



**El Colegio
de la Frontera
Norte**

Resiliencia urbana y reducción de inundaciones a través de
Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible (SUDS): la
microcuenca San José, Querétaro

Tesis presentada por

Luis Ricardo Sarabia Sánchez

para obtener el grado de

MAESTRO EN GESTIÓN INTEGRAL DEL AGUA

Monterrey, N. L., México
2022

CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Director de Tesis: Dr. Juan Manuel Rodríguez Esteves

Aprobada por el Jurado Examinador:

1. Dr. Rigoberto García Ochoa, lector interno
2. M.I. Oscar J. Llaguno Guilberto, lector externo

Dedicatoria

A mis padres:

A mi madre, Ma. De la Luz Sánchez, quien siempre ha sido esa persona reconfortante en mi vida, que siempre me ha acompañado con su amor infinito y me ha enseñado tanto de la vida.

A mi padre, Ricardo Sarabia, la persona que siempre ha creído en mí, quien me ha apoyado en cualquier decisión con amor, quien me ha enseñado el valor de las cosas y que los sueños se pueden hacer realidad.

A mis hermanos:

Valeria y Emiliano, en quienes siempre he encontrado un lugar seguro y de confianza, además de compañerismo, complicidad y amor.

A mis abuelos:

A mi abuelita Luz, de quien siempre he recibido amor, cuidado y protección sin medida, y quien, para mí siempre ha sido un ejemplo de esfuerzo, sensatez y amabilidad. A mi abuelito Erasto †, la persona más amorosa y cariñosa que he conocido en mi vida, que al recordarlo lo primero que llega a mi mente es la sensación de alegría, y quien me enseñó que la vida es mejor cuando se ve el lado divertido a las cosas. A mi abue Pau †, de quien siempre recibí amor y afecto de muchas maneras y quien para mí ha sido un símbolo de paz y fortaleza a la vez. A mi abuelito Luis †, a quien recuerdo como una persona cálida, firme y de palabra, y de quien porto su nombre y apellido con orgullo.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por permitirme haber ingresado a un posgrado de calidad en El Colegio de la Frontera Norte (Colef) y por brindarme el apoyo económico para poder realizar esta maestría y desarrollar el presente trabajo.

Al Colegio de la Frontera Norte por seleccionarme para poder realizar este posgrado, por las atenciones durante toda la maestría y por las becas que me brindó para poder realizar mi trabajo de campo y movilidad con estancia de investigación. De manera especial, agradezco también a todos mis profesores quienes impartieron excelentes clases y a quienes pude aprenderles mucho, especialmente a la Dra. Judith Domínguez quien me maravilló con su curso.

Al Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), por permitirme realizar mi movilidad con estancia de investigación en la subcoordinación de Hidráulica Urbana, a mis nuevos compañeros que hice en esta institución, y en especial al Mtro. Óscar Llaguno, quien además de ser mi asesor en la estancia, fue mi lector externo de tesis, por lo que le agradezco el conocimiento compartido, compañerismo, consejos, y por guiarme en la elaboración de este trabajo, especialmente en la dimensión técnica.

A mi director de tesis, el Dr. Juan Manuel Rodríguez, por guiarme durante todo este viaje que fue la elaboración de esta investigación; compartirme su tiempo, conocimiento y charlas muy amenas, dándome siempre la confianza y libertad para decidir.

Al Dr. Rigoberto García por ser mi lector interno, por sus recomendaciones y por tener siempre disposición de apoyarme en la elaboración de este trabajo.

A la Dra. Ana Córdova, por ayudarme a resolver dudas en mi trabajo de tesis, por compartirme su conocimiento en Infraestructura Verde y otros temas, y por ser la persona clave para poder realizar mi trabajo de campo en Hermosillo y Ciudad Juárez.

A mi coordinadora de la maestría, la Dra. Blanca García, por ayudarme en todo momento de esta etapa con la mejor disposición, por su apoyo para poder realizar mi trabajo de campo y estancia de investigación, por su acompañamiento y amistad brindada.

A las personas que conocí y me ayudaron en el trabajo de campo en Hermosillo y Ciudad Juárez: Arq. Guadalupe P., M.C. Eduardo H., Dr. Joaquín M., Arq. Joaquín M., Arq. Ana M., Mónica, Octavio, entre otras.

A las personas que me otorgaron entrevistas en Hermosillo, Ciudad Juárez y Querétaro. En este último, a las y los presidentes de comités comunitarios pertenecientes a la zona de estudio, a los representantes de las tres asociaciones civiles y a los funcionarios de las diferentes instituciones gubernamentales.

A mis compañeros de maestría, Gerardo, Lariza, Paco, Karina y Jaime, por todas las experiencias, aprendizajes y por su amistad.

A mis amigos, Ricardo B., Alfredo R. por su amistad sincera y apoyo en todo momento, y en particular a Jairo M. por su apoyo y ser un informante clave para este trabajo.

A Marce M. por su apoyo en todo momento, su gran amor, y por hacer equipo conmigo en la vida.

Finalmente, agradecer infinitamente a mis padres, hermanos y Kiara, por su amor y cariño, y por estar siempre para mí, ayudarme a cumplir mis metas y motivarme a ser mejor persona y profesional.

RESUMEN

Las inundaciones causadas principalmente por la urbanización rápida y desordenada en las ciudades han ocasionado daños a la población, teniendo impactos negativos en la resiliencia urbana como ocurre en la microcuenca de estudio. Para mitigar las inundaciones, existen alternativas como los Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible (SUDS), los cuales permiten la captación e infiltración del agua de lluvia, ayudando a la reducción de la escorrentía.

El objetivo de esta investigación es analizar desde el enfoque de la resiliencia urbana los factores técnicos, sociales e institucionales que pueden intervenir en la implementación de los SUDS, para determinar su viabilidad en la microcuenca San José, Querétaro. Los factores técnicos se trabajaron por medio de un modelo hidrológico-hidráulico con dos escenarios, donde se determinó que la presencia de SUDS en la microcuenca puede incrementar la infiltración y reducir la escorrentía máxima. Por otro lado, los factores sociales e institucionales se trabajaron mediante la aplicación de entrevistas a actores locales, representantes de asociaciones civiles, y funcionarios públicos, teniendo resultados favorables en la participación comunitaria, la cohesión social, la coordinación entre sociedad y gobierno, el interés en estas alternativas, la coordinación entre instituciones, la voluntad política, entre otros. Por consiguiente, la implementación de SUDS en la zona de estudio puede resultar viable, tomando en cuenta los puntos clave y las limitaciones. Asimismo, se presenta un análisis de las lecciones aprendidas de dos ciudades en el norte de México que han implementado este tipo de alternativas.

Palabras clave: Resiliencia urbana, sistemas de drenaje urbano sostenibles, infraestructura verde, inundaciones, Querétaro.

ABSTRACT

Floods caused mainly by rapid and disorderly urbanization in cities have caused damage to the population having negative impacts on urban resilience, as occurs in the study area. There are alternatives to mitigate the flood such as the Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS), which allow the capture and infiltration of rainwater, helping to reduce runoff.

The objective of this research is to analyze from the urban resilience approach the technical, social, and institutional aspects that can intervene in the implementation of the SUDS to determine its viability in the San José micro-basin, Querétaro. The technical aspects were addressed through a hydrological-hydraulic model, where it was determined that the presence of SUDS in the micro-basin can increase infiltration and reduce maximum runoff. On the other hand, the social and institutional aspects were addressed through the application of interviews with local actors, representatives of civil associations, and institutional actors, having favorable results in community participation, social cohesion, coordination between society and government, interest in these alternatives, the coordination between institutions, the political will, and so forth. Therefore, implementing SUDS in the study area may be feasible, considering the key points and limitations. Likewise, an analysis of the lessons learned from two cities in northern Mexico that have implemented green infrastructure is presented.

Keywords: Urban resilience, sustainable urban drainage systems, green infrastructure, floods, Querétaro.

CONTENIDO GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO – CONCEPTUAL	4
1.1. Planteamiento del problema y pregunta de investigación	4
1.2. Objetivos.....	5
1.3. Justificación.....	6
1.4. Hipótesis	8
1.5. Resiliencia urbana.....	9
1.6. Riesgo y reducción de inundaciones	16
1.7. Los SUDS y modelos de desarrollo homólogos.....	17
1.8. Conclusiones.....	27
CAPÍTULO II: CONTEXTO GEOGRÁFICO DE LA ZONA DE ESTUDIO Y ESTRATEGIA METODOLÓGICA	29
2.1. Descripción de la zona de estudio	30
2.2. Historia de las inundaciones en Querétaro	37
2.3. Fuentes de información	39
2.4. Técnicas de investigación.....	40
2.5. Trabajo de campo y estancias de investigación.....	41
2.6. Conclusiones.....	44
CAPÍTULO III: EXPERIENCIAS DE IMPLEMENTACIÓN DE I.V. EN CIUDADES	45
3.1. Caso de Hermosillo, Sonora	45
3.2. Caso de Ciudad Juárez, Chihuahua	56
3.3. Comparación de casos	66
3.4. Conclusiones.....	69
CAPÍTULO IV: FACTORES TÉCNICOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE SUDS.....	70
4.1. Modelo hidrológico - hidráulico de la microcuenca San José.....	70
4.2. Construcción del modelo hidrológico-hidráulico	71
4.3. Análisis y discusión de resultados	86
4.4. Principales hallazgos	88
4.5. Conclusiones.....	92
CAPÍTULO V: FACTORES SOCIALES EN LA IMPLEMENTACIÓN DE SUDS.....	94
5.1. Trabajo de campo en Querétaro.....	94
5.2. Análisis y discusión de resultados.....	97
5.3. Principales hallazgos	122
5.4. Conclusiones.....	125
CAPÍTULO VI: FACTORES INSTITUCIONALES EN LA IMPLEMENTACIÓN DE SUDS	126
6.1. Trabajo de campo en Querétaro.....	126
6.2. Análisis y discusión de resultados	127
6.3. Principales hallazgos	143
6.4. Conclusiones.....	147
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	148
Conclusiones.....	148

Recomendaciones	155
BIBLIOGRAFÍA	157
ANEXOS	i
Anexo 1: Guiones de entrevistas	i
Anexo 2: Reportes fotográficos	xvi
Anexo 3: Matrices de comparación	xxxvii
Anexo 4: Resultados del modelo hidrológico-hidráulico de la MCSJ.	1

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.1. Resumen del marco de referencia “ <i>City Resilience Index</i> ”	10
Cuadro 1.2. Resumen del marco de referencia “ <i>The city water resilience approach</i> ”	13
Cuadro 1.3. Clasificación de técnicas de I.V. por escala de aplicabilidad	24
Cuadro 2.1. Usos de suelo en la microcuenca San José y sus porcentajes de área	32
Cuadro 2.2. Datos de variables sociodemográficas seleccionadas para la MCSJ.	35
Cuadro 2.3. Eventos de inundación relevantes a nivel nacional, regional y estatal.	37
Cuadro 2.4. Etapas de trabajo de campo y estancias de investigación	42
Cuadro 3.1. Retos para mantener I.V: categorías de respuesta (HMO).	50
Cuadro 3.2. Factores técnicos: categorías de respuesta (HMO).	52
Cuadro 3.3. Factores sociales: categorías de respuesta (HMO).	53
Cuadro 3.4. Factores institucionales: categorías de respuesta (HMO).	54
Cuadro 3.5. Retos para mantener I.V: categorías de respuesta (CJ).	60
Cuadro 3.6. Factores técnicos: categorías de respuesta (CJ).	62
Cuadro 3.7. Factores sociales: categorías de respuesta (CJ).	63
Cuadro 3.8. Factores institucionales: categorías de respuesta (CJ).	64
Cuadro 3.9. Retos para mantener I.V: porcentaje de frecuencia de respuesta (HMO y CJ).	66
Cuadro 3.10. Factores técnicos: porcentaje de frecuencia de respuesta (HMO y CJ).	66
Cuadro 3.11. Factores sociales: porcentaje de frecuencia de respuesta (HMO y CJ).	67
Cuadro 3.12. Factores institucionales: porcentaje de frecuencia de respuesta (HMO y CJ).	67
Cuadro 3.13. Obstáculos, factores de éxito y lecciones aprendidas (HMO y CJ).	68
Cuadro 4.1. Resumen de propuesta de SUDS en la microcuenca San José	84
Cuadro 4.2. Resultados de modelación de la MCSJ: condiciones actuales.	86
Cuadro 4.3. Resultados de tres subcuencas de la MCSJ: condiciones actuales.	86
Cuadro 4.4. Resultados de modelación de la MCSJ: con propuesta de SUDS.	87
Cuadro 4.5. Resultados de tres subcuencas de la MCSJ: con propuesta de SUDS.	87
Cuadro 4.6. Resultados de modelación de la MCSJ: comparación de escenarios.	88
Cuadro 4.7. Resultados de modelación en tres subcuencas: comparación de escenarios.	88
Cuadro 4.8. Recomendación de especies de plantas para SUDS en la MCSJ.	91
Cuadro 5.1. Experiencia y afectaciones por inundaciones: categorías de respuesta.	98
Cuadro 5.2. Comentarios e ideas emitidas: variable 1 (actores locales)	99
Cuadro 5.3. Compromiso y participación de la comunidad: categorías de respuesta.	100
Cuadro 5.4. Comentarios e ideas emitidas: variable 2 (actores locales)	101
Cuadro 5.5. Cohesión social y redes comunitarias: categorías de respuesta.	102
Cuadro 5.6. Comentarios e ideas emitidas: variable 3 (actores locales)	103
Cuadro 5.7. Coordinación entre sociedad y gobierno: categorías de respuesta.	104
Cuadro 5.8. Comentarios e ideas emitidas: variable 4 (actores locales)	105
Cuadro 5.9. Conocimiento de asociaciones civiles: categorías de respuesta.	106
Cuadro 5.10. Comentarios e ideas emitidas: variable 5 (actores locales)	107
Cuadro 5.11. Respuesta y recuperación ante inundaciones: categorías de respuesta (actores locales).	108
Cuadro 5.12. Comentarios e ideas emitidas: variable 6 (actores locales)	109
Cuadro 5.13. Conocimiento de los SUDS o sistemas homólogos: categorías de respuesta (actores locales).	110
Cuadro 5.14. Comentarios e ideas emitidas: variable 7 (actores locales)	111
Cuadro 5.15. Interés en la implementación, cuidado y mantenimiento de SUDS: categoría de	

respuesta.	111
Cuadro 5.16. Comentarios e ideas emitidas: variable 8 (actores locales)	113
Cuadro 5.17. Colaboración de la asociación con la sociedad: categorías de respuesta.....	114
Cuadro 5.18. Comentarios e ideas emitidas: variable 1 (representantes de A.C.).....	115
Cuadro 5.19. Colaboración de la asociación con el gobierno: categorías de respuesta.	116
Cuadro 5.20. Comentarios e ideas emitidas: variable 2 (representantes de A.C.).....	117
Cuadro 5.21. Conocimiento de los SUDS o sistemas homólogos: categorías de respuesta (representantes de A.C.).	117
Cuadro 5.22. Comentarios e ideas emitidas: variable 3 (representantes de A.C.).....	118
Cuadro 5.23. Opinión de los SUDS o sistemas homólogos: categorías de respuesta.	119
Cuadro 5.24. Comentarios e ideas emitidas: variable 4 (representantes de A.C.).....	120
Cuadro 5.25. Retos para la implementación de SUDS: categorías de respuesta (representantes de A.C.).	121
Cuadro 5.26. Comentarios e ideas emitidas: variable 5 (representantes de A.C.).....	122
Cuadro 6.1. Resumen de entrevistas a actores institucionales.	127
Cuadro 6.2. Conocimiento de los SUDS o sistemas homólogos: categorías de respuesta (actores institucionales).	128
Cuadro 6.3. Comentarios e ideas emitidas: variable 1 (actores institucionales)	129
Cuadro 6.4. Capacidad técnica para implementación de SUDS: categorías de respuesta.....	130
Cuadro 6.5. Comentarios e ideas emitidas: variable 2 (actores institucionales)	131
Cuadro 6.6. Capacidad financiera para implementación de SUDS: categorías de respuesta. .	132
Cuadro 6.7. Comentarios e ideas emitidas: variable 3 (actores institucionales)	133
Cuadro 6.8. Coordinación entre instituciones gubernamentales: categorías de respuesta.	134
Cuadro 6.9. Comentarios e ideas emitidas: variable 4 (actores institucionales)	135
Cuadro 6.10. Respuesta y recuperación ante inundaciones: categorías de respuesta (actores institucionales).....	136
Cuadro 6.11. Comentarios e ideas emitidas: variable 5 (actores institucionales)	137
Cuadro 6.12. Disposición a considerar y promover SUDS: categorías de respuesta.	138
Cuadro 6.13. Comentarios e ideas emitidas: variable 6 (actores institucionales)	139
Cuadro 6.14. Retos para implementación de SUDS: categorías de respuesta (actores institucionales).....	140
Cuadro 6.15. Comentarios e ideas emitidas: variable 7 (actores institucionales)	141
Cuadro 7.1. Alcance de objetivos.....	149
Cuadro 7.2. Prueba de hipótesis	150

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 3.1. Retos para mantener I.V: porcentaje de frecuencia de respuestas (HMO).....	51
Gráfica 3.2. Factores técnicos: porcentaje de frecuencia de respuestas (HMO).	52
Gráfica 3.3. Factores sociales: porcentaje de frecuencia de respuestas (HMO).....	53
Gráfica 3.4. Factores institucionales: porcentaje de frecuencia de respuestas (HMO).	54
Gráfica 3.5. Retos para mantener I.V: porcentaje de frecuencia de respuestas (CJ).....	61
Gráfica 3.6. Factores técnicos: porcentaje de frecuencia de respuestas (CJ).	62
Gráfica 3.7. Factores sociales: porcentaje de frecuencia de respuestas (CJ).....	63
Gráfica 3.8. Factores institucionales: porcentaje de frecuencia de respuestas (CJ).	64
Gráfica 4.1. Distribución de probabilidad: Función de Gumbel (Máx. Verosimilitud).....	73
Gráfica 4.2. Hietograma de diseño para modelo hidrológico - hidráulico	73
Gráfica 4.3. Comparación de infiltración en subcuenca S86.	89
Gráfica 4.4. Comparación de escorrentía en subcuenca S86.....	89
Gráfica 5.1. Experiencia con inundaciones: porcentaje de frecuencia de respuestas.....	98
Gráfica 5.2. Compromiso y participación: porcentaje de frecuencia de respuestas.	100
Gráfica 5.3. Cohesión social y redes comunitarias: porcentaje de frecuencia de respuestas. .	102
Gráfica 5.4. Coordinación entre sociedad y gobierno: porcentaje de frecuencia de respuestas	104
Gráfica 5.5. Conocimiento de asociaciones en temas de agua o medioambiente: porcentaje de frecuencia de respuestas.	106
Gráfica 5.6. Respuesta y recuperación ante inundaciones: porcentaje de frecuencia de respuestas (actores locales).....	108
Gráfica 5.7. Conocimiento de los SUDS: porcentaje de frecuencia de respuestas (actores locales).....	110
Gráfica 5.8. Interés en la implementación, cuidado y mantenimiento de SUDS: porcentaje de frecuencia de respuestas.	112
Gráfica 5.9. Colaboración de asociación y sociedad: porcentaje de frecuencia de respuestas	114
Gráfica 5.10. Colaboración de asociación y gobierno: porcentaje de frecuencia de respuestas	116
Gráfica 5.11. Conocimiento de los SUDS: porcentaje de frecuencia de respuestas (representantes de A.C.).	118
Gráfica 5.12. Opinión de los SUDS: porcentaje de frecuencia de respuestas.	119
Gráfica 5.13. Retos para implementación de SUDS: porcentaje de frecuencia de respuestas (representantes de A.C.).	121
Gráfica 6.1. Conocimiento de los SUDS: porcentaje de frecuencia de respuestas (actores institucionales).....	128
Gráfica 6.2. Capacidad técnica : porcentaje de frecuencia de respuestas.....	130
Gráfica 6.3. Capacidad financiera: porcentaje de frecuencia de respuestas.	132
Gráfica 6.4. Coordinación entre instituciones : porcentaje de frecuencia de respuestas.....	134
Gráfica 6.5. Respuesta y recuperación ante inundaciones: porcentaje de frecuencia de respuestas (actores institucionales).....	136
Gráfica 6.6. Disposición a considerar y promover SUDS: porcentaje de frecuencia de respuestas.....	138
Gráfica 6.7. Retos para implementación de SUDS: porcentaje de frecuencia de respuestas (actores institucionales).	141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Pilares principales en el diseño de los SUDS	18
Figura 1.2. Etapas de gestión de agua de lluvia.....	21
Figura 1.3. Evolución de las ciudades a partir de la gestión de las aguas urbanas.....	26
Figura 1.4. Esquema del concepto de ciudad esponja.	27
Figura 2.1. Estrategia metodológica de la investigación	29
Figura 2.2. Etapas de trabajo de campo y estancias de investigación	41
Figura 4.1. Delimitación de subcuencas urbanas de la microcuenca San José.	75
Figura 4.2. MDT con traza urbana, acercamiento a archivo TIN.....	78
Figura 4.3. Resultado de simulación de inundación a las dos horas: condiciones actuales.	81
Figura 4.4. Acercamiento a propuesta de SUDS con subcuencas, zona oeste de la MCSJ.	83
Figura 4.5. Resultado de simulación de inundación a las dos horas: con propuesta de SUDS.	85

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1.1. Pavimento permeable en Hermosillo, Sonora.....	20
Fotografía 1.2. Jardín de lluvia en Ciudad Juárez, Chihuahua.	20
Fotografía 3.1. Jardín microcuenca en la avenida Reforma, Hermosillo.	48
Fotografía 3.2. Jardín de lluvia en el bulevar García Morales, Hermosillo.	48
Fotografía 3.3. Zona de infiltración en parque Pueblitos, Hermosillo.	49
Fotografía 3.4. Señalética en el parque Villas del Sol, Ciudad Juárez.	57
Fotografía 3.5. Cuenca de captación en el parque Villas del Sol, Ciudad Juárez.	58
Fotografía 3.6. Jardín de lluvia en Av. Las Américas, Ciudad Juárez.	59
Fotografía 3.7. Jardín de lluvia en Av. Las Américas, Ciudad Juárez.	59

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 2.1. Ubicación de la microcuenca San José.....	30
Mapa 2.2. Usos de suelo en la microcuenca San José.....	31
Mapa 2.3. Colonias principales y ocupación en municipios en la microcuenca San José.	33
Mapa 2.4. AGEB urbanos en la microcuenca San José.....	34
Mapa 2.5. Cuenca del río Querétaro y la microcuenca San José.....	36
Mapa 4.1. Estaciones de la CEA Querétaro y Conagua cercanas a la zona de estudio.....	72
Mapa 4.2. Delimitación de zona de estudio, cauce principal y red hidrográfica.....	74
Mapa 4.3. Traza urbana de la microcuenca San José y alrededores.....	76
Mapa 4.4. MDT con traza urbana: ráster generado	77
Mapa 4.5. Valores de coeficiente “n” de Manning.....	79
Mapa 4.6. Áreas permeables e impermeables en la microcuenca San José.	80
Mapa 4.7. Propuesta de SUDS en la microcuenca San José.	82
Mapa 5.1. Colonias donde residen los actores locales entrevistados.	96

INTRODUCCIÓN

El crecimiento urbano tiene como consecuencia un incremento de la escorrentía superficial de las aguas pluviales dado que hay una sustitución de una superficie permeable con vegetación por una impermeable, lo cual trae consigo una disminución de la infiltración del agua y su almacenamiento en el subsuelo (Parada, *et al.*, 2020). Estos cambios en la urbanización que ocasionan el incremento del escurrimiento resultan en un aumento del nivel de riesgo de inundación en las ciudades (González *et al.*, 2018).

