarios*. Portal web. Recuperado de: <https://www.obras.cdmx.gob.mx/servicios/servicio/tabulador-general-de-precios-unitarios>

Shiva, V., (2003). *Las guerras del agua*. Privatización, contaminación y lucro. Siglo XXI Editores, México.

SEDESOL, (1999). *Sistema normativo de equipamiento urbano 1999*. Tomo II. Salud y asistencia social. (Subsecretaria de desarrollo Urbano y vivienda. Dirección general de infraestructura y equipamiento), pdf.

SEDESOL y CONEVAL, 2010. Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social. Cuernavaca, Morelos. Recuperado de:
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/45719/Morelos_007.pdf

SEMARNAT-CONAGUA, (2016). Lineamientos técnicos: Sistema de captación de agua de lluvia con fines de abasto de agua potable a nivel vivienda. Versión 1.0. Recuperado de:
<file:///C:/Users/gio/Documents/CONAGUA%20AGUA%20PLUVIAL.pdf>

Servicio de Salud Morelos, 2018. Directorio de unidades médicas. Recuperado de
evaluacion.ssm.gob.mx/directorioum/

SUNKEL, O., PAZ, P., 2005. El subdesarrollo latinoamericano y la teoría del desarrollo. México: Siglo XXI, 271-380.

Tanuro, Daniel. 2013. *La crisis ecológica capitalista*. Las fases del desarrollo de la crisis ecológica capitalista, p. 1. Extraído de: <http://old.sinpermiso.info/articulos/ficheros/tanuro.pdf>.

Tommasino, H. (2005). “La crisis ambiental contemporánea”. ¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable. México, capítulo 1.

Tortajado, C. (2004). “La necesidad de una política nacional de agua y saneamiento para México”. Precio del agua y anticipación. México, pp. 29-38.

UN WATER, (2015). Informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos en el mundo 2015. Agua para un mundo sostenible, p. 1. Recuperado de:
<http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002322/232273e.pdf>

UN WATER, (2017). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. Aguas residuales: El recurso desaprovechado. París: UNESCO. Recuperado de:
<http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002471/247153e.pdf>

U.S. Geological Survey, (2017). La ciencia del agua para escuelas. Distribución del agua de la tierra. U.S. Department of the Interior. Re:
<https://water.usgs.gov/gotita/waterdistribution.html>

Vinuesa, (14 de octubre 2016). Tema 8-Correlacion: teoría y práctica. CCG-UNAM. Recuperado de: <http://www.ccg.unam.mx/-vinuesa/>

WWF, (2016). *Informe planeta vivo*. Resumen. Internacional, pp. 5-9. From: http://www.wwf+.org.mx/quienes_somos/informe_planeta_vivo/



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS



Maestría en Estudios Territoriales Paisaje y Patrimonio

FACULTAD DE ARQUITECTURA

Maestría en Estudios Territoriales, Paisaje y Patrimonio

Jefatura del Programa Educativo de la Maestría en Estudios Territoriales, Paisaje y Patrimonio

DR. ALFONSO VALENZUELA AGUILERA
COORDINADOR ACADÉMICO DE LA MAESTRÍA EN ESTUDIOS TERRITORIALES, PAISAJE Y PATRIMONIO
Presente.

HAGO CONSTAR QUE EL TRABAJO TITULADO:

Barrancas. El drenaje de la eterna primavera:
Impactos económicos de los efluentes residuales en Cuernavaca.

Elaborado por: Montes Mata Giovanni Marlon

Constituye tema de tesis para que mediante el examen, sea acreedor a recibir el Grado de: Maestro en el área de: Estudios Territoriales, Paisaje y Patrimonio.

OBJETIVOS LOGRADOS EN EL DESARROLLO DEL TEMA

La investigación en lo urbano requiere perspectivas interdisciplinarias para demostrar los conflictos en términos de análisis y propuesta. El caso de los residuos urbanos es central en esta racionalidad y es cumplido cabalmente en la tesis.

ALCANCES Y CLARIDAD DE EXPRESIÓN EN EL CONTENIDO:

El trabajo es desarrollado con el rigor y atinencia requerido para dar una perspectiva clarificada sobre

Motivos por los cuales doy mi VOTO APROBATORIO, autorizando la impresión de tesis, para que pueda sustentar la réplica y examen correspondiente.