Las inundaciones se pueden definir como un aumento en los niveles comunes de un cuerpo de agua confinado o de un curso de agua, o también como el cúmulo de agua en superficies donde regularmente no la hay (Arreguín y López, 2016). Debido a que no son constantes los distintos aspectos que pueden ocasionar inundaciones, el reto de su control se puede volver más complicado, incrementándose las intensidades de precipitación o los huracanes por efecto del cambio climático, además de otros aspectos como las políticas que fomentan la urbanización sin planeación en cuencas, u obras en cauces que disminuyen su capacidad de transporte (Arreguín y López, 2016).

De forma conjunta, estos factores tienen una relación con la resiliencia, la cual, según su definición, se ve afectada al reducirse la capacidad de sobreponerse y adaptarse a momentos críticos. De acuerdo con la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR) (Naciones Unidas, 2009), la definición de resiliencia es la capacidad que tiene un sistema sujeto a un peligro para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de sus impactos de manera oportuna y eficaz, esto comprende el preservar y restaurar sus estructuras y funciones básicas. Hablando del aspecto urbano, la resiliencia genera una dependencia mutua entre las personas y su medio físico (Zúñiga, 2018), teniendo con ello que la resiliencia comprende diferentes dimensiones como la física, la social, la institucional, entre otras.

Para el control de aguas pluviales existen diferentes medidas, las cuales incluyen prácticas estructurales o de ingeniería, y no estructurales, como la planificación del uso de suelo, la conservación del mismo, la educación, etcétera. En el caso específico de la reducción de la escorrentía, de los gastos pico, y la mitigación de las inundaciones hay medidas convencionales

(infraestructura gris) y otras basadas en la cosecha de agua de lluvia, en la infiltración y evapotranspiración a través de la vegetación y en la infiltración subterránea (National Research Council, 2009). Como una alternativa que engloba estas últimas medidas más sostenibles para el manejo de aguas pluviales y reducción de inundaciones están los Sistemas de Drenaje Urbano Sostenibles (SUDS), los cuales son un tipo de infraestructura cuya función principal es captar el agua de lluvia al momento de caer, evitando y reduciendo la descarga hacia las redes de desagüe existente (Núñez, 2020). También, se pueden definir como el conjunto de medidas, soluciones, tecnologías y técnicas usadas para manejar las aguas pluviales de una ciudad, predominantemente a partir de Infraestructura Verde (I.V.) (Patagua, *et al.*, 2021), con el objetivo de replicar lo mayormente posible el sistema natural de drenaje y ecosistémicos asociados a los espacios de agua y naturaleza. Además, esta infraestructura cumple con funciones y características que aportan a la mejora de la calidad del agua, a la provisión de hábitat para la vida silvestre y conectividad ecológica, al espacio público y calidad de vida, y a la reducción de riesgos climáticos (donde se encuentran las inundaciones).

De esta manera los SUDS ayudan a generar acciones para enfrentar amenazas en las ciudades, incrementado con esto su capacidad para afrontar estos impactos, pudiendo así, fortalecer la resiliencia (Patagua *et al.*, 2021), y como lo menciona Córdova (2015), estos sistemas facilitan tanto el mantenimiento, como el retorno a la funcionalidad urbana ante disturbios y desastres asociados a fenómenos naturales como es el caso de los eventos hidrometeorológicos extremos, esto mediante un balance de la urbanización que sostiene a la población y sus actividades, mientras se cierran localmente ciclos biogeoquímicos como el del agua, ayudando al control de escurrimientos pluviales.

En el caso de la microcuenca San José (MCSJ), ubicada al noreste de la zona urbana de la ciudad de Querétaro, existe un aumento en nivel de riesgo de inundación suscrito a cambios de uso de suelo producto de la urbanización en la zona. La tasa de cambio de esta variable indicó que para el año 1986 el 17.8 por ciento de la superficie estuvo ocupada por el área urbana, mientras que, en el 2015, se llegó al 41.26 por ciento (González *et al.*, 2018). Derivado de este cambio, se ha observado un aumento en el nivel de riesgo presentándose diferentes eventos de inundación en la microcuenca, generando daños a la población y a la infraestructura, siendo una constante cada temporada de lluvias.

El presente trabajo de investigación está orientado al análisis de factores técnicos, sociales e institucionales que intervienen en la implementación de los SUDS como alternativa para la reducción de las inundaciones y el aprovechamiento de las aguas pluviales en la microcuenca San José, para de esta manera determinar la viabilidad de su implementación, abordando dichos factores desde el enfoque de la resiliencia urbana (RU). De igual forma, se busca aportar información sobre del panorama general actual de la microcuenca y la problemática de las inundaciones que existe en la zona, derivado de esto, se presenta una propuesta de las potenciales intervenciones y los factores más relevantes a tomar en cuenta para llevar a cabo su implementación.

La estrategia metodológica usada en esta investigación consistió en el análisis de diferentes factores desde el enfoque de la RU en tres diferentes dimensiones (técnica, social e institucional), haciendo uso de la revisión documental, aplicación de entrevistas semiestructuradas a actores clave, observación participante y no participante, análisis espacial, simulación numérica y modelación en software. Además, de manera complementaria se realizó un análisis de los casos de implementación de I.V. en Hermosillo, Sonora y en Ciudad Juárez, Chihuahua, con el fin de documentar sus experiencias y lecciones aprendidas, así como sus factores de éxito y obstáculos, sirviendo como insumos de aprendizaje para el caso de Querétaro.

Por lo tanto, estos factores interrelacionados tienen una gran influencia en la implementación de los SUDS, y su análisis es parte fundamental para conocer su viabilidad, ya que las características naturales, físicas, sociales e institucionales de un sistema son determinantes e interdependientes. De acuerdo con (CIRIA, 2007) el análisis de lo técnico y medio ambiental es indispensable, y en cuanto a lo social, Qi *et al.* (2021), establecen que son factores pocos explorados siendo necesario abordarlos. Por ende, es pertinente el realizar análisis integrales para conocer de una manera más completa la problemática y así proponer soluciones o alternativas.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO – CONCEPTUAL

1.1. Planteamiento del problema y pregunta de investigación

El crecimiento urbano, la ocupación del suelo en zonas susceptibles, la configuración del terreno y los efectos del cambio climático que agudizan los fenómenos hidrometeorológicos y alteran el ciclo hidrológico, son factores que intervienen en el riesgo y recurrencia de las inundaciones. Aunado a esto, un manejo inadecuado de las aguas pluviales implica un riesgo aún mayor y una respuesta ineficaz para el desalojo y conducción de estas aguas (Peña, 2017). Este aumento del nivel de riesgo por inundaciones trae consigo impactos negativos en la resiliencia urbana, lo cual resulta perjudicial al disminuir la capacidad de respuesta, adaptación y absorción del sistema urbano ante perturbaciones (Zúñiga, 2018).

La ciudad de Querétaro es un lugar susceptible a inundaciones por su orografía y localización al haberse desarrollado en un valle. En años recientes el problema se ha hecho mayor y más recurrente (Peña, 2017). Además de la situación con las inundaciones, el estado y su zona metropolitana presenta problemas con la disponibilidad de agua. De acuerdo con la Conagua (2021), la zona metropolitana del estado presenta un grado de presión sobre el recurso hídrico alto, lo cual, de mantenerse esa tasa de déficit anual podría ocasionar una futura disponibilidad del recurso aún más baja. Tomando en cuenta datos disponibles en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) del año 2021 y datos proporcionados en abril del 2022 por la Comisión Estatal de Aguas de Querétaro (CEA), la principal fuente de abastecimiento de agua de la ciudad es subterránea, teniendo a la actualidad un total de 266 pozos en la entidad, de los cuales en 2021 se extrajeron 121.06 millones de metros cúbicos de aguas subterráneas, correspondiendo 70.13 millones a la ZMQ. Por otro lado, se cuenta con el Acueducto II, un proyecto que consiste en una línea de conducción de 123 kilómetros que lleva el agua a la capital queretana y sus alrededores desde los manantiales del río Moctezuma, cuatro kilómetros abajo de la formación rocosa del Cañón del Infiernillo, este acueducto entregó en el año 2021 un volumen total de 34.45 millones de metros cúbicos.

Un aspecto importante a mencionar es que en el estado no se tiene una gestión por cuencas para la reducción de riesgo de inundaciones (Peña, 2017), por lo cual se requiere un análisis de las

posibles alternativas a implementar para lograr esta reducción del riesgo, el robustecimiento de la resiliencia urbana y un adecuado aprovechamiento de las aguas pluviales.

De acuerdo con los objetivos de los SUDS, para este trabajo se puede asociar su implementación en dos frentes: el primero como sistemas que permitan manejar aguas pluviales y reducir las inundaciones, y segundo para aprovechar estas aguas mediante un almacenamiento pasivo o activo, aportando a la recuperación de los mantos acuíferos (Poletto y Tassi, 2012; Woods, *et al.*, 2015). Estos dos frentes aplican para dos temporadas en la zona de estudio: 1) temporada de lluvias (donde aplica el primer frente); y 2) temporada de estiaje (donde aplica el segundo frente). Es así, que con los beneficios derivados de la implementación de estos sistemas se aporta a diferentes dimensiones de la resiliencia urbana como lo son la infraestructura, el ecosistema y la sociedad, incrementando la capacidad de respuesta del sistema urbano.

La pregunta de investigación que guio este trabajo se refiere a que, desde el enfoque de la RU, ¿Cuáles son y cómo intervienen los factores técnicos, sociales e institucionales en la implementación de SUDS y su viabilidad, para la reducción de inundaciones en la microcuenca San José, Querétaro?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Analizar los factores técnicos, sociales e institucionales que intervienen en la implementación de los SUDS y su viabilidad en la microcuenca San José, Querétaro para identificar aspectos que puedan integrarse en futuras estrategias o planes que busquen mejorar la resiliencia urbana.

1.2.2. Objetivos específicos

- Documentar experiencias de SUDS e I.V. que se han aplicado en ciudades en México que sirvan como insumos de aprendizaje en Querétaro.
- Analizar los siguientes factores para la Microcuenca San José en Querétaro:
 - Técnicos, relacionados con las características físicas de la cuenca, la disponibilidad

de espacio y las condiciones hidrológicas e hidráulicas para la implementación de SUDS.

- Sociales, relacionados con las experiencias de los residentes con las inundaciones, el compromiso y participación de la comunidad, la cohesión social y redes comunitarias, la coordinación entre sociedad y gobierno, el conocimiento y opinión de los SUDS, entre otros.
- Institucionales, relacionados con el conocimiento de los SUDS por parte de los funcionarios, capacidad técnica y financiera de las instituciones para su implementación, coordinación entre instituciones gubernamentales, voluntad política, entre otros.
- Determinar si es viable la implementación de SUDS en la zona de estudio, de acuerdo con los resultados del análisis de los factores en sus tres dimensiones.

1.3. Justificación

Los desastres asociados a inundaciones a nivel mundial son considerados los más dañinos y peligrosos, siendo estas el 50 por ciento de los desastres relacionados con el agua, superando a las sequías, epidemias y hambrunas. México no es la excepción, puesto que en la actualidad las inundaciones son el fenómeno que causa más daños económicos en el país (Hernández, *et al.*, 2017). La ciudad de Querétaro es un área que, dada la configuración del municipio, se presenta un alto riesgo de inundación en distintas áreas de la zona urbana, esto porque existe una acumulación de aguas pluviales en áreas donde las obras de drenaje son deficientes, o porque la escorrentía forma arroyos en las calles en temporada de lluvias en zonas donde se encuentran viviendas u otras edificaciones urbanas (Sigema, 2015). Estas inundaciones han ocasionado perjuicios en la ciudad con daños a la infraestructura y a la sociedad. Aunado a esto, de acuerdo con datos de la Conagua el suministro de agua potable de la ciudad de Querétaro proviene principalmente de fuentes de agua subterránea.

La resiliencia urbana juega un papel clave, ya que su enfoque busca evaluar y mejorar la capacidad que tiene una ciudad expuesta a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficaz (Instituto de Planificación Física y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2015). Es por ello que el enfoque hacia

ciudades más resilientes puede proporcionar un marco de actuación donde sea posible el diseño e implementación de acciones dirigidas a la prevención de riesgos, a la reducción de su impacto en la sociedad y a la creación de mejores esquemas para la recuperación (Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, Protección Civil México, y ONU HABITAT, 2016).

En el caso de la microcuenca de estudio, siendo un área periurbana, ha presentado un aumento significativo del uso de suelo de zona urbana, y esta alberga distintas colonias y localidades con alto riesgo, peligro y vulnerabilidad por inundación (González *et al.*, 2018). Por este motivo, es necesario realizar estudios que propongan un análisis de alternativas que ayuden a resolver estos problemas sociales, ambientales y económicos desde el enfoque de resiliencia urbana, buscando no sólo la reducción de inundaciones, sino también el aprovechamiento del agua de lluvia, escasa por cierto, mediante la infiltración de esta en el suelo o su acumulación en algún punto para un uso posterior (ambiental o público-urbano) y ayudar a problemas de abastecimiento de agua en la zona. De esta manera, se harían propuestas hacia una ciudad más resiliente y un aporte a la gestión del riesgo de desastres.

Cabe destacar que, en el país, el progreso en cuanto a un desarrollo sostenible no se cumple como debería, tomando como referencia la Agenda 2030, que sirve como un marco de política pública mundial, ya que, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) relacionados con este trabajo que son el de Agua Limpia y Saneamiento (ODS 6) y Ciudades y Comunidades Sostenibles (ODS 11) no están incorporados completamente en las políticas de los diferentes niveles de gobierno. Por lo tanto, se puede hablar de tres justificaciones particulares (económica, social y ambiental), mismas que se detallan a continuación:

Justificación económica: La ciudad de Querétaro es un polo de desarrollo en el país con una ubicación geográfica estratégica, y que ha tenido un crecimiento urbano y demográfico importante con una constante migración de personas de otras regiones del país, siendo la octava Zona Metropolitana más grande de México, registrando un incremento de población del 20.66 por ciento en el año 2020 con respecto al año 2015. Aunado a lo anterior, durante el año 2020 el estado tuvo un aporte del 2.3 por ciento al PIB. Es por esto que el tema del aprovechamiento y manejo de agua pluvial para reducción de inundaciones es crucial para que se mantenga como un símbolo de desarrollo económico, sirviendo este estudio como un aporte de elementos en la línea del desarrollo económico sustentable.

Justificación social: La ciudad de Querétaro es un área que, debido a la configuración del municipio el riesgo de inundación es muy alto en varias colonias de la zona urbana (sigema, 2015). Las inundaciones provocan afectaciones a la población, tales como, daños materiales a sus viviendas y a espacios públicos como vialidades y otro tipo de infraestructura durante y después de estos eventos de inundación, por lo que este estudio contribuirá a elaborar propuestas que ayuden a reducir las inundaciones, aprovechando el agua de lluvia con el fin de tener comunidades y ciudades más sostenibles con una mejor gestión del agua como lo proponen los ODS 6 y 11.

Justificación ambiental: La microcuenca San José ha presentado un aumento significativo del uso de suelo de zona urbana, sustituyendo usos de suelo que antes eran naturales, afectando así el ciclo hidrológico natural al disminuir la infiltración del agua y a su vez aumentando la escorrentía. Esta zona urbana de la cuenca alberga distintas colonias y localidades con alto riesgo, peligro y vulnerabilidad por inundación (González *et al.*, 2018). Por lo que, con este trabajo, al abordarse temas de manejo de aguas pluviales y su aprovechamiento a través de soluciones basadas en la naturaleza se contribuye a generar propuestas relacionadas con la mejora del ciclo urbano del agua, el estrés hídrico, la mitigación de desastres asociados a fenómenos hidrometeorológicos y la adaptación al cambio climático.

1.4. Hipótesis

El análisis de los factores técnicos, sociales e institucionales desde el enfoque de la RU es un elemento clave para conocer la interrelación entre estas dimensiones y determinar si existe una viabilidad para implementar este tipo de alternativas como los SUDS en la zona de estudio.

Los factores técnicos intervienen al determinar si existe una disponibilidad de espacio para su instalación y al conocer el impacto de los SUDS en la gestión de las aguas pluviales, su aprovechamiento y la reducción de inundaciones, de acuerdo con las características geomorfológicas, hidráulicas e hidrológicas de la cuenca. Los factores sociales, al proporcionar una perspectiva de cómo puede reaccionar la población de las localidades dentro de la cuenca ante la implementación de estos sistemas. Finalmente, los factores institucionales al conocer la opinión y respuesta de las autoridades ante la implementación de este tipo de infraestructura.

De igual manera, la hipótesis de trabajo planteada se refiere a que la implementación de los SUDS en la microcuenca San José es viable en diferentes zonas, bajo las dimensiones técnica, social e institucional, teniendo un impacto en el aumento de la infiltración y disminución de los escurrimientos a nivel local, pudiéndose reducir las inundaciones y permitiendo un aprovechamiento del agua de lluvia.

1.5. Resiliencia urbana

El término resiliencia tiene distintos significados, cada uno con diferentes implicaciones, pero se puede entender como algo más que recuperación después del desastre, que según Folke (2006), la resiliencia es la capacidad de un sistema urbano complejo (incluidos los sistemas sociales, ecológicos e infraestructurales) para absorber las perturbaciones y mantener las funciones básicas durante y después de un desastre (Carrizosa, *et al.*, 2018). Por su parte, Meerow *et al.* (2015), proponen una definición para la resiliencia urbana dadas las inconsistencias en la literatura, argumentando que se necesita incorporar estas tensiones conceptuales y hacerlo de una manera flexible e inclusiva para permitir que diferentes perspectivas y énfasis permanezcan y florezcan. La definición que proponen es: “La resiliencia urbana se refiere a la capacidad de un sistema urbano -y todas sus redes socio-ecológicas y socio-técnicas constituyentes en escalas temporales y espaciales- para mantener o regresar rápidamente a las funciones deseadas ante una perturbación, adaptarse al cambio y transformar rápidamente los sistemas que limitan la capacidad adaptativa actual o futura” (Meerow, *et al.*, 2015, p. 45).

Por su lado, ONU-HABITAT (2016) define la resiliencia urbana como la capacidad de los sistemas urbanos para recuperarse rápidamente ante cualquier evento ocasionado por fenómenos perturbadores de origen natural o antrópico, y su propósito es evitar que un evento evolucione hasta convertirse en desastre. De esta forma, la resiliencia urbana permite analizar qué tan preparados están los asentamientos urbanos para recuperarse ante el embate de un agente perturbador, en cualquiera de sus dimensiones (social, ambiental, física, económica), en este caso ante el riesgo de inundaciones.

Durante las últimas dos décadas, la literatura sobre la evaluación de la resiliencia urbana ha crecido rápidamente (Sharifi, 2020), y a pesar de que el concepto de resiliencia se comprende mejor entre especialistas en el tema, no hay aún un consenso con respecto a su definición, así como la coherencia en su medición (Serfilippi y Ramnath, 2018). Como una forma de crear un enfoque sistemático y una visión más clara, Ribeiro y Gonçalves (2019) hacen un análisis de literatura sobre resiliencia urbana publicada entre 2003 y 2018, concluyendo que esta se basa en cuatro pilares básicos: resistir, recuperar, adaptar y transformar, además se compone de cinco dimensiones: natural, económica, social, física e institucional, aunque mencionan que, se carece de herramientas y métodos para evaluarla.

Dentro de los intentos por tener una manera más tangible de evaluar o medir la resiliencia urbana, existen diferentes marcos referencia como el propuesto por la firma ARUP y la Fundación Rockefeller; “*City Resilience Index*” publicado en 2014. Este trabajo presenta una propuesta para la comprensión, evaluación y monitoreo de la resiliencia urbana que consiste en cuatro dimensiones, 12 metas y 52 indicadores, los cuales son producto de una revisión de más de 150 referencias, 45 marcos y 14 estudios de caso (ARUP, 2014). Cabe mencionar que dicho marco de referencia fue utilizado en la “Estrategia de Resiliencia CDMX” publicada en 2016. En el cuadro 1.1 se presenta de manera resumida el contenido de este marco de referencia, destacando las metas 4, 7, 8, 10, 11 y 12 sobre las cuales se intenta incidir con la presente investigación.

Cuadro 1.1. Resumen del marco de referencia “*City Resilience Index*”.

Título de la publicación	Dimensiones	Metas	Indicadores
City Resilience Index	Salud y Bienestar	1. Vulnerabilidad humana mínima	1. Vivienda segura y asequible 2. Suministro de energía adecuado y asequible 3. Acceso inclusivo al agua potable 4. Saneamiento eficaz 5. Suministro de alimentos asequibles
		2. Diversos sustentos y empleo	6. Políticas laborales inclusivas 7. Habilidades y entrenamiento relevantes 8. Innovación y desarrollo de negocios locales 9. Mecanismos de financiación de apoyo 10. Protección diversa de los sustentos después de una perturbación
		3. Salvaguardas efectivas para la	11. Sistemas robustos de salud pública 12. Acceso a un cuidado de la salud de calidad

		salud y la vida humana	13. Atención médica de emergencia 14. Servicios efectivos de rpt. a emergencias
Economía y Sociedad		4. Identidad colectiva y apoyo mutuo	4. Apoyo de la comunidad local 5. Comunidades cohesivas 6. Fuerte identidad y cultura en la ciudad 7. Ciudadanos activamente comprometidos
		5. Seguridad integral y estado de derecho	8. Sistemas efectivos para disuadir el crimen 9. Prevención proactiva de la corrupción 10. Policía competente 11. Justicia penal y civil accesible
		6. Economía sustentable	12. Finanzas públicas bien gestionadas 13. Planificación integral de la continuidad del negocio 14. Base económica diversa 15. Entorno empresarial atractivo 16. Fuerte integración con las economías regionales y globales
Infraestructura y Ecología		7. Exposición y fragilidad reducidas	17. Mapeo completo de peligros y exposición 18. Códigos, estándares apropiados 19. Ecosistemas protectores gestionados de forma eficaz 20. Infraestructura de protección robusta
		8. Prestación efectiva de servicios críticos	21. Gestión eficaz de los ecosistemas 22. Infraestructura confiable 23. Capacidad de reserva retenida 24. Mantenimiento y continuidad activo 25. Continuidad adecuada para activos y servicios críticos
		9. Movilidad y comunicaciones confiables	26. Redes de transporte diversas y asequibles 27. Operación y mantenimiento de transporte efectivos 28. Tecnología de comunicaciones confiable 29. Redes tecnológicas seguras
Liderazgo y estrategia		10. Gestión y liderazgo efectivos	30. Toma de decisiones gubernamentales adecuada 31. Coordinación efectiva con otros organismos gubernamentales. 32. Colaboración proactiva de múltiples partes interesadas 33. Monitoreo integral de peligros y evaluación de riesgos 34. Gestión integral de emergencias gubernamentales
		11. Grupos de interés empoderados	35. Educación adecuada para todos 36. Amplia conciencia y preparación de la comunidad 37. Mecanismos efectivos para que exista compromiso entre comunidad y gobierno
		12. Planificación integrada del desarrollo	38. Monitoreo integral de la ciudad y gestión de datos 39. Proceso de planificación consultiva 40. Uso apropiado del suelo y zonificación. 41. Proceso de aprobación de planificación sólido

Fuente: Elaboración propia, adaptado de (ARUP, 2014, pp. 18-25).

Hablando de las nuevas tendencias que hay en el tema de la resiliencia urbana, Sharifi (2020) menciona hallazgos interesantes en su análisis de 420 artículos, destacando que en el periodo de 2015 – 2020 (de mayor crecimiento en cuanto a investigaciones sobre la resiliencia urbana) se muestra que la base intelectual del campo se expandió y consolidó aún más, destacando palabras clave como “resiliencia a las inundaciones”, “sistemas de infraestructura” y “adaptación al cambio climático”, lo que confirma que la evaluación de la resiliencia se ha enfocado más a estos temas durante los últimos cinco años, y muestra que se ha prestado más atención a la resiliencia frente a los riesgos relacionados con el agua, la adaptación a desastres y el uso de sistemas de infraestructura para favorecer dicha adaptación, teniendo en cuenta también los nuevos aumentos en la frecuencia e intensidad de los desastres inducidos por el clima.

1.5.1. Resiliencia urbana a las inundaciones

De acuerdo con las definiciones de resiliencia y resiliencia urbana, una ciudad resiliente a las inundaciones puede ser definida como lo menciona Russo *et al.*, (2020), como aquella que es capaz de resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de los efectos de las inundaciones a tiempo y de forma correcta, incluyendo la preservación y restauración de sus estructuras y funciones básicas. Esta resiliencia a las inundaciones engloba dos preocupaciones, tanto la seguridad de los ciudadanos contra las inundaciones como la conservación de la actual identidad de la ciudad (Liao, 2012).

Para mitigar los impactos de estas inundaciones y aportar a la resiliencia en las ciudades, existen diferentes alternativas que surgen del concepto de ciudades resilientes formulado por Godschalk en 2003 y de los paradigmas en hidrología urbana más destacados recientemente (SUDS, desarrollos de bajo impacto, gestión integrada de las aguas urbanas, entre otros). Las alternativas desde el diseño arquitectónico y urbano pueden ser techos verdes, captación de agua de lluvia, superficies urbanas permeables, entre otras, y desde la ingeniería, dispositivos de infiltración, pozos de absorción, zanjas de infiltración, cuencas de infiltración, cuencas de detención, estanques de retención, etcétera (Molina-Prieto, 2016).

Como una forma de evaluar y construir resiliencia en temas de agua, incluyendo a las inundaciones, existen distintos marcos referencia como el propuesto por la firma ARUP y la

Fundación Rockefeller; “*The city water resilience approach*” en 2019, derivándose del marco de referencia “*City Resilience Index*” publicado en 2014. Este marco de referencia sobre resiliencia al agua, abarca el tema de las inundaciones, y presenta una propuesta con cuatro dimensiones, 12 metas y 57 indicadores (ARUP, 2019). En el cuadro 1.2 se muestra de manera resumida el contenido de esta publicación.

Cuadro 1.2. Resumen del marco de referencia “*The city water resilience approach*”.

Título de la publicación	Dimensiones	Metas	Sub-metas
The city water resilience approach	Liderazgo y estrategia	1. Comunidades empoderadas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Compromiso y participación activa de la comunidad en torno a los problemas del agua 2. Comunicación efectiva de los programas y políticas gubernamentales en torno al agua. 3. Apoyo a las instituciones de la sociedad civil que trabajan en temas de agua 4. Apoyo a la cohesión social y redes comunitarias sólidas
		2. Visión estratégica	<ol style="list-style-type: none"> 5. Incorporación de conocimientos técnicos y expertos en la toma de decisiones en torno a los problemas del agua. 6. Incorporación del conocimiento y la cultura locales en la toma de decisiones. 7. Desarrollo de estrategias a largo plazo y planificación de acciones en torno al agua. 8. Incorporación de beneficios sociales, ambientales y económicos en la toma de decisiones en torno al agua. 9. Liderazgo político en torno a los problemas de resiliencia del agua
		3. Gobierno de cuenca coordinado	<ol style="list-style-type: none"> 10. Coordinación proactiva entre y dentro de las agencias gubernamentales. 11. Coordinación proactiva entre gobierno, sector privado y sociedad civil. 12. Fomento de roles y responsabilidades claros de las partes interesadas 13. Coordinación proactiva con las partes interesadas relevantes aguas arriba. 14. Coordinación proactiva en torno a los impactos aguas abajo.

	Planeación y finanzas	4. Regulación efectiva y responsabilidad	<p>15. Difusión de datos precisos</p> <p>16. Aplicación de las pautas de diseño y los estándares de construcción para la infraestructura del agua.</p> <p>17. Aplicación de las regulaciones de uso de la tierra y la zonificación.</p> <p>18. Aplicación de procedimientos de toma de decisiones transparentes y responsables</p> <p>19. Regulación y aplicación efectiva en torno a la calidad de la prestación del servicio de agua.</p>
		5. Planeación adaptativa e integral	<p>20. Seguimiento activo y evaluación de programas</p> <p>21. Incorporación de redundancia en fuentes, redes y activos de agua</p> <p>22. Planificación integrada en sistemas urbanos interdependientes</p> <p>23. Planificación integrada con la agricultura y las cadenas de suministro de alimentos</p> <p>24. Promoción de la cultura, los procesos y los recursos para posibilitar la innovación</p>
		6. Financiación y finanzas sostenibles	<p>25. Evaluación holística de los impactos sociales y ambientales de los programas de agua.</p> <p>26. Fomento de procedimientos transparentes de toma de decisiones financieras y desembolsos</p> <p>27. Provisión de recursos financieros suficientes para el mantenimiento y conservación de la infraestructura hídrica</p> <p>28. Provisión de recursos financieros suficientes para nuevos programas y proyectos de agua.</p> <p>29. Precios del agua y el saneamiento para la recuperación de costos y la gestión de la demanda</p>
	Infraestructura y Ecosistemas	7. Respuesta y recuperación efectivas ante desastres	<p>30. Sistemas integrales de vigilancia, previsión y alerta temprana de peligros</p> <p>31. Coordinación de la respuesta ante desastres y la preparación para la recuperación.</p> <p>32. Asegurar fondos adecuados al gobierno para la recuperación de desastres.</p> <p>33. Fomento de la capacidad comunitaria para la preparación y respuesta a los peligros del agua.</p>

		8. Gestión efectiva de activos	<p>34. Monitoreo y evaluación activos de la infraestructura hídrica</p> <p>35. Asegurar la capacidad humana adecuada para las operaciones y la implementación.</p> <p>36. Fomento de infraestructura diversa para la protección contra inundaciones</p> <p>37. Fomento de cadenas de suministro confiables para la infraestructura del agua.</p> <p>38. Mantenimiento y actualización de rutina de la infraestructura del agua.</p>
		9. Ambientes naturales protegidos	<p>39. Monitoreo y evaluación activos de los recursos ambientales</p> <p>40. Promoción del uso comercial sostenible del agua</p> <p>41. Promoción del uso sostenible del agua en los hogares</p> <p>42. Protección de ecosistemas y hábitats acuáticos críticos</p> <p>43. Protección de los recursos hídricos subterráneos y superficiales</p>
		10. Prestación equitativa de servicios esenciales	<p>44. Prestación de servicios de salud mental para reducir los traumas relacionados con los peligros del agua.</p> <p>45. Prestación de servicios de salud física para reducir los traumas relacionados con los obstáculos de agua.</p> <p>46. Suministro de agua potable segura</p> <p>47. Prestación de servicios de saneamiento</p> <p>48. Asequibilidad universal de los servicios de agua y saneamiento</p>
		11. Espacios urbanos saludables	<p>49. Aplicación de principios de diseño sensible al agua en edificios.</p> <p>50. Introducción y mejora de los servicios hídricos urbanos</p> <p>51. Introducción de infraestructura azul y verde a los barrios.</p> <p>52. Desarrollo de suelo urbano y creación de lugares alrededor de paisajes acuáticos.</p>
Salud y Bienestar		12. Comunidades prósperas	<p>53. Fomento de seguros contra riesgos relacionados con el agua y ahorros de emergencia para hogares y empresas</p> <p>54. Protecciones en torno al desplazamiento relacionado con el clima</p> <p>55. Suministro de agua de suficiente calidad y cantidad para usos comerciales</p> <p>56. Apoyo para mejorar la movilidad a través del transporte por agua</p> <p>57. Apoyo a los medios de vida en torno al agua</p>

Fuente: Elaboración propia, adaptado de (ARUP, 2019, pp. 56-63).

Con base en el cuadro anterior, la presente investigación cubre gran parte de los subtemas de las Metas 1, 2, 3, 7 y 8, sin embargo, también contribuye al cumplimiento de las metas 4, 5, 6 y 11. Al ser la resiliencia un concepto que da una imagen general, al englobar diferentes componentes para un análisis más amplio, tiene un gran potencial ayudar en la creación de herramientas de gestión en el futuro (Bertilsson, 2018).

Los enfoques específicos para mejorar la resiliencia a las inundaciones pluviales en las ciudades han sido investigados recientemente en la última década (Rosenzweig *et al.*, 2018). Para poder lograrlo es necesario un cambio de régimen en la gestión del agua urbana, donde se favorezca la gestión integrada del recurso en proyectos para mitigar inundaciones, además de hacer planes de reorganización en caso de que ocurran daños (Sorensen *et al.*, 2016). Este cambio de régimen ya se está dando en ciudades que han comenzado a adoptar un enfoque de infraestructura "azul-verde" para la gestión de aguas pluviales, (Rosenzweig *et al.*, 2018).

1.6. Riesgo y reducción de inundaciones

El riesgo es la probabilidad de consecuencias perjudiciales o pérdidas esperadas, resultado de interacciones entre amenazas naturales o antropogénicas y condiciones de vulnerabilidad (Soria, *et al.*, 2015). Cuando el riesgo pasa de ser una probabilidad a un hecho, entonces se puede hablar de desastre, pues los daños y las pérdidas se han presentado en el sistema. En este sentido los desastres, son riesgos mal manejados por las sociedades, lo que significa que todo riesgo está construido socialmente, aun cuando el evento físico con lo cual se asocia sea natural (Peña, 2017). El desastre es un producto de acciones de las personas sobre la naturaleza y de manera progresiva genera condiciones de vulnerabilidad social y el riesgo, y como evento que sucede en un determinado tiempo y espacio, el desastre supone la respuesta de actores sociopolíticos con percepciones, discursos y acciones diferentes (Castillo y De Alba, 2017).

La complejidad adjunta al riesgo de inundación necesita el tomar en cuenta diferentes instancias para su análisis, no sólo lo científico-técnico y para ello, el riesgo se puede separar en cuatro dimensiones que son la peligrosidad, la vulnerabilidad, la exposición, y la incertidumbre (Rosales, *et al.*, 2015). La mitigación del impacto de las inundaciones, con un enfoque hacia el mejoramiento de la calidad de vida de la población, conlleva forzosamente la

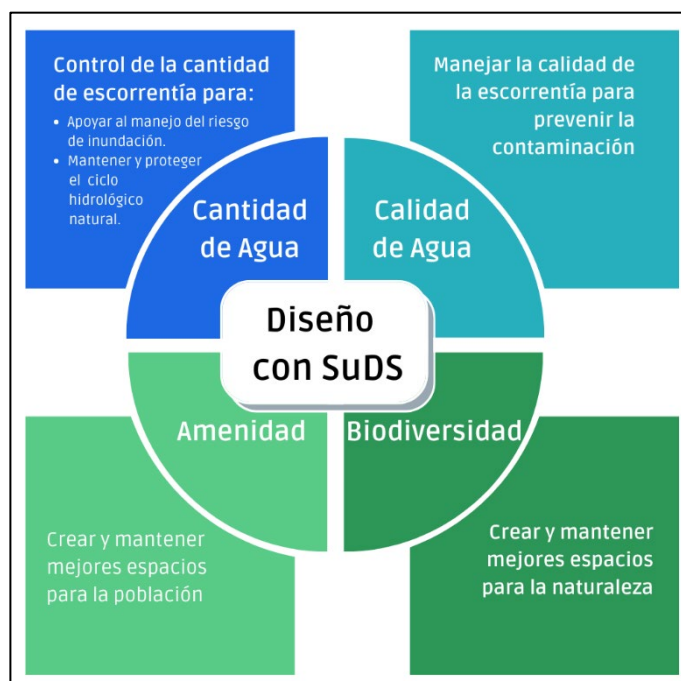
gestión del riesgo de inundación y su mitigación a niveles socialmente aceptables, ya sea disminuyendo los efectos a través de la reducción de la exposición y/o reduciendo la vulnerabilidad de los habitantes o infraestructura expuesta (Bereciartua, 2008).

La gestión de riesgo, junto con la combinación de medidas estructurales y no estructurales para prevenir, mitigar, prepararse, responder y recuperarse de inundaciones, son aspectos fundamentales a considerar dentro del contexto del agua urbana. En particular la gestión del riesgo de inundaciones presta atención a las variables socioeconómicas afectadas por las inundaciones, por lo que un enfoque de planificación adecuado puede tener un impacto positivo en la reducción de las afectaciones por inundaciones, creando una relación más armoniosa entre los entornos naturales y construidos, mejorando la calidad de vida de la población creando una ciudad más saludable y reduciendo los gastos públicos con el tiempo (Bertilsson, 2018).

1.7. Los SUDS y modelos de desarrollo homólogos

Los Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible (SUDS por sus siglas en inglés, “*Sustainable Urban Drainage Systems*”) o Sistemas de Drenaje Sostenible (SuDS), son una gama de tecnologías y técnicas utilizadas para drenar las aguas pluviales y el exceso de agua superficial de una manera más sostenible que las soluciones convencionales. Además estos sistemas se configuran como una secuencia de prácticas y tecnologías de aguas pluviales que trabajan juntas para formar un tren de gestión diseñado para almacenar, atenuar y tratar el agua superficial y, al hacerlo, reducir las escorrentías y las inundaciones (Cotterill y Bracken, 2020) El diseño de SUDS comprende cuatro pilares principales de acuerdo con el Manual de SUDS de la “*Construction Industry Research and Information Association*” (CIRIA) del Reino Unido (Woods *et al.*, 2015), y estos son: cantidad de agua, calidad del agua, biodiversidad y amenidad (figura 1.1).

Figura 1.1. Pilares principales en el diseño de los SUDS.



Fuente: Adaptado de CIRIA (2015, p. 6).

La filosofía de estos sistemas consiste en recrear el ciclo hidrológico natural (antes de la urbanización), y su objetivo es reducir los efectos de la urbanización tanto en cantidad como en calidad de la escorrentía, además de mejorar la parte paisajística en la ciudad y aspectos sociales y ambientales. Estos sistemas comprenden una amplia gama de soluciones que hacen frente a las propuestas de diseño y manejo de aguas pluviales contemplando una visión más completa al asignar importancia a distintos aspectos, como lo son los medioambientales y sociales, así como también a los técnicos (hidrológicos e hidráulicos) (Perales y Andrés, 2008).

Respecto a los tipos de SUDS, no existe como tal una clasificación universal, pero de acuerdo con Perales *et al.*, (2008) se pueden tener dos clasificaciones de medidas (estructurales y no estructurales), como se muestra a continuación. Las medidas no estructurales previenen por una parte la contaminación del agua reduciendo las fuentes potenciales de contaminantes y, por otra, evitan parcialmente el tránsito de las escorrentías hacia aguas abajo y su contacto con contaminantes. Algunas medidas no estructurales se asocian a:

- Educación y programas de participación ciudadana.
- Planificación y diseño para reducir las áreas impermeables.
- Limpieza de áreas impermeables para disminuir los contaminantes.
- Control de uso de herbicidas y fungicidas en parques y jardines.
- Control en obras para prevenir arrastre de sedimentos.
- Evitar que los escurrimientos tengan contacto con contaminantes.
- Control de conexiones ilegales al alcantarillado.
- Aprovechamiento de agua pluvial (cosecha de agua de lluvia).

Las medidas estructurales son aquellas que gestionan la esorrentía por medio de acciones que contemplen algún elemento constructivo o supongan la adopción de criterios urbanísticos como pueden ser:

- Cubiertas vegetadas.
- Superficies permeables.
- Captación de agua en techos.
- Pozos y zanjas de infiltración.
- Drenes filtrantes o franceses.
- Cunetas verdes.
- Depósitos de infiltración.
- Depósitos de detención.
- Estanques de retención.
- Humedales.
- Sistemas de biorretención y jardines de lluvia, entre otros.

Las fotografías 1.1 y 1.2 muestran algunos ejemplos de técnicas de SUDS/I.V. implementados en ciudades de la frontera norte de México.

Fotografía 1.1. Pavimento permeable en Hermosillo, Sonora.



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 19 de octubre de 2021.

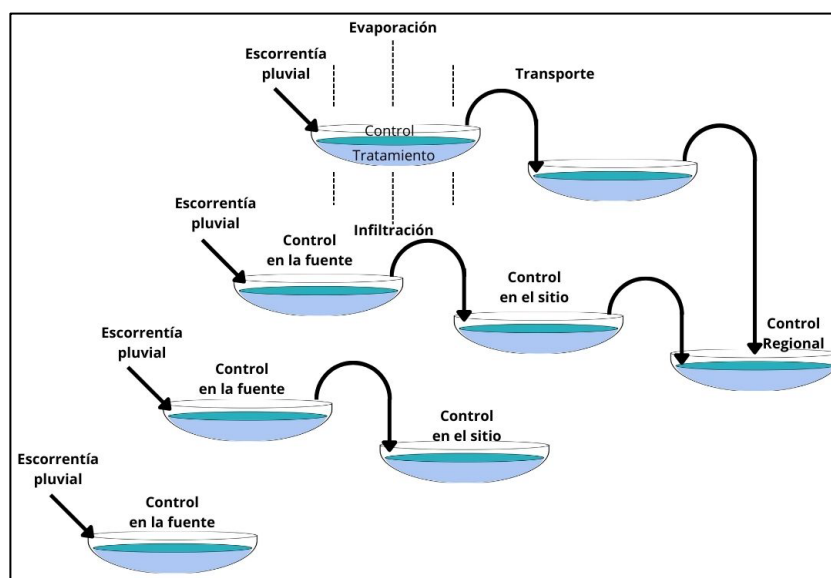
Fotografía 1.2. Jardín de lluvia en Ciudad Juárez, Chihuahua.



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 29 de octubre de 2021.

Estas técnicas a su vez se pueden clasificar de acuerdo con su operación. Los sistemas de control en origen, donde se encuentran las cubiertas vegetadas, las superficies permeables, los pozos y zanjas de infiltración y los jardines de biorretención. Los sistemas de filtración y transporte, representados por los drenes filtrantes o franceses, franjas filtrantes y cunetas verdes. Finalmente se encuentran los sistemas de almacenaje y tratamiento con técnicas como depósitos de infiltración, estanques de retención y humedales. La jerarquía de técnicas que deben considerarse en el desarrollo de las etapas de gestión son las siguientes: 1) Prevención, que comprende el adecuado diseños del sitio y medidas de limpieza para prevenir la escorrentía y contaminación; 2) Control de la fuente, que engloba el control de la escorrentía en su fuente o muy cerca de ella, usando técnicas de infiltración, techos verdes, pavimentos permeables, entre otros; 3) Control del sitio, manejo del agua en un área local, mediante la conducción del agua desde los techos de los edificios y los estacionamientos a una zona de infiltración o depósito de detención y 4) Control regional, que consiste en el manejo de la escorrentía de uno o más sitios, generalmente en una obra de regulación o humedal (CIRIA, 2007). La figura 1.2 muestra una síntesis de las etapas de gestión de agua del lluvia.

Figura 1.2. Etapas de gestión de agua de lluvia.



Fuente: Adaptado de CIRIA (2007, p. 12).

El uso de estos sistemas sostenibles puede cambiar dependiendo del objetivo que se busque lograr con la captación de aguas pluviales, por ejemplo, para reducir las escorrentías superficiales y mitigar el riesgo de inundación, para almacenar las aguas que llevan gran carga de contaminantes y evitar su disposición en ríos y ecosistemas marinos o para un aprovechamiento posterior almacenando el agua en tanques y suplir usos consuntivos urbanos. Esta última siendo una alternativa para el abastecimiento de agua en regiones que presentan estrés hídrico (Hernández *et al.*, 2020).

Para cumplir de mejor manera con la imitación de los procesos naturales que buscan los SUDS, es necesario seguir etapas de gestión, las cuales se basan en el uso de técnicas de drenaje en serie para reducir gradualmente la contaminación, los caudales y los volúmenes (CIRIA, 2007).