Cuernavaca, Morelos, a 1 de Noviembre del 2018.

ATENTAMENTE

Rafael Montoya Ortiz
(Nombre y firma del responsable de emitir el voto aprobatorio)



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS



Maestría en Estudios Territoriales Paisaje y Patrimonio

FACULTAD DE ARQUITECTURA

Maestría en Estudios Territoriales, Paisaje y Patrimonio

Jefatura del Programa Educativo de la Maestría en Estudios Territoriales, Paisaje y Patrimonio

DR. ALFONSO VALENZUELA AGUILERA
COORDINADOR ACADÉMICO DE LA MAESTRÍA EN ESTUDIOS TERRITORIALES, PAISAJE Y PATRIMONIO
Presente.

HAGO CONSTAR QUE EL TRABAJO TITULADO:

Barrancas. El drenaje de la eterna primavera: Impactos económicos de los efluentes residuales en Cuernavaca

Elaborado por: Mantel Mata Giovanni Marlon

Constituye tema de tesis para que mediante el examen, sea acreedor a recibir el Grado de: Maestro en el área de: Estudios Territoriales, Paisaje y Patrimonio.

OBJETIVOS LOGRADOS EN EL DESARROLLO DEL TEMA

En terminos generales la investigación cumple en su totalidad los objetivos planteados. Se logro cumplir no solo con alcances en terminos académicos sino que dicho trabajo tiene relevancia en la parte social. Además la tesis logra marcar la pauta con respecto a la contaminación del agua en Cuernavaca, que a su vez puede ser replicable.

ALCANCES Y CLARIDAD DE EXPRESIÓN EN EL CONTENIDO:

El presente trabajo alcanzó un nivel importante, bajo los parámetros estrictamente científicos. La redacción y estructuración de la tesis es impecable.

Motivos por los cuales doy mi VOTO APROBATORIO, autorizando la impresión de tesis, para que pueda sustentar la réplica y examen correspondiente.

Cuernavaca, Morelos, a 27 de noviembre de 2018

ATENTAMENTE

Rafael Navarro Martínez

(Nombre y firma del responsable de emitir el voto aprobatorio)



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS



Maestría en Estudios Territoriales, Paisaje y Patrimonio

FACULTAD DE ARQUITECTURA

Maestría en Estudios Territoriales, Paisaje y Patrimonio

Jefatura del Programa Educativo de la Maestría en Estudios Territoriales, Paisaje y Patrimonio

DR. ALFONSO VALENZUELA AGUILERA
COORDINADOR ACADÉMICO DE LA MAESTRÍA EN ESTUDIOS TERRITORIALES, PAISAJE Y PATRIMONIO
Presente.

HAGO CONSTAR QUE EL TRABAJO TITULADO:

Barrancas. El drenaje de la eterna primavera:
Impactos económicos de los efluentes residuales en Cuernavaca

Elaborado por: Montes Mata Giovanni Marlon

Constituye tema de tesis para que mediante el examen, sea acreedor a recibir el Grado de: Maestro en el área de: Estudios Territoriales, Paisaje y Patrimonio.

OBJETIVOS LOGRADOS EN EL DESARROLLO DEL TEMA

El trabajo no solo es descriptivo sino que marca la pauta para futuras investigaciones abarcando niveles multi y transdisciplinarios. Incursión del trabajo resulta ejemplar en términos metodológicos. Sin duda, el objetivo protocolario se cubre al 100%.

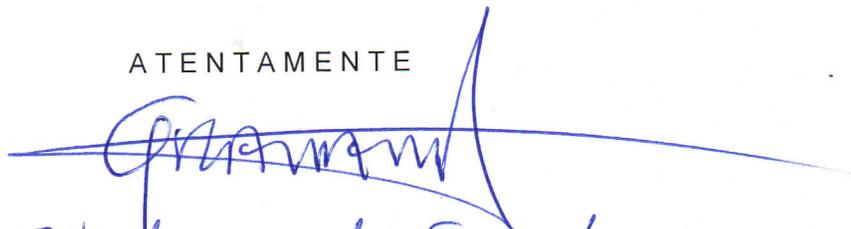
ALCANCES Y CLARIDAD DE EXPRESIÓN EN EL CONTENIDO:

Los resultados, redacción y expresión en el documento son cuidadosos y bien logrados. El documento reúne los requisitos para una tesis de Maestría.