Estos sistemas han sido utilizados en muchos países como Estados Unidos, Suecia y Australia por muchos años, sin embargo, el enfoque global de gestión de la cantidad y la calidad del agua de lluvia es relativamente nuevo (Boogard, 2015). Como respuesta a los problemas de gestión de calidad y cantidad de agua pluvial, a mediados de la década de los noventa, varios países, siguiendo el ejemplo de Estados Unidos, Francia y Australia, propusieron un conjunto de nuevas estrategias para el tratamiento cualitativo y cuantitativo de las aguas pluviales en el medio urbano, teniendo como idea principal que el manejo del agua pluvial en el medio urbano es el mantenimiento de los mecanismos naturales de flujo de agua, o el uso de estructuras que buscan imitar algún proceso del ciclo hidrológico natural alterado (Poletto y Tassi, 2012).

1.7.1. Origen de los SUDS

El drenaje urbano es un campo muy antiguo, que se remonta al menos al 3000 a. C. con las civilizaciones del valle del Indo con un enfoque en la conducción del agua fuera de las zonas urbanas. En la antigua Roma, el Imperio Romano tuvo grandes aportaciones al diseño de drenajes. Sin embargo, en tiempos más recientes el drenaje urbano ha cambiado y adoptado enfoques más integrales tales como desarrollo de bajo impacto (LID), sistemas de drenaje urbano sostenible (SUDS), diseño urbano sensible al agua (WSUD), mejores prácticas de manejo (BMPs) y otras técnicas alternativas. El origen de los SUDS surge del cambio de enfoque en el manejo de aguas pluviales en Reino Unido a finales de 1990, ganando aceptación

más rápidamente en Escocia que en Inglaterra y Gales, incluso se dio un importante avance regulatorio por parte de la Agencia Escocesa de Protección Ambiental para la implementación de BMP en nuevos desarrollos. El concepto del triángulo del drenaje sostenible (cantidad, calidad, hábitat/amenidad) fue establecido por D'Arcy en 1998 y se cree que Jim Colin en 1997 asignó el término de drenaje urbano sostenible, además por estas fechas se empezaban a desarrollar los principios de este drenaje. El término SUDS se formalizó en los años 2000 con la publicación de un conjunto de guías y manuales, siendo “*The SUDS Manual*” realizado por CIRIA en 2007 el documento más autorizado. Finalmente, este concepto y terminología comenzó a incluirse en la legislación en Inglaterra, Gales y particularmente en Escocia ha sido obligatorio el uso de SUDS en nuevos desarrollos desde el año 2003 con un enfoque principal de mejora de la calidad de agua y un segundo para gestionar las aguas de tormenta. Por su parte, Inglaterra y Gales han implementado los SUDS con un enfoque principal en la cantidad de agua más que calidad (Fletcher, *et al.*, 2015).

1.7.2. Modelos de desarrollo homólogos

Así como se menciona en el apartado anterior, los SUDS y modelos homólogos surgen a partir de un cambio de paradigma en la gestión de aguas pluviales con un enfoque holístico e integral, buscando un menor impacto de las obras, junto con más beneficios ambientales, sociales y económicos. A pesar de que surgen de este mismo cambio de enfoque, existen diferencias en las definiciones y alcances de estos modelos, a continuación, se presenta una breve descripción de algunos de ellos.

1.7.2.1. Infraestructura Verde (I.V.)

La I.V. se puede definir como una “infraestructura polifuncional que utiliza sistemas naturales (o sistemas producto de ingeniería que imitan procesos naturales para mejorar la calidad ambiental y proveer servicios sociales, económicos, culturales y ambientales. La I.V. es utilizada como componente de un sistema de manejo y aprovechamiento sustentable de agua” (IMPLAN Hermosillo, 2017, p. 19). De acuerdo con el manual de I.V. publicado por el IMPLAN Hermosillo en 2017 existen diferentes escalas de aplicación de este tipo de

infraestructura y junto con ellas diferentes tipos de técnicas. En el cuadro 1.3 se puede observar esta clasificación.

Cuadro 1.3. Clasificación de técnicas de I.V. por escala de aplicabilidad.

Escala	Técnica
<p>Micro: Técnicas y tecnologías específicas a aplicarse en el territorio para obtener beneficios directos relacionados al manejo de agua pluvial e incremento de cobertura vegetal.</p>	<p>Sistemas pasivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Canales vegetados • Jardines de lluvia • Drenaje francés • Presa filtrante • Pozo de infiltración • Pavimento permeable <p>Sistemas activos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Techo verde • Muro verde • Cisterna
<p>Macro: Extiende las implementaciones de microescala hasta tener una red de I.V. y busca conservar y reforzar los elementos naturales en el paisaje.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Red de intervenciones a escala micro • Parques, ríos, lagos, cañadas, cerros, etc.

Fuente: Elaboración propia con información de IMPLAN Hermosillo (2017).

De acuerdo con el cuadro anterior, tanto los objetivos de los SUDS como de la I.V., son reducir el impacto de la escorrentía y aprovechar, desde el enfoque de una cuenca hidrográfica, el agua de lluvia para cubrir necesidades específicas o reducir el riesgo de desastres. Sin embargo, en este trabajo se optó por utilizar el enfoque de los SUDS por estar más alineado al control de inundaciones y, por otro lado, la recarga de agua en el subsuelo.

1.7.2.2. Desarrollo de Bajo Impacto (LID)

Los desarrollos de bajo impacto o LID por sus siglas en inglés (*Low Impact Development*), es un término usado mayormente en E.U.A. y en Nueva Zelanda, este enfoque busca minimizar el costo de la gestión de aguas pluviales, adoptando un diseño junto con la naturaleza. Este término se usó para distinguir el diseño en el sitio y el enfoque de cuenca del enfoque convencional de gestión de aguas pluviales (basado en el transporte de agua por medio de tuberías hacia grandes sistemas de detención). Por lo que los LID se caracterizan por ser dispositivos de tratamiento de aguas de lluvia de una escala menor, tales como sistemas de biorretención, techos verdes y cenagales, ubicados en la fuente de escorrentía o cerca de ella (Fletcher *et al.*, 2015).

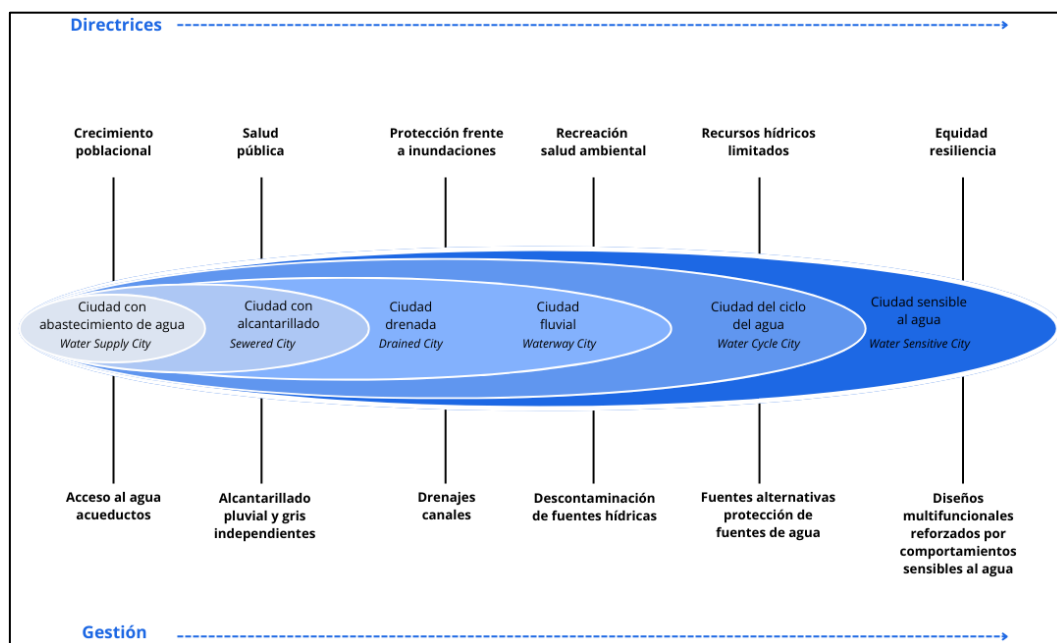
1.7.2.3. Mejores Prácticas de Manejo (BMPs)

Las Mejores Prácticas de Manejo o BMPs por sus siglas en inglés (*Best Management Practices*), es un término usado principalmente en E.U.A y Canadá han tenido una evolución en sus definiciones a lo largo de los años, desde aquellas con un enfoque estructurado para prevenir la contaminación hasta definiciones más específicas para la aplicación particular en el manejo de aguas pluviales, de tal modo que un BMP incluiría una técnica, proceso, actividad o estructura para reducir la contaminación de la descarga de aguas pluviales pudiendo ser implementada individualmente o un conjunto para maximizar su efectividad. Algunos ejemplos de estas técnicas o procesos que pueden ser usados en estos BMPs son un adecuado mantenimiento y limpieza (medida no estructural) con la implementación de sistemas de biorretención o infraestructura verde (medidas estructurales) cumpliendo con el objetivo principal de la prevención de la contaminación (Fletcher *et al.*, 2015).

1.7.2.4. Diseño Urbano Sensible al Agua (WSUD)

El Diseño Urbano Sensible al Agua o WSUD por sus siglas en inglés (*Water Sensitive Urban Design*) al igual que otros enfoques, surgió de las publicaciones hechas en los años 90's acerca de prácticas más integrales y sostenibles para la gestión del agua de lluvia, y la aparición del WSUD en Australia logró llevar a nivel mundial el concepto de la gestión integrada del agua con la tierra. Aunque su origen fue en Australia, el término WSUD ahora se usa cada vez más a nivel internacional, particularmente en el Reino Unido y Nueva Zelanda (Ashley *et al.*, 2013). Este modelo busca integrar la gestión del ciclo del agua con el entorno construido por medio de la planeación y el diseño urbano (Morgan *et al.* 2013; Cabañas, 2020). Por lo que una ciudad sensible al agua combina infraestructura física, el diseño urbano sensible al agua y la gestión integrada del agua urbana, tomando en cuenta aspectos sociales, de gobernanza y compromiso social, con el fin de construir una ciudad como un sistema interconectado donde la infraestructura y servicios de agua mejoren la calidad de vida de las personas (Cabañas, 2020). En la figura 1.3 se puede observar la evolución que deben tener las ciudades para lograr ser ciudades sensibles al agua.

Figura 1.3. Evolución de las ciudades a partir de la gestión de las aguas urbanas.



Fuente: Adaptado de Molina-Prieto, (2016, p. 90).

1.7.1.5. Ciudad Esponja

El concepto de Ciudad Esponja o "*Sponge City*" fue propuesto formalmente por el gobierno nacional chino a través del "*Sponge City Program*" (SCP) en el año 2013, que aborda los problemas de las aguas pluviales urbanas como las inundaciones y la contaminación mediante el uso de enfoques más amistosos ecológicamente que han sido probados en 30 ciudades piloto en su país. Este enfoque comprende una práctica que describe el uso del concepto de una esponja para absorber el agua durante las tormentas y liberarla de regreso a la escorrentía urbana después del proceso de infiltración y purificación (Qi *et al.*, 2020) (figura 1.4). Este concepto busca: 1) adoptar y desarrollar conceptos LID que ayudan al control del gasto pico, además del almacenamiento, reutilización y purificación de las aguas pluviales; 2) actualizar los sistemas de drenaje convencionales usando infraestructura más resiliente a las inundaciones y aumentar los estándares de protección de drenaje actuales utilizando sistemas LID para compensar las descargas máximas y reducir el exceso de agua pluvial; y 3) integrar cuerpos de agua naturales y fomentar objetivos multifuncionales en el diseño del drenaje (buscando brindar servicios ecosistémicos y amenidad con espacios verdes) (Shun *et al.*, 2018).

Figura 1.4. Esquema del concepto de ciudad esponja.



Fuente: Adaptado de Shun *et al.* (2018, p. 773).

Con este último modelo de desarrollo se termina este apartado, donde se explicaron cinco modelos de desarrollo homólogos a los SUDS, explicando sus similitudes en sus principios, enfoques y aplicaciones.

1.8. Conclusiones

En este primer capítulo se presentaron las directrices que guiaron este trabajo de investigación, así como el marco teórico conceptual que lo sustenta. Con la información presentada se parte para tomarla como referencia en los capítulos siguientes y de esta manera, contrastar los hallazgos con la teoría, y comprobar si se alcanzan los objetivos, se responde a la pregunta de investigación, y se comprueba la hipótesis.

Específicamente, los objetivos, pregunta de investigación e hipótesis presentados hablan del análisis de factores en las dimensiones técnica, social e institucional con el fin determinar la viabilidad de implementar SUDS en la zona de estudio para reducir inundaciones, tomando en cuenta el enfoque de la RU, que justamente hace énfasis en la importancia que tiene las diferentes dimensiones mencionadas y señala diferentes factores relevantes como los

presentados en los marcos de referencia de los cuadros 1.1 y 1.2. A su vez, se abordaron otros dos conceptos necesarios, los cuales fueron el riesgo y reducción de inundaciones, y los SUDS y modelos de desarrollo homólogos. Con el primero se explicó en qué consiste una inundación, cómo se compone el riesgo y cómo se puede mitigar reduciendo la amenaza (inundaciones), con el segundo concepto se describió qué son y en qué consisten los SUDS, además de otros modelos homólogos como lo son los LID, ciudad esponja, I.V., etcétera. Otro de los objetivos fue el documentar casos de implementación de este tipo de sistemas como lo es la I.V., para lo cual, en el capítulo tres de este escrito se presentan dos casos en dos ciudades del norte de México, donde se analizaron diferentes factores relevantes que intervinieron en la implementación de este tipo de infraestructura, así como sus lecciones aprendidas, factores de éxito y obstáculos.

En resumen, se puede decir que los SUDS forman parte de un conjunto de estrategias orientadas a aprovechar las aguas en demasía en las áreas urbanas desde el enfoque de cuenca hidrográfica en condiciones naturales. Los beneficios de su implementación pretenden cumplir dos objetivos básicos, reducir las inundaciones mediante la infiltración del agua o su deposición en lugares seguros y, por el otro, fomentar la recarga de agua de lluvia en los mantos acuíferos locales. Sin embargo, su desarrollo implica solventar una serie de obstáculos tanto físicos (dónde instalarlos), sociales (serán bien recibidos y cuidados), e institucionales (quién deberá construirlos y mantenerlos). Para tratar de dar respuesta a estas y otras preguntas, a continuación, se describe el contexto geográfico de la zona de estudio, así como la estrategia metodológica que permitió realizar las actividades y procesos necesarios para alcanzar los objetivos planteados.

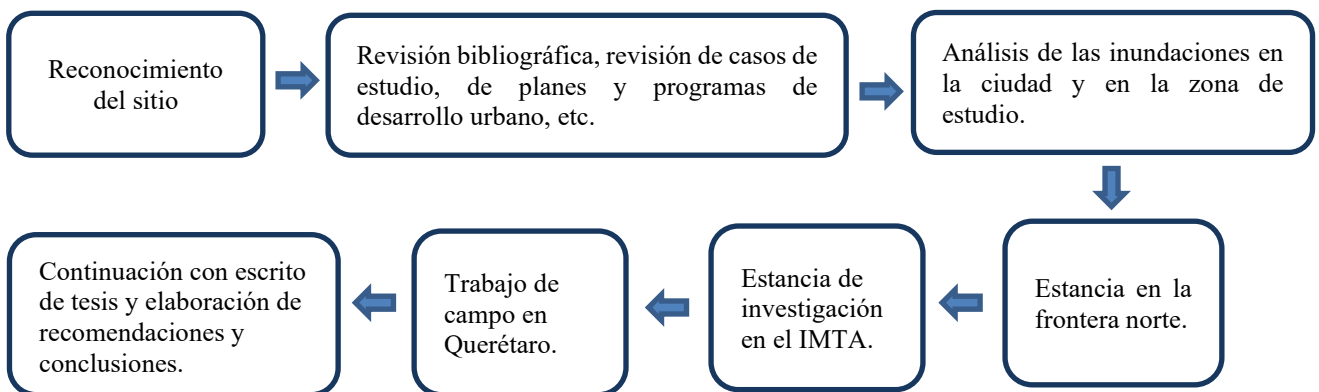
CAPÍTULO II: CONTEXTO GEOGRÁFICO DE LA ZONA DE ESTUDIO Y ESTRATEGIA METODOLÓGICA

En este capítulo se describe la zona de estudio y su contexto, también se presenta cómo fue recabada y analizada la información (técnicas mixtas), y finalmente se explica de manera general lo realizado en el trabajo de campo y en las estancias de investigación.

Para este trabajo de investigación se realizó un reconocimiento del sitio, revisión bibliográfica de artículos, libros, casos de estudio, planes de desarrollo urbano, etc.; análisis del contexto de las inundaciones en la ciudad y en la zona de estudio; una estancia de investigación en dos ciudades de la frontera norte del país con el fin de analizar casos comparativos donde se ha desarrollado infraestructura verde; una estancia de investigación en el IMTA para la construcción de un modelo hidrológico-hidráulico de la cuenca usando software de simulación numérica y Sistemas de Información Geográfica (SIG); trabajo de campo en la ciudad de Querétaro para realizar entrevistas a actores clave sociales e institucionales; y finalmente la elaboración de recomendaciones y conclusiones.

En la siguiente figura se presenta de manera resumida las etapas que se llevaron a cabo en este trabajo de investigación.

Figura 2.1. Estrategia metodológica de la investigación.

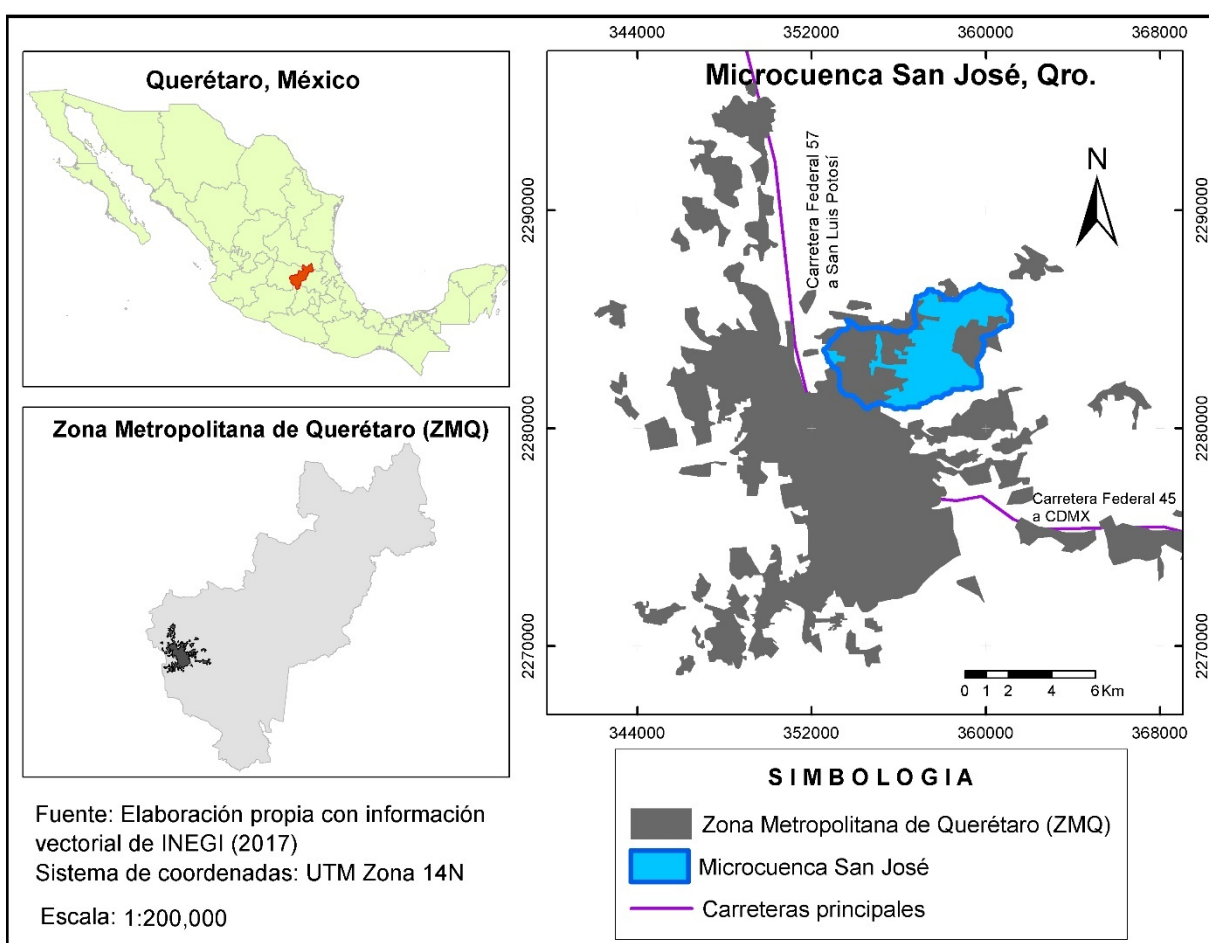


Fuente: Elaboración propia.

2.1. Descripción de la zona de estudio

La microcuenca San José (MCSJ) se encuentra en el estado de Querétaro, al Noreste de la Zona Metropolitana de Querétaro (ZMQ), dentro de los municipios de Querétaro y El Marqués, perteneciendo un 94 por ciento de su área al municipio de Querétaro y un seis por ciento al municipio de El Marqués. Se trata de una cuenca periurbana con un área total aproximada de 28 kilómetros cuadrados (km²) y un perímetro de 30 kilómetros (km) aproximadamente, y está ubicada entre las siguientes coordenadas geográficas: 20° 40'30'' y 20° 37'10'' Norte, y 100° 25' 10'' y 100° 19' 50'' Oeste.

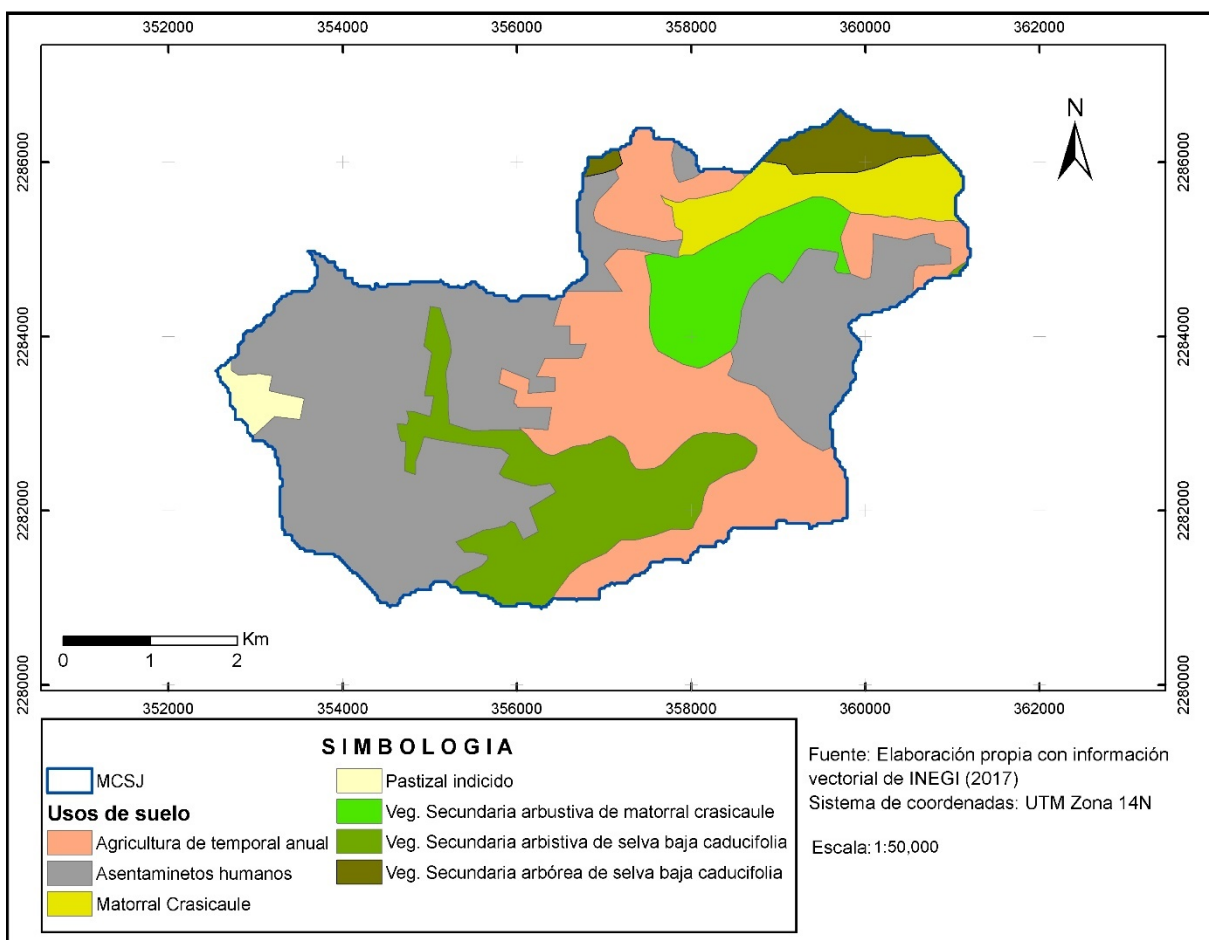
Mapa 2.1. Ubicación de la microcuenca San José.



Fuente: Elaboración propia con información vectorial de INEGI (2017).

Esta microcuenca está en su mayoría dentro del municipio de Querétaro, el cual tiene un clima semiseco. A nivel estado se tiene una precipitación media anual de 570 milímetros (mm), y una temperatura media de 18 grados Celsius; temperatura mínima promedio de seis grados y temperatura máxima promedio de 28 grados. La MCSJ es una cuenca periurbana, ya que cuenta con zonas urbanizadas de asentamientos humanos y otras con diferentes usos de suelo sin urbanizar. De acuerdo con información de INEGI (2017), la cuenca se compone de un total de siete diferentes usos de suelo y vegetación: 1) asentamientos humanos, 2) matorral crasicaule, 3) pastizal inducido, 4) agricultura de temporal anual, 5) vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule, 6) vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia, y 7) vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia. El mapa 2.2 y el cuadro 2.1 presentan la distribución y porcentajes de los usos del suelo.

Mapa 2.2. Usos de suelo en la microcuenca San José.



Fuente: Elaboración propia con información vectorial de INEGI (2017).

Cuadro 2.1. Usos de suelo en la microcuenca San José y sus porcentajes de área.

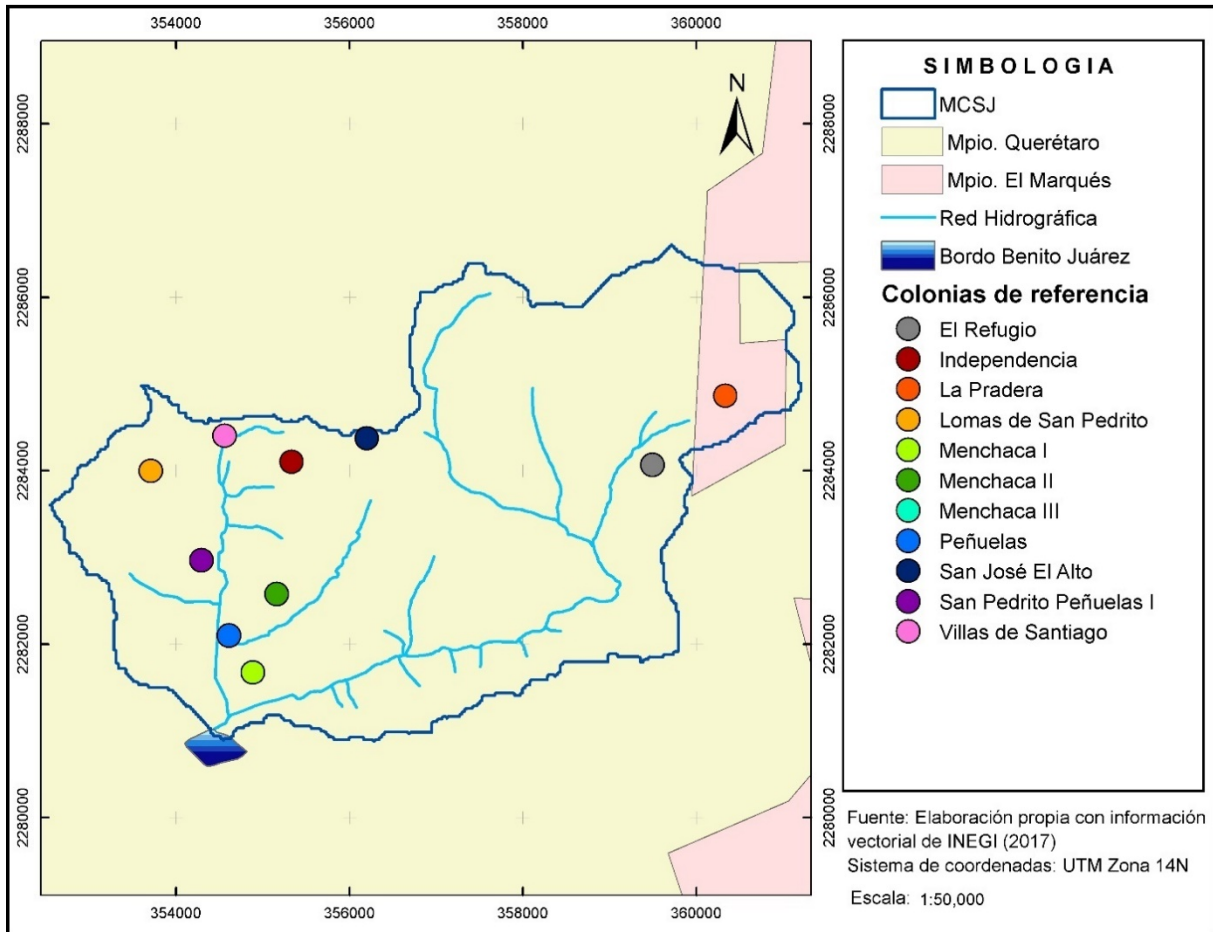
No.	Uso de suelo y vegetación	% de área
1	Asentamientos humanos	43
2	Matorral crasicaule	6
3	Pastizal inducido	1
4	Agricultura de temporal anual	25
5	Vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule	7
6	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	14
7	Vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia	3
Total		100

Fuente: Elaboración propia con información vectorial de INEGI (2017).

Analizando el cuadro presentado, el uso de suelo que mayor área ocupa es el de asentamientos humanos con un 43 por ciento, con principal presencia en la zona Oeste de la cuenca, seguido de este uso de suelo destacan la agricultura de temporal anual con un 25 por ciento y la vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia con un 14 por ciento. Finalmente, el uso de suelo con menor área ocupa en la cuenca es el de pastizal inducido con un uno por ciento.

De acuerdo con información del Instituto Municipal de Planeación de Querétaro (2019) dentro de estos asentamientos humanos en la cuenca, pertenecientes tanto al municipio de Querétaro como al municipio de El Marqués, se encuentran alrededor de 80 colonias y fraccionamientos además de asentamientos irregulares. De estas colonias y fraccionamientos, hay algunas más conocidas o populares, las cuales sirven como referencia, tales como: El Refugio, Independencia, La Pradera, Lomas de San Pedrito, las tres Menchacas (Menchaca I, II y III), Peñuelas, San Pedrito Peñuelas, Villas de Santiago, San José el Alto, entre otras. Hablando de forma muy general de las zonas altas y bajas, la zona norte puede considerarse la zona alta, mientras que la zona sur como la zona baja, es decir, que los escurrimientos de agua vienen de la parte Norte y atraviesan al centro y sur de la cuenca, desfogando en el bordo Benito Juárez dentro del Parque Querétaro 2000. En el mapa 2.3 se muestran algunas colonias de referencia junto con la red hidrográfica de la cuenca y su punto de desfogue, además se ilustran las zonas que pertenecen a los municipios de Querétaro y El Marqués.

Mapa 2.3. Colonias principales y ocupación en municipios en la microcuenca San José.



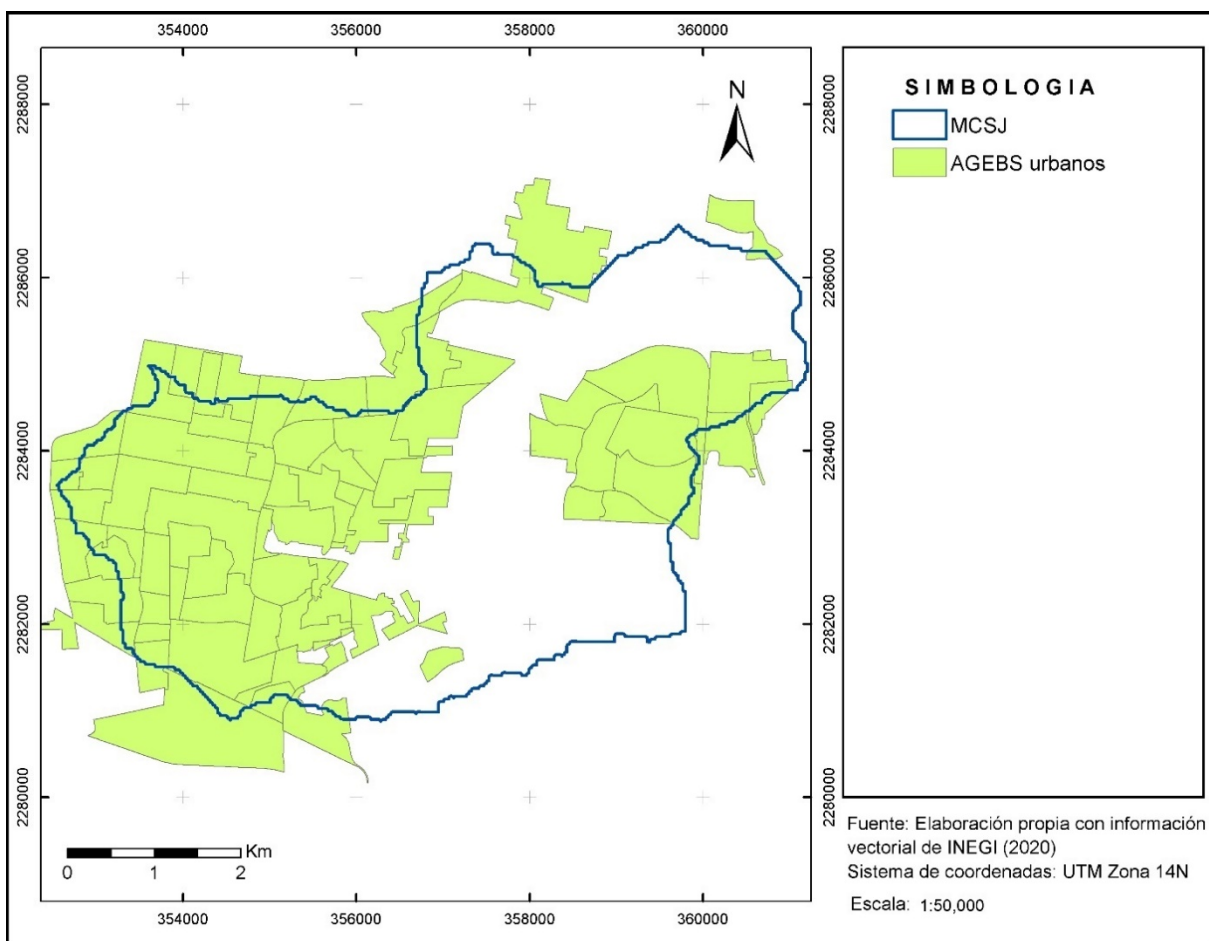
Fuente: Elaboración propia con información vectorial de INEGI (2017).

Las colonias y fraccionamientos que se encuentran en la zona de estudio tienen diferentes características sociodemográficas, de las cuales se seleccionaron algunas consideradas como las más relevantes para este estudio. Véase cuadro 2.2.

La información socioeconómica y de vivienda se obtuvo del Censo de Población y Vivienda de 2020 del INEGI (INEGI, 2021). Para obtener la información de la zona que no corresponde a los límites administrativos (municipio, estado, etc.) se realizó un cruce de información de los datos sociodemográficos en formatos de tablas con información vectorial de los polígonos de las Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB) urbanas en la microcuenca. De esta manera, se pudieron conocer los datos de diferentes variables por AGEB y así obtener un total o promedio (de acuerdo con la variable) de toda la microcuenca. Un AGEB, de acuerdo con INEGI, es un

área geográfica ocupada por un conjunto de manzanas perfectamente delimitadas por calles, avenidas, andadores o cualquier otro rasgo de fácil identificación en el terreno, y cuyo uso del suelo es principalmente habitacional, industrial, de servicios o comercial. Para este caso, se seleccionaron 72 AGEB, de las cuales 48 se encuentran completamente dentro de la cuenca, mientras que 24 lo están parcialmente, por lo que se asignó a estas AGEB una ponderación de los resultados de las variables seleccionadas en función de su porcentaje de área de influencia en la cuenca, con el fin de aproximarse de una manera más real a los datos de las variables de interés. Por ejemplo, tomando en cuenta el AGEB con clave 5130 (que tiene un 85 por ciento de su área dentro de la cuenca) y el dato de la variable de población total (2,541 habitantes), sólo se consideró ese 85 por ciento de la población total para esa AGEB (2,160 habitantes). A continuación, se presenta de manera gráfica la distribución de las AGEB (dentro y parcialmente dentro) en la MCSJ.

Mapa 2.4. AGEB urbanos en la microcuenca San José.



Fuente: Elaboración propia con información INEGI (2020).

En el siguiente cuadro se resumen los datos obtenidos de las distintas variables sociodemográficas seleccionadas para la MCSJ.

Cuadro 2.2. Datos de variables sociodemográficas seleccionadas para la MCSJ.

No.	Variable	Dato para MCSJ	Categoría
1	Población total (hab)	137398	Población
2	Población femenina (hab)	69486	
3	Población masculina (hab)	67912	
4	Promedio de hijas e hijos nacidos vivos	1.65	Fecundidad
5	Población con discapacidad (hab)	4825	Discapacidad
6	Población con limitación (hab)	13723	
7	Población de 15 años y más sin escolaridad (hab)	2782	Escolaridad
8	Población de 18 años y más con educación posbásica (hab)	57446	
9	Grado promedio de escolaridad	11.24	
10	Población de 12 años y más económicamente activa (hab)	77051	Características económicas
11	Población de 12 años y más no económicamente activa (hab)	34191	
12	Población de 12 años y más ocupada (hab)	75565	
13	Población sin afiliación a servicios de salud (hab)	28034	Servicios de salud
14	Población afiliada a servicios de salud (hab)	108849	
15	Total de hogares censales	39494	Hogares censales
16	Total de viviendas	46470	Vivienda
17	Total de viviendas habitadas	39511	
18	Viviendas particulares habitadas que disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda	38962	
19	Viviendas particulares habitadas que disponen de agua entubada y se abastecen del servicio público de agua	37921	
20	Viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda	341	
21	Viviendas particulares habitadas que disponen de drenaje	39151	
22	Viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje	143	

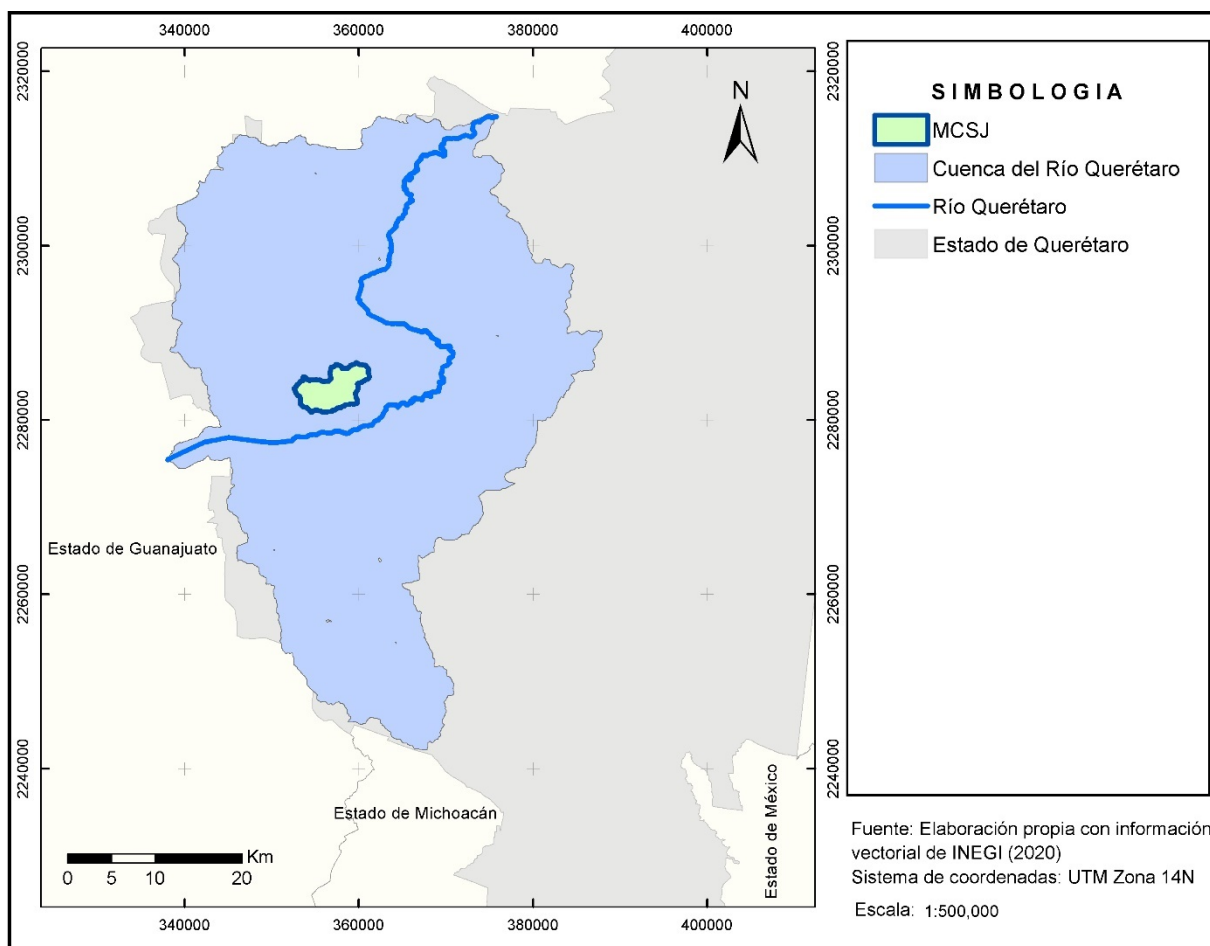
Fuente: Elaboración propia con información de INEGI (2021).

Como se observa en el cuadro anterior, la población total de la cuenca es de aproximadamente 137398 habitantes, representando un 5.8 por ciento de los 2367467 habitantes (hab) totales del estado de Querétaro, y representando un 8.6 por ciento de los 1594212 habitantes de la ZMQ de acuerdo con INEGI (2021). Con este dato de población total se puede estimar también la densidad poblacional, dividiéndola entre el área de la zona de estudio, por lo que la densidad es aproximadamente de 4738 hab/km².

La microcuenca San José se ve afectada por inundaciones que están suscritas principalmente a los cambios de usos de suelo, pero también son en parte resultado de diferentes factores fuera

de la zona, entre ellos el hecho de que la MCSJ forma parte de la cuenca del Río Querétaro, que es el río principal de la ciudad, el cual se encarga de desalojar la mayoría de los escurrimientos pluviales de la ZMQ y alrededores. En el siguiente mapa se muestra la relación entre la MCSJ, la cuenca del río Querétaro y el trazo de este cauce.

Mapa 2.5. Cuenca del río Querétaro y la microcuenca San José.



Fuente: Elaboración propia con información vectorial de INEGI (2020).

Conforme a lo mostrado en el mapa 2.5, se puede observar que la MCSJ es parte de la cuenca del río Querétaro, por tal razón los escurrimientos de esta descargan aguas abajo en el río, mismo que presenta complicaciones para desalojar todos caudales recibe de otras cuencas que en eventos de lluvia de gran intensidad.

2.2. Historia de las inundaciones en Querétaro

Las inundaciones han aumentado más rápidamente que ningún otro desastre (Bitrán, 2000). A continuación, se resumen algunos eventos de inundación relevantes que ocurrieron a nivel nacional, regional y estatal en diferentes años.

Cuadro 2.3. Eventos de inundación relevantes a nivel nacional, regional y estatal.