Motivos por los cuales doy mi VOTO APROBATORIO, autorizando la impresión de tesis, para que pueda sustentar la réplica y examen correspondiente.

Cuernavaca, Morelos, a 15 de Noviembre del 2018.

ATENTAMENTE


Francisco Salvador Coronado Saucedo
(Nombre y firma del responsable de emitir el voto aprobatorio)



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS



Maestría en Estudios Territoriales, Paisaje y Patrimonio

FACULTAD DE ARQUITECTURA

Maestría en Estudios Territoriales, Paisaje y Patrimonio

Jefatura del Programa Educativo de la Maestría en Estudios Territoriales, Paisaje y Patrimonio

DR. ALFONSO VALENZUELA AGUILERA
COORDINADOR ACADÉMICO DE LA MAESTRÍA EN ESTUDIOS TERRITORIALES, PAISAJE Y PATRIMONIO
Presente.

HAGO CONSTAR QUE EL TRABAJO TITULADO:

Barrancas. El drenaje de la eterna primavera.
Impactos económicos de los afluentes residuales en
Cuernavaca

Elaborado por: Giovanni Marlon Montes Mata

Constituye tema de tesis para que mediante el examen, sea acreedor a recibir el Grado de: Maestro en el área de: Estudios Territoriales, Paisaje y Patrimonio.

OBJETIVOS LOGRADOS EN EL DESARROLLO DEL TEMA

Con la tesis se alcanzó el objetivo general enfocado en el análisis del impacto económico, social y de la salud por la contaminación de las barrancas de Cuernavaca

ALCANCES Y CLARIDAD DE EXPRESIÓN EN EL CONTENIDO:

El documento está escrito de manera clara y la información que brinda es de gran relevancia y de ser aplicada puede tener alcance en la salud, social y económico.

Motivos por los cuales doy mi VOTO APROBATORIO, autorizando la impresión de tesis, para que pueda sustentar la réplica y examen correspondiente.

Cuernavaca, Morelos, a 30 de NOV de 2018

ATENTAMENTE

Ma de la Luz AM
María de la Luz Arenas Monreal
(Nombre y firma del responsable de emitir el voto aprobatorio)



DR. ALFONSO VALENZUELA AGUILERA
COORDINADOR ACADÉMICO DE LA MAESTRÍA EN
ESTUDIOS TERRITORIALES, PAISAJE Y PATRIMONIO
Presente.

HAGO CONSTAR QUE EL TRABAJO TITULADO:

Barrancas. El drenaje de la eterna primavera:
Impactos económicos de los efluentes residuales en Cuernavaca

Elaborado por: Montes Mata Giovanni Marlon

Constituye tema de tesis para que mediante el examen, sea acreedor a recibir el Grado de:
Maestro en el área de: Estudios Territoriales, Paisaje y Patrimonio.

OBJETIVOS LOGRADOS EN EL DESARROLLO DEL TEMA

El trabajo logra analizar, reflexionar y proponer medidas respecto de uno de los aspectos más graves de la crisis socioambiental global: la contaminación del agua, en un contexto espacial y temporal concreto. Esto le confiere a la tesis relevancia académica, pero también la hace significativa desde el punto de vista social.

ALCANCES Y CLARIDAD DE EXPRESIÓN EN EL CONTENIDO:

La investigación es metodológicamente impecable. El reporte de los resultados es cuidadoso y bien logrado; la redacción de los resultados se concierne de manera adecuada con la parte protocolaria de la investigación.

Motivos por los cuales doy mi VOTO APROBATORIO, autorizando la impresión de tesis, para que pueda sustentar la réplica y examen correspondiente.

Cuernavaca, Morelos, a 03 de Diciembre del 2018.

ATENTAMENTE



Carlos Alberto Lemus Ramirez
(Nombre y firma del responsable de emitir el voto aprobatorio)