Año	Afectación	Nivel
1971 - 2001	Inundaciones causaron 4941 pérdidas humanas y 1906148 de habitantes afectados.	Nacional (México)
2018	Eventos hidrometeorológicos ocasionaron más de 12 mil millones de pesos en daños y pérdida.	
2003	Intensas lluvias fueron las que generaron el mayor impacto en el país.	Regional (Querétaro y alrededores)
1912	Evento destacado de precipitación.	Estatad (Querétaro)
1970 - 2003	Acontecieron 10 inundaciones.	
2010	Eventos que provocaron daños en diferentes municipios del estado.	
2014	Evento de lluvia de 124 mm causante de inundaciones.	
2017	Colonias y comunidades de cuatro municipios inundadas.	
2021	Evento de lluvia torrencial ocasionó afectaciones en diferentes colonias y vialidades.	

Fuente: Elaboración propia con información de Garnica y Alcántara (2004); SSPC (2018); Matías, *et al.* (2007); González (2018); Arreola (2010); Chávez (2017); Navarro y Gómez (2017); Maya (2021); Muñoz (2021); Martínez (2013 y 2015).

En el contexto nacional, se tiene un registro de 27 inundaciones que terminaron en desastres, esto en el periodo de 1971 a 2001, estas inundaciones causaron 4941 pérdidas humanas y 1906148 de habitantes afectados, además de pérdidas materiales que superaron los 412 millones de dólares. Por otro lado, de acuerdo de con aspectos geográficos y fisiográficos de México, durante el verano y el otoño el país se ve afectado por precipitaciones ocasionadas por actividad ciclónica y tormentas tropicales, y en el invierno por lo frentes polares, provocando lluvias excesivas en diferentes estados (Garnica y Alcántara, 2004). Para 2018, los eventos hidrometeorológicos ocasionaron más de 12 mil millones de pesos en daños y pérdidas, de los cuales el 62 por ciento correspondió a ciclones tropicales, 35 por ciento a lluvias e inundaciones, el resto a otro tipo de eventos (SSPC, 2018).

A un nivel regional, en el mes de septiembre de 2003, fueron intensas lluvias las que generaron el mayor impacto en el país, y dados sus impactos la situación fue clasificada como crítica, principalmente en los estados que conforman parte de la cuenca media del río Lerma, como lo son Querétaro, Guanajuato, el Estado de México, Michoacán y Jalisco (Matías, *et al.*, 2007).

En el estado de Querétaro, durante el periodo 1970-2003 acontecieron 10 inundaciones de las 1744 registradas que se presentaron a nivel nacional, ubicando al estado en el lugar 22 de la clasificación (Matías *et al.*, 2007). Además, destacan dos eventos, el de julio de 1912 y el de febrero del 2010, este último provocando daños en diferentes municipios del estado causando la evacuación de 500 personas de sus domicilios, y particularmente dentro del municipio de Querétaro ha afectado 87 casas en 38 colonias, en cuatro delegaciones; Centro Histórico, Epigmenio González, Félix Osores y en Carrillo Puerto (González, 2018; Arreola, 2010). Algunos eventos de inundación más recientes fueron los de mayo de 2014, septiembre de 2017 y el más reciente de octubre de 2021.

En mayo de 2014 se presentó un evento de lluvia de 124 mm el día 24, provocando inundaciones a lo largo de la avenida 5 de febrero y sus alrededores, como en la colonia los Laureles (González, 2018). En septiembre de 2017, 44 colonias y comunidades de los municipios de Querétaro, San Juan del Río, El Marqués y Corregidora se inundaron debido al desborde de tres drenes (Jurica, El Arenal y Tlacote), fueron siete las carreteras estatales las que presentaron afectaciones, la 200, la 540, la 12, la 13, la 411, la 100 y la carretera de cuota a Celaya, también falleció una persona al ser arrastrada por la corriente y una mujer fue rescatada con vida en la colonia Paseos del Marqués, finalmente, se generaron dos socavones en la entrada al pueblo de Jurica, a la altura de la Plaza Antea (Chávez, 2017; Navarro y Gómez, 2017). En octubre de 2021, una lluvia torrencial ocasionó afectaciones en diferentes colonias, autos varados, y embotellamientos, como el caso de la avenida Pasteur en cruce con la autopista 57, donde quedó inundado el puente a desnivel dejando un auto y un camión de transporte de personal varados, lo que movilizó a los servicios de emergencia para rescate del chofer y 19 pasajeros. También hubo escurrimientos intensos de agua y encharcamientos en distintas calles de las colonias Santa María Magdalena, Magisterial, Niños Héroe, Cimatario, Centro Histórico, Menchaca I, San Pedrito Peñuelas, Las Huerta, Los Sauces, Geoplazas, Las Joyas, Jardines de la Hacienda, Viñedos, carretera a Tlacote, San Ángel y en residencial Las Gemas, como fue el caso de la

calle río Culiacán y Plateros en Menchaca I y San Pedrito Peñuelas, donde los escurrimientos y el arrastre de rocas y basura se incrementó alcanzando los 50 centímetros (cm) de altura (Maya, 2021; Muñoz, 2021). Estos y más eventos de inundación en el estado y la ciudad no sólo han ocasionado diferentes afectaciones y daños, incluso pérdidas humanas, sino que también un desaprovechamiento del agua de lluvia como un recurso para distintos usos.

Para el caso de la MCSJ, y de acuerdo con los resultados obtenidos por González *et al.* (2018), se puede pronosticar un aumento de la escorrentía superficial y la reducción de los tiempos de concentración debido al aumento de la tasa de urbanización combinado con lluvias intensas, por lo cual se puede inferir un riesgo latente de una catástrofe por inundación.

Como una alternativa a estos problemas, están los SUDS, los cuales buscan dos objetivos principales, disminuir la cantidad de las escorrentías urbanas y mejorar la calidad de las mismas, obteniendo así los siguientes beneficios: reducción de costos de colectores, control de contaminación, recarga de acuíferos, integración paisajística, reducción al mínimo los cambios hidrológicos generados por los procesos de urbanización, reducción de los riesgos asociados con las inundaciones, entre otros (Martínez, 2013). En el caso de México, se pueden encontrar múltiples ejemplos de infraestructura urbana destinada a la gestión de escurrimientos superficiales, y aunque aún no hay medidas específicas referidas a prácticas de estos sistemas, sí existen iniciativas relacionadas con el concepto de infraestructura verde (Martínez, 2015).

2.3. Fuentes de información

Las fuentes de información utilizadas para este análisis fueron distintas para cada etapa de la investigación, variando desde información documental: artículos científicos, notas periodísticas, planes de desarrollo, casos de estudio, libros, atlas de riesgo, información en formato vectorial, censos, entre otros. Hasta opiniones y percepciones de actores clave sociales: presidentes de comités comunitarios, informantes clave de las colonias de la microcuenca de estudio y representantes de asociaciones civiles relacionadas con temas de agua de Querétaro. También de actores institucionales: representantes de diferentes instituciones gubernamentales relacionadas con el tema de las inundaciones, drenaje pluviales infraestructura en el municipio y estado de Querétaro, tales como, las coordinaciones estatal y municipal de Protección Civil,

la secretaría de obras públicas estatal y municipal, la secretaría de servicios públicos municipales, la Comisión Estatal de Aguas y la Comisión Estatal de Infraestructura. Otra fuente de información fueron los testimonios, y opiniones de actores clave: expertos, colaboradores y responsables de la implementación de I.V. en dos ciudades fronterizas: Hermosillo y Cd. Juárez. Las fuentes en Hermosillo fueron actuales funcionarios y ex funcionarios del Instituto Municipal de Planeación urbana y del espacio público (IMPLAN) Hermosillo, un ex funcionario de SEMARNAT, un representante del colectivo Caminantes del desierto, un representante de la asociación *Watershed Management Group*, y un ex funcionario de la COCEF. Mientras que en Ciudad Juárez fueron funcionarios y exfuncionarios de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento (JMAS) de Juárez, y de la Junta Central de Agua y Saneamiento (JCAS) del estado de Chihuahua, profesores investigadores del Colegio de la Frontera Norte (Colef) y del Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez expertos en el tema de I.V., al igual que ciudadanos colaboradores en la implementación de este tipo de infraestructura.

2.4. Técnicas de investigación

Tomando en cuenta el enfoque de la RU, se analizaron diferentes factores en tres diferentes dimensiones (técnica, social e institucional), y las técnicas de investigación utilizadas se describen a continuación, separadas por las principales etapas de investigación:

1. Análisis del contexto de las inundaciones en la ciudad y la zona de estudio: revisión documental y hemerográfica.
2. Estancia en la frontera norte de México: entrevista semiestructurada a actores clave y observación participante y no participante.
3. Estancia de investigación en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA): revisión documental, análisis espacial, recopilación de datos existentes, simulación numérica y modelación bidimensional.
4. Trabajo de campo en Querétaro: entrevista semiestructurada a actores clave (sociales e institucionales), observación participante y no participante.

En resumen, diferentes técnicas de investigación fueron utilizadas, a continuación, se explica en qué consisten las principales:

- Revisión documental: artículos científicos, notas periodísticas, planes de desarrollo, casos de estudio, libros, atlas de riesgo, información en formato vectorial, censos, etc.

- Entrevista semiestructurada: entrevista que se elabora con preguntas abiertas orientadas a obtener información de las siguientes variables:
 - Entrevistas a actores sociales (residentes de la zona de estudio): experiencias previas con inundaciones, compromiso y participación de la comunidad, cohesión social y redes comunitarias, comunicación entre sociedad y autoridades, organizaciones civiles, respuesta y recuperación ante inundaciones, conocimiento y opinión de los SUDS.
 - Entrevista a actores institucionales (representantes de organizaciones gubernamentales): conocimiento y opinión de los SUDS, capacidad técnica, capacidad financiera, planeación, coordinación entre sectores y partes interesadas, coordinación entre agencias gubernamentales, organizaciones de la sociedad civil, visión estratégica, respuesta y recuperación ante inundaciones, y voluntad política.
- Observación participante: observación que involucra la interacción social entre el investigador y los informantes.
- Observación no participante: observación que no involucra la interacción social entre el investigador y los informantes.
- Análisis espacial: conjunto de técnicas para hacer representación cartográfica, estudiar las características de los lugares y las relaciones entre ellos, combinar información de muchas fuentes y obtener información nueva aplicando una serie de operadores espaciales, etc.
- Simulación numérica por medio de software: técnica que involucra herramientas matemáticas que permiten simular o predecir comportamientos y procesos.
- Modelación por medio de software: técnica usada para describir objetos, procesos y escenarios físicos, biológicos, sociales, etc.

2.5. Trabajo de campo y estancias de investigación

El trabajo de campo y las estancias de investigación consistieron en cuatro etapas: 1) Estancia en la ciudad de Hermosillo, Sonora; 2) Estancia en Ciudad Juárez, Chihuahua; 3) Estancia de investigación en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA); y 4) Trabajo de campo en Querétaro. En la siguiente figura se representa lo ahora mencionado.

Figura 2.2. Etapas de trabajo de campo y estancias de investigación.



Fuente: Elaboración propia.

En cada una de estas etapas se realizaron diferentes actividades y se buscó indagar y obtener diferente información de acuerdo con los distintos objetivos de este trabajo de investigación, por lo que en el cuadro 2.4 se muestra esto de manera resumida.

Cuadro 2.4. Etapas de trabajo de campo y estancias de investigación.

No.	Etapas	Actividades principales	Información buscada y aspectos a indagar
1	Estancia en la ciudad de Hermosillo	<ul style="list-style-type: none"> • Visitas de campo • Entrevistas a actores clave 	<ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento sobre la I.V/SUDS • Retos para mantener y fortalecer I.V/SUDS • Principales factores técnicos, sociales e institucionales para su implementación • Obstáculos y factores de éxito • Lecciones aprendidas
2	Estancia en Ciudad Juárez	<ul style="list-style-type: none"> • Visitas de campo • Entrevistas a actores clave 	<ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento sobre la I.V/SUDS • Retos para mantener y fortalecer I.V/SUDS • Principales factores técnicos, sociales e institucionales para su implementación • Obstáculos y factores de éxito • Lecciones aprendidas
3	Estancia en el IMTA	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión documental • Construcción de modelo hidrológico-hidráulico de la MCSJ 	Factores técnicos de la MCSJ: <ul style="list-style-type: none"> • Comportamiento hidráulico-hidrológico de la cuenca en condiciones actuales • Propuesta de implementación de SUDS • Comportamiento hidráulico-hidrológico de la cuenca con propuesta de SUDS • Viabilidad técnica de implementación
4	Trabajo de campo en Querétaro	<ul style="list-style-type: none"> • Visitas de campo • Entrevistas a actores sociales e institucionales. 	Dimensión social: <ul style="list-style-type: none"> • Experiencia con inundaciones • Compromiso y participación de la comunidad • Cohesión social y redes comunitarias • Comunicación entre sociedad y autoridades, • Organizaciones civiles • Respuesta y recuperación ante desastres • Conocimiento y opinión de los SUDS. Dimensión institucional: <ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento de los SUDS o sistemas homólogos • Conocimiento y opinión de los SUDS • Capacidad técnica • Capacidad financiera • Planeación • Coordinación entre sectores y partes interesadas • Coordinación entre instituciones. • Organizaciones de la sociedad civil. • Visión estratégica • Respuesta y recuperación ante desastres • Voluntad política

Fuente: Elaboración propia.

Para las estancias en Hermosillo y Ciudad Juárez se aplicaron entrevistas semiestructuradas y con cada pregunta se pretendía responder a diferentes variables de manera detallada. Específicamente, los guiones de entrevista que se aplicaron contenían entre 23 y 25 preguntas (para mayor información ver Anexo 1), y posterior a su aplicación se hizo una transcripción, seguido de un procesamiento de la información mediante matrices de comparación con ciertas variables seleccionadas (para más información ver Anexo 3, matriz 1). En estas matrices se mostraron de manera sintetizada las opiniones y puntos de vista de los actores sobre las variables elegidas (mediante una categorización de las respuestas dadas), donde las variables seleccionadas para su análisis dada su relevancia fueron las siguientes: 1) Retos para mantener los SUDS/I.V.; 2) Factores técnicos para su implementación; 3) Factores sociales para su implementación; 4) Factores institucionales para su implementación.

En cuanto al trabajo de campo en Querétaro se aplicaron entrevistas semiestructuradas y con cada pregunta se pretendía responder a diferentes variables de manera detallada. Dichas entrevistas se realizaron a tres grupos de actores: 1) actores locales de la MCSJ; 2) representantes de asociaciones civiles que trabajan temas de agua y; 3) actores institucionales pertenecientes a instituciones de gobierno relacionadas con el tema de inundaciones e infraestructura para gestión de aguas pluviales. La cantidad de preguntas que contenía cada guion fue de 27 para el grupo uno, 14 para el grupo dos y 28 para el grupo tres. Una vez aplicadas se procedió a transcribirlas, seguido de un procesamiento de la información mediante matrices de comparación con ciertas variables seleccionadas que explicaran de mejor manera las diferencias y similitudes entre las opiniones recabadas (para más detalle ver Anexo 3, matrices 2, 3 y 4).

Cabe resaltar que, las aplicaciones de entrevistas y el procesamiento de las respuestas se realizó con el fin de conocer los testimonios, opiniones y experiencias de los actores sin buscar una representación estadística, por el contrario, se hizo con el objetivo de clasificar respuestas para sintetizar la información y hacer una descripción cuantitativa, al igual que remarcar expresiones e ideas de manera cualitativa.

Durante estas cuatro etapas se logró recabar la información necesaria para su posterior análisis y la elaboración de los capítulos siguientes.

2.6. Conclusiones

En este segundo capítulo se presentó el contexto geográfico de la zona de estudio; su ubicación, usos de suelo y vegetación, sus principales colonias, además de información sociodemográfica de la cuenca; evidenciando con esto la gran ocupación de área urbana en la zona y su alta densidad poblacional, que son un aspectos importantes en este estudio, dado que potencializan cualquier perturbación o impacto en la cuenca, por ejemplo: el impacto que puedan tener los SUDS beneficiarían a una gran cantidad de personas, el tema de la organización social es un reto pero podría ser a su vez un factor a favor para la implementación de este tipo de infraestructura, las afectaciones de las inundaciones impactan a miles de residentes, entre otros.

También se explicó una breve historia de las inundaciones en el estado, con lo cual se comprobó que estos eventos han afectado históricamente a la población queretana de diferentes municipios, pero principalmente a la de la Zona Metropolitana, ocasionando diferentes tipos de daños y pérdidas. Siendo la MCSJ una de las zonas que recurrentemente sufre por estos eventos suscritos a los cambios de usos de suelo natural por urbano.

En cuanto a los métodos y técnicas empleados en la presente investigación, permitieron obtener información relevante para contextualizar el marco geográfico y sociodemográfico de la microcuenca San José. Este primer acercamiento, permitió abordar el problema de la implementación de los SUDS desde el enfoque de la resiliencia urbana, donde no sólo importa conocer y saber desarrollar estas técnicas desde el enfoque técnico, sino que se deben considerar la dimensión social e institucional, las cuales juegan un papel importante tanto en la propia construcción de los SUDS como en el mantenimiento y aceptación social de esta nueva infraestructura. En el capítulo tres se detallan los hallazgos y resultados encontrados en dos casos de implementación de I.V. en ciudades del norte de México.

Finalmente, se puede mencionar que con la información expuesta en este capítulo se obtuvieron insumos para continuar con el análisis de los factores técnicos, sociales e institucionales, ayudando con el cumplimiento de los objetivos específicos relacionados, que son al mismo tiempo los principales que abonan al cumplimiento del objetivo general.

CAPÍTULO III: EXPERIENCIAS DE IMPLEMENTACIÓN DE I.V. EN CIUDADES

En este capítulo se presenta el contexto de dos casos de implementación I.V. en el país, específicamente se habla de dos ciudades en el norte de México: Hermosillo, Sonora y Ciudad Juárez, Chihuahua, mismas que fueron seleccionadas por ser de las ciudades con más progreso en el tema a nivel nacional, teniendo no sólo intervenciones, sino también un avance en la regulación de estos sistemas con una norma técnica de I.V en el caso de Hermosillo. Como se mencionó en el apartado anterior, para este trabajo de investigación se realizaron diferentes estancias, entre ellas dos en ambas ciudades, donde se realizaron visitas de campo y entrevistas a actores clave (expertos en el tema o afines, y responsables/colaboradores en la implementación de I.V. en la ciudad), para conocer sus puntos de vista acerca de diferentes factores, conocer el contexto e historia de la implementación, así como los aciertos, errores y lecciones aprendidas. Con el fin de resaltar la relación de este capítulo con los alcances y objetivos de la tesis es preciso recordar la pregunta de investigación de este trabajo: “¿cuáles son y cómo intervienen los factores técnicos, sociales e institucionales en la implementación de SUDS y su viabilidad, para la reducción de inundaciones en la microcuenca San José, Querétaro?”. El conocer factores, obstáculos y lecciones aprendidas que intervinieron en la implementación de I.V. en estas dos ciudades aporta insumos que pueden ser de utilidad para el caso de Querétaro, dado que comparten similitudes en las tres dimensiones abordadas (técnica, social e institucional), esto último además de aportar al objetivo general, completa el primer objetivo específico, el cual se relaciona en su totalidad con este capítulo, ya que este plantea documentar experiencias de SUDS e I.V. que se han aplicado en ciudades en México que sirvan como insumos de aprendizaje en Querétaro.

3.1. Caso de Hermosillo, Sonora

Hermosillo (HMO) es una ciudad ubicada al noroeste del país, dentro del municipio del mismo nombre perteneciente al estado de Sonora, con una población aproximada de 855563 habitantes de acuerdo con (INEGI, 2021). El clima está clasificado como muy seco; con una temperatura media anual de alrededor de 24°C y una precipitación media anual de 252 mm.

Esta ciudad ha presentado problemas con periodos largos de sequía, altas temperaturas, suministro de agua, pero de igual forma con eventos de lluvia de corta duración y alta intensidad, con acumulación de gran volumen de agua, generando inundaciones. De acuerdo con una publicación de El Sol de Hermosillo, la ciudad enfrenta grandes retos con la gestión de aguas pluviales debido a la falta de infraestructura de control, drenaje insuficiente, la acumulación de basura y escombros en el alcantarillado, la constante urbanización y la variabilidad climática (Johnson, 2021).

3.1.1. Historia de la implementación de I.V.

De acuerdo con la publicación realizada por Giner *et al.* (2019), la historia de la implementación de I.V. en diferentes ciudades fronterizas del país son producto de la colaboración y cooperación ambiental entre México y Estados Unidos por medio de instituciones binacionales como la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF) y el Banco de Desarrollo de América del Norte (BDAN), actualmente fusionadas en una sola institución (BDAN o NADBank, por sus siglas en inglés), fortaleciéndose esta cooperación en los últimos 20 años. Particularmente estas ciudades presentan problemas como condiciones de sequía que alternan con fuertes episodios de lluvia de corta duración y alta intensidad ocasionando daños. Como una alternativa para mitigar el impacto de estos eventos y la adaptación al cambio climático está la I.V., por lo cual, fue un tema al que prestaron atención estas instituciones.

Hablando de la conciencia e interés en la I.V, Giner *et al.* (2019) mencionan que surgió cuando el gerente general de la COCEF asistió a un Foro Regional de Infraestructura Verde organizado en Tijuana, Baja California, por El Colegio de la Frontera Norte y la Universidad Autónoma de Baja California en noviembre de 2013, y que a partir de ahí se realizaron diferentes ediciones de foros sobre I.V. en ciudades fronterizas; siendo el primero en Ciudad Juárez, en el año 2014.

La ciudad de Hermosillo, de acuerdo con testimonios de la ex directora general del IMPLAN Hermosillo y de otros actores clave miembros de esta institución y otras organizaciones, a partir del primer foro en Ciudad Juárez fue que creció el interés y el convencimiento por este tipo de alternativas, por lo que, el IMPLAN participó en el concurso realizado por la COCEF en el año 2016 para realizar un manual de lineamientos de diseño de I.V., mismo que ganaron, y

publicaron en el año 2017 con el nombre de “Manual de Lineamientos de Diseño de Infraestructura Verde para municipios mexicanos fronterizos”. Casi a la par de la elaboración del manual en 2016, realizaron intervenciones demostrativas de I.V. en la ciudad, buscando fomentar esta alternativa, dar a conocer sus beneficios e intentar involucrar a la sociedad, sector privado y otras organizaciones gubernamentales. Posteriormente, en septiembre de 2018 en el H. Ayuntamiento de Hermosillo aprobaron la “Norma Técnica que Establece las Características y Requerimientos para la Infraestructura Verde en el Municipio de Hermosillo”, misma que fue impulsada por el IMPLAN, siendo la primera norma en materia de I.V. en México. Los pasos siguientes fueron la aplicación de la norma y la ejecución de algunas intervenciones de I.V. en propiedad privada producto de esta regulación, también otras realizadas por colectivos de la sociedad civil organizada como la organización “Caminantes del Desierto” y algunas en parques realizadas por el gobierno municipal.

Finalmente, de una manera complementaria al manual publicado en 2017, el IMPLAN Hermosillo elaboró una paleta vegetal, la cual se publicó en septiembre de 2020 con el nombre de “Paleta Vegetal Hermosillo”, la cual consiste en un catálogo de plantas seleccionadas conforme a criterios ambientales y paisajísticos.

3.1.2. Principales intervenciones de I.V.

Diferentes intervenciones se han llevado a cabo en la ciudad, tales como proyectos piloto por iniciativa del IMPLAN Hermosillo, obras hechas por privados y gobierno, hasta intervenciones realizadas por la sociedad civil organizada. Hablando de los proyectos piloto, se han realizado algunos como: jardines microcuena en la avenida Reforma y en el boulevard Enrique Mazón, jardines de lluvia y microcuena en el bulevar García Morales, obras de infiltración y retención en los parques Pueblitos y La Esperanza, pavimento permeable y zanja de infiltración en un centro comercial sobre la avenida Progreso, presas filtrantes, zanjas de infiltración y rehabilitaciones en el cerro Johnson, entre otras.

El jardín de la avenida Reforma se realizó por medio de una colaboración entre del municipio de Hermosillo, la Universidad de Sonora y otros voluntarios. Los jardines en el bulevar García Morales fueron parte del proyecto demostrativo de I.V. desarrollado por el Municipio de

Hermosillo y la empresa Árbol 2000. Los jardines en el bulevar Enrique Mazón fueron resultado del Programa “Adopta un Bulevar”. Los parques Pueblitos y La Esperanza fueron obras realizadas por el municipio. Las intervenciones en el centro comercial en la avenida Progreso fueron producto de la aplicación de la norma técnica de I.V. publicada en 2018. Finalmente, las intervenciones en el cerro Johnson han sido realizadas por voluntarios, vecinos y grupos de la sociedad civil organizada como el colectivo Caminantes del Desierto. En las siguientes fotografías se muestran algunos de los ejemplos mencionados.

Fotografía 3.1. Jardín microcuenca en la avenida Reforma, Hermosillo.



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 17 de octubre de 2021.

Fotografía 3.2. Jardín de lluvia en el bulevar García Morales, Hermosillo.



Fuente: IMPLAN Hermosillo (2017, p. 58).

Fotografía 3.3. Zona de infiltración en parque Pueblitos, Hermosillo.



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 21 de octubre de 2021.

De acuerdo con lo mencionado por Robles-Morua e Hinojosa (2021), se han intervenido alrededor de 66720 m² de área verde, se introdujeron especies nativas y se estima una captación de agua de 13030 m³. Aunque de acuerdo con la fotografía 3.3, estas obras pueden verse deterioradas si no tienen un cuidado y si no se les hace un mantenimiento adecuado. En el Anexo 2 se pueden encontrar más fotografías de estas y otras intervenciones en la ciudad de Hermosillo.

Hablando de los proyectos futuros, diferentes actores como el actual director general y el coordinador de desarrollo sustentable del IMPLAN Hermosillo, así como otros, comentan que está en los planes el seguir trabajando en la implementación de I.V. en la ciudad, con proyectos públicos, obras por la aplicación de la norma técnica, e intervenciones por colectivos y la sociedad civil organizada.

3.1.3. Principales hallazgos

Durante la estancia de investigación en Hermosillo se realizaron entrevistas a actores clave, siete en este caso (para más información ver Anexo 3) con el fin de indagar acerca de diferentes aspectos relacionados con la implementación de I.V. en su ciudad. A continuación, se presentan los resultados de cada una de estas variables seleccionadas, mostrando el porcentaje de frecuencia de respuesta de cada categoría.

1. Retos para mantener los SUDS/I: V: con esta variable se buscó indagar sobre los retos para mantener la I.V. existente en buen estado considerados los actores clave.

En el siguiente cuadro se presentan las categorías de respuesta registradas para esta variable de acuerdo con lo mencionado por los actores clave, sirviendo esta información para mostrar mediante gráficas el porcentaje de frecuencia de cada categoría de respuesta.

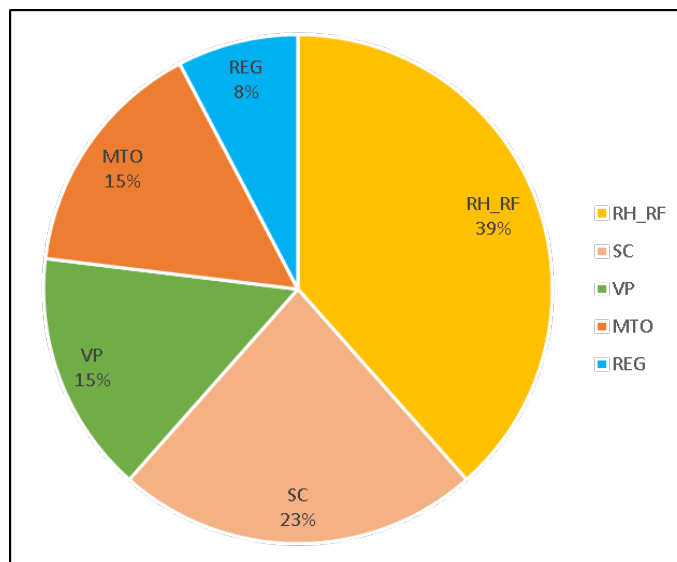
Cuadro 3.1. Retos para mantener I.V: categorías de respuesta (HMO).

Categoría de respuesta	Descripción
MTO	Mantenimiento y cuidado adecuado
RH_RF	Recurso humano y/o recursos financieros
VP	Voluntad política
SC	Socialización: concientización, participación, involucramiento (sociedad y privados). Además de generación de conocimiento.
REG	Regulación en normas, leyes y/o planes de desarrollo

Fuente: Elaboración propia con información de matrices de comparación (ver Anexo 3).

Con base en los resultados de estas cinco categorías se realizó la gráfica 3.1, mostrada a continuación.

Gráfica 3.1. Retos para mantener I.V: porcentaje de frecuencia de respuestas (HMO).



Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 1 (ver Anexo 3.1).

Según lo mostrado en la gráfica 3.1, el recurso humano y/o recursos financieros fueron considerados como el principal reto para mantener a los SUDS/I.V. con un 39 por ciento, seguido de la socialización con un 23 por ciento y en tercer lugar el mantenimiento y cuidado adecuado, y la voluntad política, ambos con un 15 por ciento.

Estos porcentajes y los siguientes presentados en el subcapítulo se obtuvieron al dividir el número de actores que dieron como respuesta cierta categoría, entre el número total de respuestas registradas por variable, teniendo en cuenta que cada actor podía dar una o más categorías como respuesta. Por ejemplo: para el caso de la categoría “SC” el resultado de 23 por ciento se obtuvo al dividir los tres actores que dieron esa respuesta entre las 13 respuestas totales registradas.

2. Factores técnicos para su implementación: con esta variable se buscó conocer los principales factores técnicos que intervienen en la implementación de SUDS/I.V. que consideraron los actores clave.

En el siguiente cuadro se presentan las categorías de respuesta registradas para esta variable de acuerdo con lo mencionado por los actores clave, sirviendo esta información para mostrar mediante gráficas el porcentaje de frecuencia de cada categoría de respuesta.

Cuadro 3.2. Factores técnicos: categorías de respuesta (HMO).

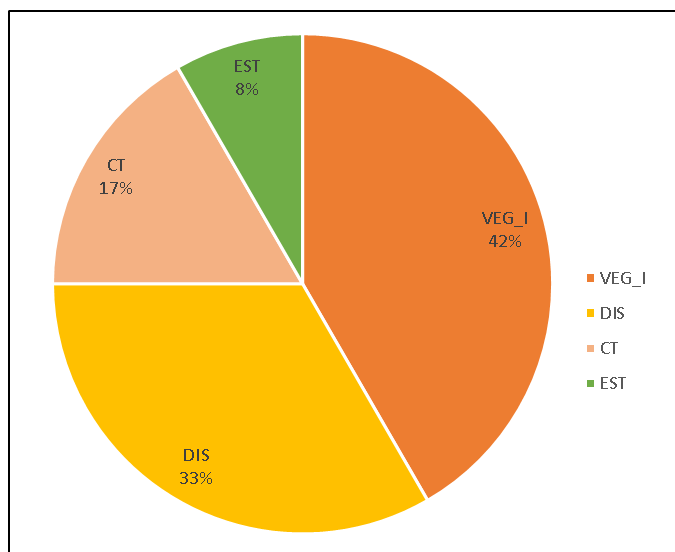
Categoría de respuesta	Descripción
VEG_I	Vegetación endémica o regional y otros insumos como el acolchado.
DIS	Diseño y ubicación adecuada de la intervención
EST	Estudios de características del suelo, hidrológicos, topográficos, entre otros
CT	Capacidad técnica y conocimiento

Nota: El acolchado es un material para cubrir el suelo y evitar la evaporación.

Fuente: Elaboración propia con información de matrices de comparación (ver Anexo 3).

Con base en los resultados de estas cuatro categorías se realizó la gráfica 3.2, que se presenta a continuación.

Gráfica 3.2. Factores técnicos: porcentaje de frecuencia de respuestas (HMO).



Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 1 (ver Anexo 3.1).

De acuerdo con la gráfica 3.2, la vegetación endémica o regional y otros insumos como el acolchado u otros materiales fueron considerados como el principal factor técnico que interviene en la implementación de los SUDS/I.V. con un 42 por ciento, como segundo factor está el diseño y ubicación adecuada con un 33 por ciento y en tercer lugar la capacidad técnica y conocimiento con un 17 por ciento.

- Factores sociales para su implementación: con esta variable se buscó conocer los principales factores sociales que intervienen en la implementación de SUDS/I.V. que consideraron los actores clave.

En el siguiente cuadro se presentan las categorías de respuesta registradas para esta variable de acuerdo con lo mencionado por los actores clave, sirviendo esta información para mostrar mediante gráficas el porcentaje de frecuencia de cada categoría de respuesta.

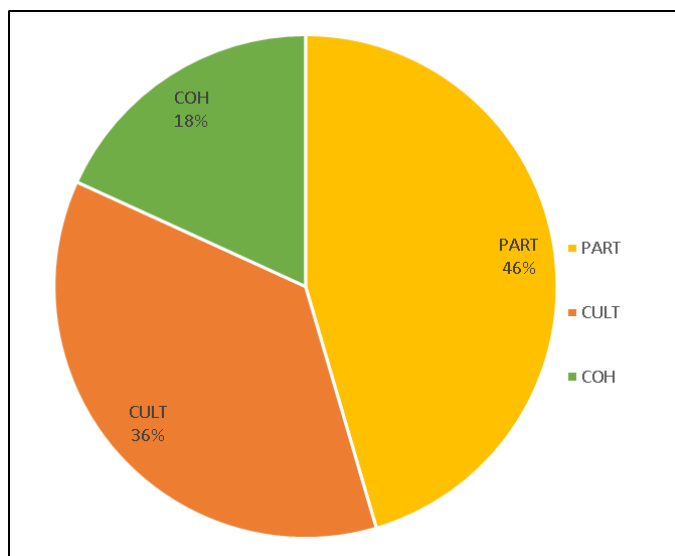
Cuadro 3.3. Factores sociales: categorías de respuesta (HMO).

Categoría de respuesta	Descripción
CULT	Cultura, educación y conciencia de las problemáticas en torno al agua
PART	Participación y compromiso de la sociedad.
COH	Cohesión social y redes comunitarias

Fuente: Elaboración propia con información de matrices de comparación (ver Anexo 3).

Con base en los resultados de estas tres categorías se realizó la gráfica 3.3.

Gráfica 3.3. Factores sociales: porcentaje de frecuencia de respuestas (HMO).



Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 1 (ver Anexo 3.1).

Como se puede observar en la gráfica 3.3, la participación y el compromiso de la sociedad fueron considerados como el principal factor social que interviene en la implementación de los SUDS/I.V. con un 46 por ciento, como segundo factor está la cultura, educación y conciencia de las problemáticas en torno al agua con un 36 por ciento y en tercer lugar la cohesión social y redes comunitarias con un 18 por ciento.

4. Factores institucionales para su implementación: con esta variable se buscó conocer los principales factores institucionales que intervienen en la implementación de SUDS/I.V. que consideraron los actores clave.

En el siguiente cuadro se presentan las categorías de respuesta registradas para esta variable de acuerdo con lo mencionado por los actores clave, sirviendo esta información para mostrar mediante gráficas el porcentaje de frecuencia de cada categoría de respuesta.

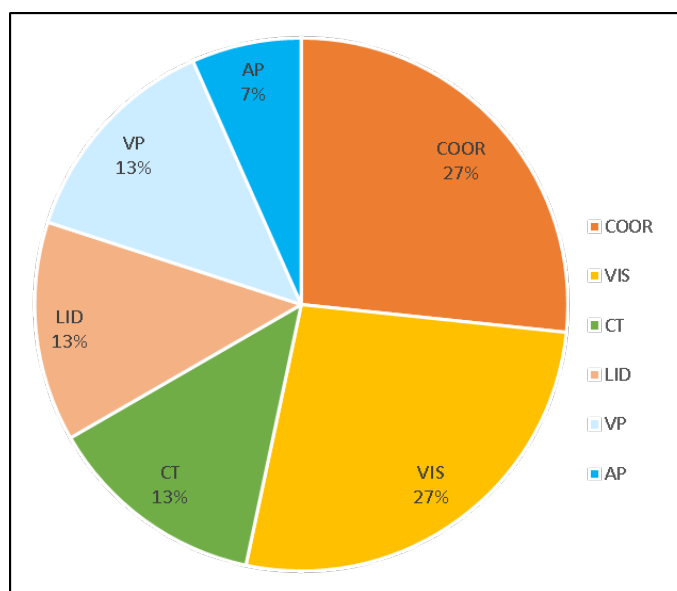
Cuadro 3.4. Factores institucionales: categorías de respuesta (HMO).

Categoría de respuesta	Descripción
VP	Voluntad política
COOR	Coordinación entre sectores y dependencias
VIS	Visión estratégica y planeación
CT	Capacidad técnica y conocimiento
LID	Liderazgo por parte de un actor, dependencia o ente
AP	Asuntos políticos: intereses, cooptación, etc.

Fuente: Elaboración propia con información de matrices de comparación (ver Anexo 3).

Con base en los resultados de estas seis categorías se realizó la gráfica 3.4, que se presenta a continuación.

Gráfica 3.4. Factores institucionales: porcentaje de frecuencia de respuestas (HMO).



Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 1 (ver Anexo 3.1).

Conforme a la gráfica 3.4, la coordinación entre sectores y dependencias, y la visión estratégica y planeación fueron considerados como los principales factores institucionales que intervienen en la implementación de los SUDS/I.V., ambos con un 27 por ciento. En segundo lugar, están la voluntad política, el liderazgo y la capacidad técnica con un 13 por ciento cada uno.

3.1.4. Lecciones aprendidas.

Como parte de las entrevistas aplicadas a los siete actores clave, se buscó indagar sobre diferentes variables (abordadas en el apartado anterior), además de conocer sus puntos de vista y opiniones acerca de los obstáculos, factores de éxito y lecciones aprendidas, los cuales se presentan en este subcapítulo por orden de prelación. Primeramente, los principales obstáculos se relacionan con:

- Cultura, educación y conciencia de las problemáticas en torno al agua
- Cambio de paradigma
- Voluntad política
- Recurso humano y/o recursos financieros
- Capacidad técnica y conocimiento
- Regulación en normas, leyes y/o planes de desarrollo

En cuanto a los factores de éxito para la implementación de I.V, destacan los siguientes:

- Educación, capacitaciones, talleres y difusión de información
- Liderazgo por parte de un actor, dependencia o ente
- Voluntad política
- Regulación en normas, leyes y/o planes de desarrollo
- Colaboraciones, vínculos y trabajos con agencias nacionales e internacionales
- Perseverancia, constancia, dedicación y aprendizaje iterativo

Finalmente, las principales lecciones aprendidas están directamente relacionadas con los factores de éxito y obstáculos mencionados arriba, por lo que se pueden resumir en las siguientes:

- 1) Importancia de la cultura, educación y conciencia de las problemáticas en torno al agua.
- 2) Importancia de la regulación en normas, leyes y/o planes de desarrollo.

- 3) Conocimiento en la implementación de estas alternativas en todas sus etapas (planeación, ejecución y mantenimiento).
- 4) Importancia del cambio de paradigma.
- 5) Importancia de la socialización: concientización, participación, involucramiento de la sociedad y privados. Además de la generación de conocimiento.
- 6) Importancia de la visión estratégica y planeación

3.2. Caso de Ciudad Juárez, Chihuahua

Ciudad Juárez (CJ) es una ciudad fronteriza, dentro del municipio de Juárez, perteneciente al estado de Chihuahua que, de acuerdo con INEGI (2021), la población de la zona metropolitana de la ciudad es de alrededor de 1.5 millones de habitantes. Hablando de la precipitación en la ciudad, según los registros históricos de El Paso publicados por *el National Weather Service*, la precipitación media anual en la zona es de 222 mm, y el clima es muy seco.

Esta ciudad ha registrado en la última década daños severos a la población por la presencia de lluvias extraordinarias, asociadas directamente al uso de suelo y a la insuficiencia de infraestructura para el control de aguas pluviales, teniendo antecedentes de inundaciones en diferentes zonas de la ciudad (IMIP, 2016).

3.2.1. Historia de la implementación de I.V.

Tomando como referencia lo explicado en el caso de la ciudad de Hermosillo, la historia para Ciudad Juárez tiene el mismo comienzo con la cooperación ambiental binacional entre México y Estados Unidos con el interés en la I.V. por parte de la COCEF. De acuerdo con testimonios de diferentes actores clave en el tema (entrevistados en la estancia de investigación en Ciudad Juárez) fue después del primer foro sobre I.V. que se llevó a cabo en esta ciudad en 2014 cuando las intervenciones y fomento de esta infraestructura comenzó a tomar forma, ya que antes de ese primer foro no había I.V. en Ciudad Juárez. A partir del foro, diferentes actores de gobierno, sociedad civil, academia y privados, empezaron a familiarizarse con el tema. En esta misma línea, la COCEF promovió la capacitación de estos, certificándolos con cursos sobre I.V. en Tucson realizados por parte de la asociación *Watershed Management Group*, además, promovió y financió proyectos piloto de I.V. en la ciudad. Posteriormente, varias de las personas que

recibieron las capacitaciones y cursos, regresaron y comenzaron a aplicarlo (intervenciones a escalas pequeñas y medianas) en colaboración con actores de diferentes sectores. Finalmente, en 2020 se realizaron obras a gran escala por parte del gobierno estatal en un proyecto donde participaron la Junta Municipal de Agua y Saneamiento (JMAS), la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ) y empresas privadas. Este proyecto comprendió la construcción de más de 250 jardines de lluvia y diferentes obras de captación/infiltración en la ciudad.

3.2.2. Principales intervenciones de I.V.

En Ciudad Juárez se han implementado obras diferentes y en este subcapítulo se presentan algunas de las más relevantes, tales como la intervención en el parque público Valle del Sol y el proyecto de obras de manejo de agua pluvial que incluye intervenciones de I.V. y vasos de captación/infiltración. Primeramente, la intervención en el parque Valle del Sol, de acuerdo con Sandoval *et al.*, (s.f), fue resultado de la colaboración de representantes del gobierno local, academia, vecinos del sector, consultores privados, proveedores locales y organizaciones no gubernamentales. Este parque cuenta con entradas de agua pluvial en las guarniciones y cuencas de captación en sus áreas verdes, mismas que cuentan vegetación de la región. A continuación, un par de fotografías de dicho parque.

Fotografía 3.4. Señalética en el parque Villas del Sol, Ciudad Juárez.



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 30 de octubre de 2021.

Fotografía 3.5. Cuenca de captación en el parque Villas del Sol, Ciudad Juárez.



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 30 de octubre de 2021.

El proyecto de manejo de aguas pluviales con I.V. y vasos de captación/infiltración, fue resultado de la colaboración del gobierno del estado de Chihuahua, la UACJ y empresas privadas. De acuerdo con testimonios de personal de la JMAS, del Representante de gobernación sector norte y de investigadores partícipes en este proyecto, la primera fase comenzó en el año 2019 y consistió en la elaboración del proyecto ejecutivo de estas obras por parte de la UACJ, incluyendo el análisis por cuencas, las zonas inundables, los escurrimientos, y las propuestas y diseños de los jardines de lluvia y vasos de infiltración. Posteriormente, en el 2020 la UACJ entregó los proyectos ejecutivos a la JMAS, los cuales se licitaron por medio del fideicomiso de puentes fronterizos. Una vez licitados con las empresas ganadoras, se empezaron a construir las obras en el mismo año. De acuerdo con una representante del departamento de drenaje pluvial de la JMAS, todo el año 2020 fue un proceso de análisis, retroalimentación constante y aprendizaje con la implementación de los proyectos de I.V. (dimensionamiento, socialización, etc.). Durante el 2021 sólo se dio mantenimiento a las obras y se espera que más obras de esta índole se sigan implementando.

Fotografía 3.6. Jardín de lluvia en Av. Las Américas, Ciudad Juárez.



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 29 de octubre de 2021.

Fotografía 3.7. Jardín de lluvia en Av. Las Américas, Ciudad Juárez.



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 29 de octubre de 2021.

En las fotografías 3.6 y 3.7 se pueden observar los dos tipos de obras realizadas en estos proyectos; jardines de lluvia en avenidas de la ciudad (I.V.) y vasos de captación/infiltración, respectivamente.

3.2.3. Principales hallazgos

En Ciudad Juárez se realizaron entrevistas a actores clave, cinco en este caso (para más información ver Anexo 3), con el fin de indagar acerca de diferentes aspectos relacionados con la implementación de I.V. en la ciudad. A continuación, se presentan los resultados de cada una de estas variables, mostrando el porcentaje de frecuencia de respuesta de cada categoría.

1. Retos para mantener los SUDS/I: V: con esta variable se buscó indagar sobre los retos que los actores clave consideraban como principales para mantener a las intervenciones existentes en buen estado y funcionando.

En el siguiente cuadro se presentan las categorías de respuesta registradas para esta variable de acuerdo con lo mencionado por los actores clave, sirviendo esta información para mostrar mediante gráficas el porcentaje de frecuencia de cada categoría de respuesta.

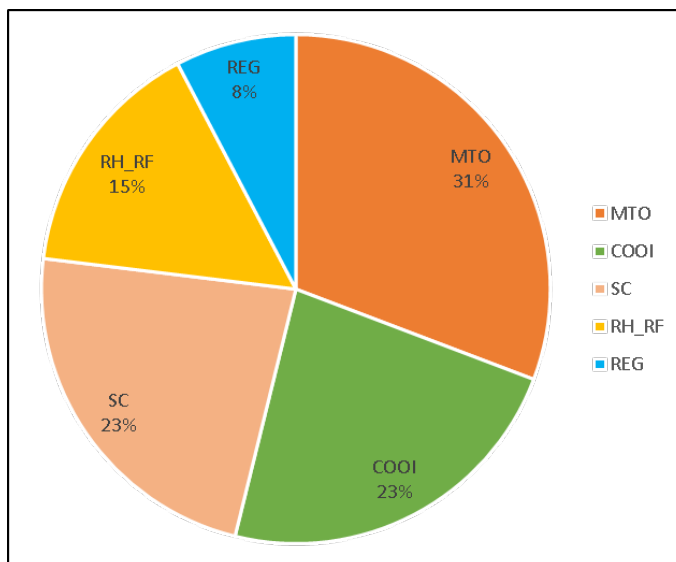
Cuadro 3.5. Retos para mantener I.V: categorías de respuesta (CJ).

Categoría de respuesta	Descripción
MTO	Mantenimiento y cuidado adecuado
RH_RF	Recurso humano y/o recursos financieros
COOI	Coordinación institucional
SC	Socialización: concientización, participación, involucramiento de la sociedad y privados. Además de generación de conocimiento.
REG	Regulación en normas, leyes y/o planes de desarrollo

Fuente: Elaboración propia con información de matrices de comparación (ver Anexo 3).

Con base en los resultados de estas cinco categorías, se realizó la gráfica 3.5, que se presenta a continuación.

Gráfica 3.5. Retos para mantener I.V: porcentaje de frecuencia de respuestas (CJ).



Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 1 (ver Anexo 3.1).

Como se puede observar en la gráfica 3.5, el mantenimiento y cuidado adecuado fueron considerados el principal reto para mantener a los SUDS/I.V. con un 31 por ciento, seguido de la socialización y la coordinación institucional, ambos con un 23 por ciento y en tercer lugar el recurso humano y/o recursos financieros con un 15 por ciento.

Estos porcentajes y los siguientes presentados en este subcapítulo se obtuvieron al dividir el número de actores que dieron como respuesta cierta categoría, entre el número total de respuestas registradas por variable, teniendo en cuenta que cada actor podía dar una o más categorías como respuesta (dependiendo la pregunta). Por ejemplo: para el caso de la categoría “MTO” el resultado de 31 por ciento se obtuvo al dividir los cuatro actores que dieron esa respuesta entre las 13 respuestas totales registradas.

2. Factores técnicos para su implementación: con esta variable se buscó conocer los principales factores técnicos que intervienen en la implementación de SUDS/I.V. que consideraron los actores clave.

En el siguiente cuadro se presentan las categorías de respuesta registradas para esta variable de acuerdo con lo mencionado por los actores clave, sirviendo esta información para mostrar mediante gráficas el porcentaje de frecuencia de cada categoría de respuesta.

Cuadro 3.6. Factores técnicos: categorías de respuesta (CJ).

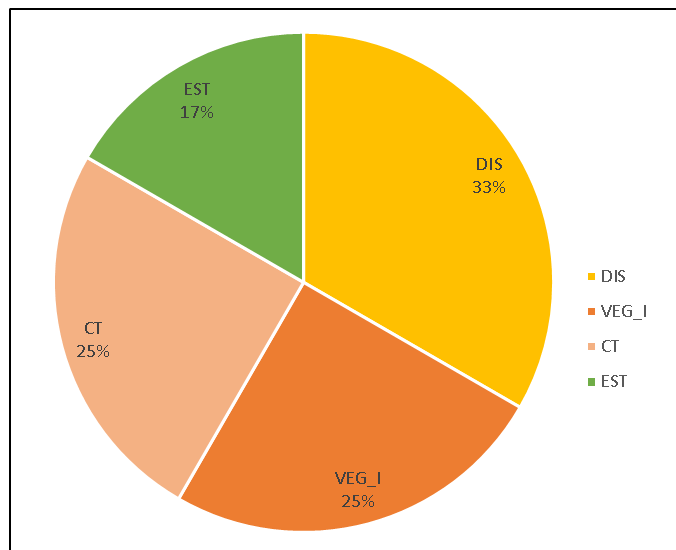
Categoría de respuesta	Descripción
VEG_I	Vegetación endémica o regional y otros insumos como el acolchado.
DIS	Diseño y ubicación adecuada de la intervención
EST	Estudios de características del suelo, hidrológicos, topográficos, entre otros
CT	Capacidad técnica y conocimiento

Nota: El acolchado es un material para cubrir el suelo y evitar la evaporación.

Fuente: Elaboración propia con información de matrices de comparación (ver Anexo 3).

Con base en los resultados de estas cuatro categorías, se realizó la gráfica 3.6, mostrada a continuación.

Gráfica 3.6. Factores técnicos: porcentaje de frecuencia de respuestas (CJ).



Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 1(ver Anexo 3.1).

En la gráfica 3.6 se puede notar que el diseño y ubicación adecuada de la intervención fueron considerados como el principal factor técnico que interviene en la implementación de los SUDS/I.V. con un 33 por ciento, como segundo están la vegetación endémica o regional y otros insumos, y la capacidad técnica y conocimiento, ambos con un 25 por ciento y en tercero los estudios de características del suelo, hidrológicos, topográficos, etc., con un 17 por ciento.

- Factores sociales para su implementación: con esta variable se buscó conocer los principales factores sociales que intervienen en la implementación de SUDS/I.V. que consideraron los actores clave.

En el siguiente cuadro se presentan las categorías de respuesta registradas para esta variable de acuerdo con lo mencionado por los actores clave, sirviendo esta información para mostrar mediante gráficas el porcentaje de frecuencia de cada categoría de respuesta.

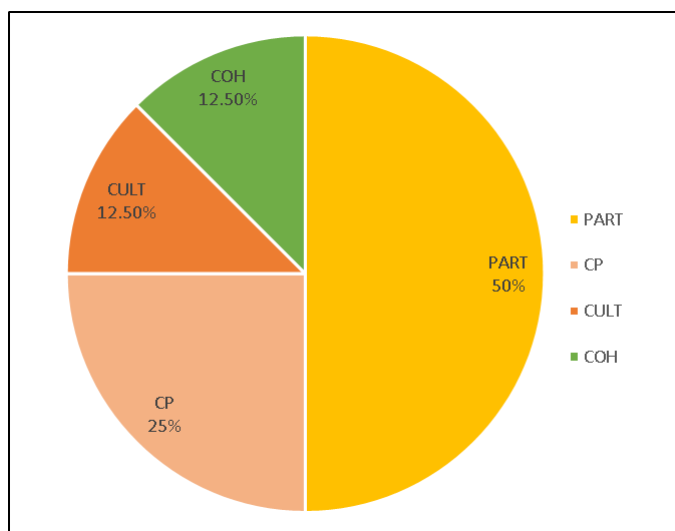
Cuadro 3.7. Factores sociales: categorías de respuesta (CJ).

Categoría de respuesta	Descripción
CULT	Cultura, educación y conciencia de las problemáticas en torno al agua
PART	Participación y compromiso de la sociedad.
COH	Cohesión social y redes comunitarias
CP	Cambio de paradigma

Fuente: Elaboración propia con información de matrices de comparación (ver Anexo 3).

Con base en los resultados de estas cuatro categorías, se realizó la gráfica 3.7.

Gráfica 3.7. Factores sociales: porcentaje de frecuencia de respuestas (CJ).



Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 1 (ver Anexo 3.1).

En la gráfica 3.7 puede verse que la participación y el compromiso de la sociedad fueron considerados como el principal factor social que interviene en la implementación de los

SUDS/I.V. con un 50 por ciento. Como segundo está el cambio de paradigma con un 25 por ciento. En tercero la cohesión social y redes comunitarias, y la cultura, educación y conciencia de las problemáticas en torno al agua, ambas con un 12.5 por ciento.

4. Factores institucionales para su implementación: con esta variable se buscó conocer los principales factores institucionales que intervienen en la implementación de SUDS/I.V. que consideraron los actores clave.

En el siguiente cuadro se presentan las categorías de respuesta registradas para esta variable de acuerdo con lo mencionado por los actores clave, sirviendo esta información para mostrar mediante gráficas el porcentaje de frecuencia de cada categoría de respuesta.

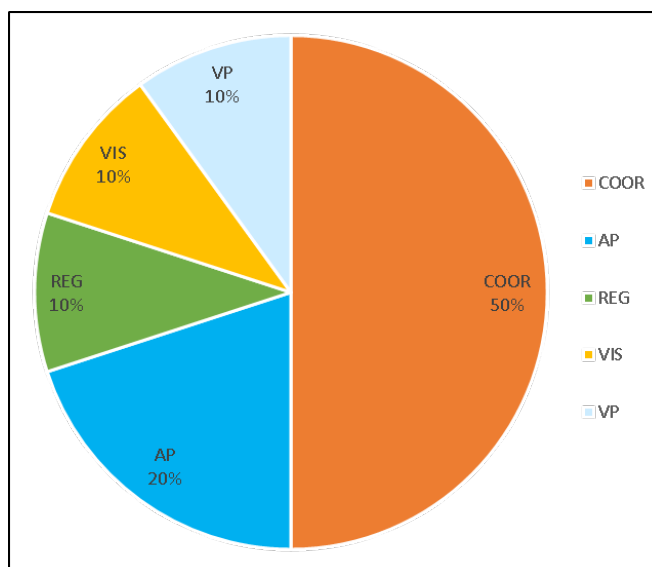
Cuadro 3.8. Factores institucionales: categorías de respuesta (CJ).

Categoría de respuesta	Descripción
VP	Voluntad política
COOR	Coordinación entre sectores y dependencias
VIS	Visión estratégica y planeación
REG	Regulación en normas, leyes y/o planes de desarrollo
AP	Asuntos políticos: intereses, cooptación, etc.

Fuente: Elaboración propia con información de matrices de comparación (ver Anexo 3).

Con base en los resultados de estas cuatro categorías, se realizó la gráfica 3.8.

Gráfica 3.8. Factores institucionales: porcentaje de frecuencia de respuestas (CJ).



Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 1 (ver Anexo 3.1).

En relación con la gráfica 3.8, la coordinación entre sectores y dependencia fue considerada como el principal factor institucional que interviene en la implementación de los SUDS/I.V., con un 50 por ciento. En segundo lugar, están los asuntos políticos con un 20 por ciento, y la regulación, visión estratégica y voluntad política en tercer lugar con un 10 por ciento cada una.

3.2.4. Lecciones aprendidas.

Como parte de las entrevistas aplicadas a los cinco actores clave en Ciudad Juárez, se buscó indagar sobre diferentes variables (abordadas en el apartado anterior), además de conocer sus puntos de vista y opiniones acerca de los, obstáculos, factores de éxito y lecciones aprendidas, los cuales se presentan en este subcapítulo por orden de prelación. Primeramente, los principales obstáculos se relacionan con:

- Socialización: concientización, participación, involucramiento de la sociedad y privados, además de generación de conocimiento.
- Asuntos políticos: intereses, cooptación, etc.
- Cultura, educación y conciencia de las problemáticas en torno al agua
- Coordinación entre sectores y dependencias
- Cambio de paradigma
- Capacidad técnica y conocimiento

En cuanto a los factores de éxito para la implementación de I.V, destacan los siguientes:

- Educación, capacitaciones, talleres y difusión de información
- Colaboraciones, vínculos y trabajos con agencias nacionales e internacionales
- Socialización: concientización, participación, involucramiento de la sociedad y privados. Además de generación de conocimiento.
- Capacidad técnica y conocimiento
- Perseverancia, constancia, dedicación y aprendizaje iterativo
- Liderazgo por parte de un actor, dependencia o ente

Finalmente, las principales lecciones aprendidas, están directamente relacionadas con los factores de éxito y obstáculos mencionados, por lo que se pueden resumir en las siguientes:

- 1) Conocimiento en la implementación de estas alternativas en todas sus etapas (planeación, ejecución y mantenimiento).

- 2) Importancia de la socialización: concientización, participación, involucramiento de la sociedad y privados. Además de la generación de conocimiento.
- 3) Importancia de la coordinación entre sectores y dependencias
- 4) Importancia de la importancia de la participación y compromiso de la sociedad y partes interesadas
- 5) Importancia del liderazgo por parte de un actor, dependencia o ente.

3.3. Comparación de casos

A manera de resumen se presentan las siguientes tablas donde se comparan los hallazgos principales de estas dos ciudades. Primeramente, en el cuadro 3.9 se presenta la comparación de los principales retos para mantener a los SUDS/I. V:

Cuadro 3.9. Retos para mantener I.V: porcentaje de frecuencia de respuesta (HMO y CJ).

Categoría de respuesta	Porcentaje de frecuencia de respuesta (%)	
	Hermosillo	Ciudad Juárez
MTO	15	31
RH_RF	39	15
VP	15	0
SC	23	23
REG	8	8
COOI	0	23
Total	100	100

Fuente: Elaboración propia con información de matrices de comparación (ver Anexo 3).

De acuerdo con el cuadro 3.9, el principal reto para Hermosillo fue “RH_RF” con un 39 por ciento, mientras que para Ciudad Juárez fue “MTO” con un 31 por ciento. A continuación, en el cuadro 3.10 se presenta la comparación de los principales factores técnicos que consideraron los actores clave de estas dos ciudades.

Cuadro 3.10. Factores técnicos: porcentaje de frecuencia de respuesta (HMO y CJ).

Categoría de respuesta	Porcentaje de frecuencia de respuesta (%)	
	Hermosillo	Ciudad Juárez
VEG_I	42	25
DIS	33	33
EST	8	17
CT	17	25
Total	100	100

Fuente: Elaboración propia con información de matrices de comparación (ver Anexo 3).

Como se observa en el cuadro 3.10, el principal factor técnico para Hermosillo fue “VEG_I” con un 42 por ciento, mientras que para Ciudad Juárez fue “DIS” con un 33 por ciento.

A continuación, en el cuadro 3.11 se muestra la comparación de los principales factores sociales que consideraron los actores clave de estas dos ciudades.

Cuadro 3.11. Factores sociales: porcentaje de frecuencia de respuesta (HMO y CJ).

Categoría de respuesta	Porcentaje de frecuencia de respuesta (%)	
	Hermosillo	Ciudad Juárez
CULT	36	12.5
PART	45	50
COH	18	12.5
CP	0	25
Total	100	100

Fuente: Elaboración propia con información de matrices de comparación (ver Anexo 3).

Como se muestra en el cuadro 3.11, el principal factor social para Hermosillo fue “CULT” con un 36 por ciento, mientras que para Ciudad Juárez fue “PART” con un 50 por ciento.

A continuación, en cuadro 3.12 se expone la comparación de los principales factores institucionales que consideraron los actores clave de estas dos ciudades.

Cuadro 3.12. Factores institucionales: porcentaje de frecuencia de respuesta (HMO y CJ).

Categoría de respuesta	Porcentaje de frecuencia de respuesta (%)	
	Hermosillo	Ciudad Juárez
COOR	27	50
VIS	27	10
CT	13	0
LID	13	0
AP	7	20
VP	13	10
REG	0	10
Total	100	100

Fuente: Elaboración propia con información de matrices de comparación (ver Anexo 3).

Según lo mostrado en el cuadro 3.12, los principales factores institucionales para Hermosillo fueron “COOR” y “VIS”, ambos con un 27 por ciento, mientras que para Ciudad Juárez fue “COOR” con un 50 por ciento.

En cuanto a los principales obstáculos, factores de éxito y lecciones aprendidas, en el cuadro 3.13 se presentan los principales de cada ciudad en orden de prelación.

Cuadro 3.13. Obstáculos, factores de éxito y lecciones aprendidas (HMO y CJ).

Variable	Hermosillo	Ciudad Juárez
Obstáculos	<ul style="list-style-type: none"> • Cultura, educación y conciencia de las problemáticas en torno al agua • Cambio de paradigma • Voluntad política • Recurso humano y/o recursos financieros • Capacidad técnica y conocimiento • Regulación en normas, leyes y/o planes de desarrollo 	<ul style="list-style-type: none"> • Socialización: concientización, participación, involucramiento de la sociedad y privados, además de generación de conocimiento. • Asuntos políticos: intereses, cooptación, etc. • Cultura, educación y conciencia de las problemáticas en torno al agua • Coordinación entre sectores y dependencias • Cambio de paradigma • Capacidad técnica y conocimiento
Factores de éxito	<ul style="list-style-type: none"> • Educación, capacitaciones, talleres y difusión de información • Liderazgo por parte de un actor, dependencia o ente • Voluntad política • Regulación en normas, leyes y/o planes de desarrollo • Colaboraciones, vínculos y trabajos con agencias nacionales e internacionales • Perseverancia, constancia, dedicación y aprendizaje iterativo 	<ul style="list-style-type: none"> • Educación, capacitaciones, talleres y difusión de información • Colaboraciones, vínculos y trabajos con agencias nacionales e internacionales • Socialización: concientización, participación, involucramiento de la sociedad y privados, además de generación de conocimiento. • Capacidad técnica y conocimiento • Perseverancia, constancia, dedicación y aprendizaje iterativo • Liderazgo por parte de un actor, dependencia o ente
Lecciones aprendidas	<ol style="list-style-type: none"> 1) Importancia de la cultura, educación y conciencia de las problemáticas en torno al agua. 2) Importancia de la regulación en normas, leyes y/o planes de desarrollo. 3) Conocimiento en la implementación estas alternativas en todas sus etapas (planeación, ejecución y mantenimiento). 4) Importancia del cambio de paradigma. 5) Importancia de la socialización: concientización, participación, involucramiento de la sociedad y privados. Además de la generación de conocimiento. 6) Importancia de la visión estratégica y planeación 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Conocimiento en la implementación estas alternativas en todas sus etapas (planeación, ejecución y mantenimiento). 2) Importancia de la socialización: concientización, participación, involucramiento de la sociedad y privados, además de la generación de conocimiento. 3) Importancia de la coordinación entre sectores y dependencias 4) Importancia de la participación y compromiso de la sociedad y partes interesadas 5) Importancia del liderazgo por parte de un actor, dependencia o ente

Fuente: Elaboración propia con información de matrices de comparación (ver Anexo 3).

En el resumen del cuadro 3.13 puede notarse que, si bien existen similitudes en ambas ciudades, también hay diferencias dado el contexto particular de cada caso; hay aspectos que no son

considerados para algunas de las ciudades o su relevancia es menor. Cabe mencionar que, en las lecciones aprendidas, ambas ciudades obtuvieron conocimiento en la implementación estas alternativas en todas sus etapas, Aunque, por otro lado, Hermosillo tuvo un mayor aprendizaje en temas de regulación por la publicación de su norma técnica, mientras que Ciudad Juárez lo tuvo en la socialización de sus proyectos y la coordinación entre sectores y dependencias.

3.4. Conclusiones

Con los hallazgos presentados en este tercer capítulo se logró cumplir con el primer objetivo específico, al documentar las experiencias de dos ciudades que han implementado I.V., y conocer con esto los factores técnicos, sociales e institucionales que intervinieron en ambos casos, así como sus obstáculos, aciertos y lecciones aprendidas, que en conjunto son insumos para el caso de la MCSJ en Querétaro.

Finalmente, en este capítulo se mostraron dos contextos de ciudades en el norte de México que han implementado I.V. a diferentes escalas, con distintos obstáculos y factores de éxito, y con ello, una serie de lecciones aprendidas. Además, se presentaron los principales factores técnicos, sociales e institucionales considerados por los actores clave de ambas ciudades, mismos que fueron tomados en cuenta en los capítulos posteriores para la zona de estudio de este trabajo de investigación. De igual forma, cabe resaltar que toda la información de este capítulo puede resultar de utilidad para otros casos y contextos en el país, ayudando a disminuir la pendiente en la curva de aprendizaje.

En el siguiente capítulo se comienza con el análisis de la cuenca de estudio, abordando primeramente diferentes factores técnicos para la implementación de SUDS y así determinar su viabilidad.

CAPÍTULO IV: FACTORES TÉCNICOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE SUDS

En este cuarto capítulo se aborda la dimensión técnica analizando diferentes factores de esta índole, siendo la mayoría de estos integrados en un modelo hidrológico-hidráulico de la zona de estudio con el fin de determinar la viabilidad de implementar SUDS en la cuenca. Además del modelo se presenta una recomendación de especies de plantas nativas o adaptadas que podrían usarse en diferentes tipos de SUDS. Dichos factores y su análisis se relacionan con el objetivo general y con dos de los objetivos específicos que mencionan el análisis de los factores técnicos y la determinación la viabilidad de implementación en esa dimensión técnica.

4.1. Modelo hidrológico-hidráulico de la microcuenca San José

Como parte esencial del análisis de los factores técnicos que intervienen en la implementación de SUDS en la MCSJ, se realizó una estancia de investigación en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), donde además de la revisión de literatura se tuvo como principal tarea la construcción de un modelo hidrológico-hidráulico para determinar la viabilidad técnica de implementar estos sistemas en la zona de estudio. Para elaborar dicho modelo fue necesario conocer diferentes aspectos como lo son: distribución espacial, características hidrológicas e hidrométricas, geomorfología de la zona; distribución de la traza urbana, usos de suelo, características hidráulicas de la cuenca, entre otros. Todos estos insumos de información fueron requeridos para diferentes etapas de la construcción del modelo usando distintos softwares como Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el procesamiento de la información y para la modelación final el software PCSWMM® desarrollado por *Computational Hydraulics International* (CHI), quienes permitieron su uso para este trabajo académico al otorgar una licencia por un año. En el apartado siguiente se describen las etapas y tareas realizadas para la construcción de este modelo hasta la obtención de dos escenarios: uno de condiciones actuales y otro con una propuesta de SUDS para la MCSJ.

4.2. Construcción del modelo hidrológico-hidráulico

La construcción de un modelo hidrológico-hidráulico se puede realizar siguiendo diferentes metodologías, pero para este caso se usó como guía la propuesta por Rodríguez *et al.* (2014), la cual comprende cinco ejes principales:

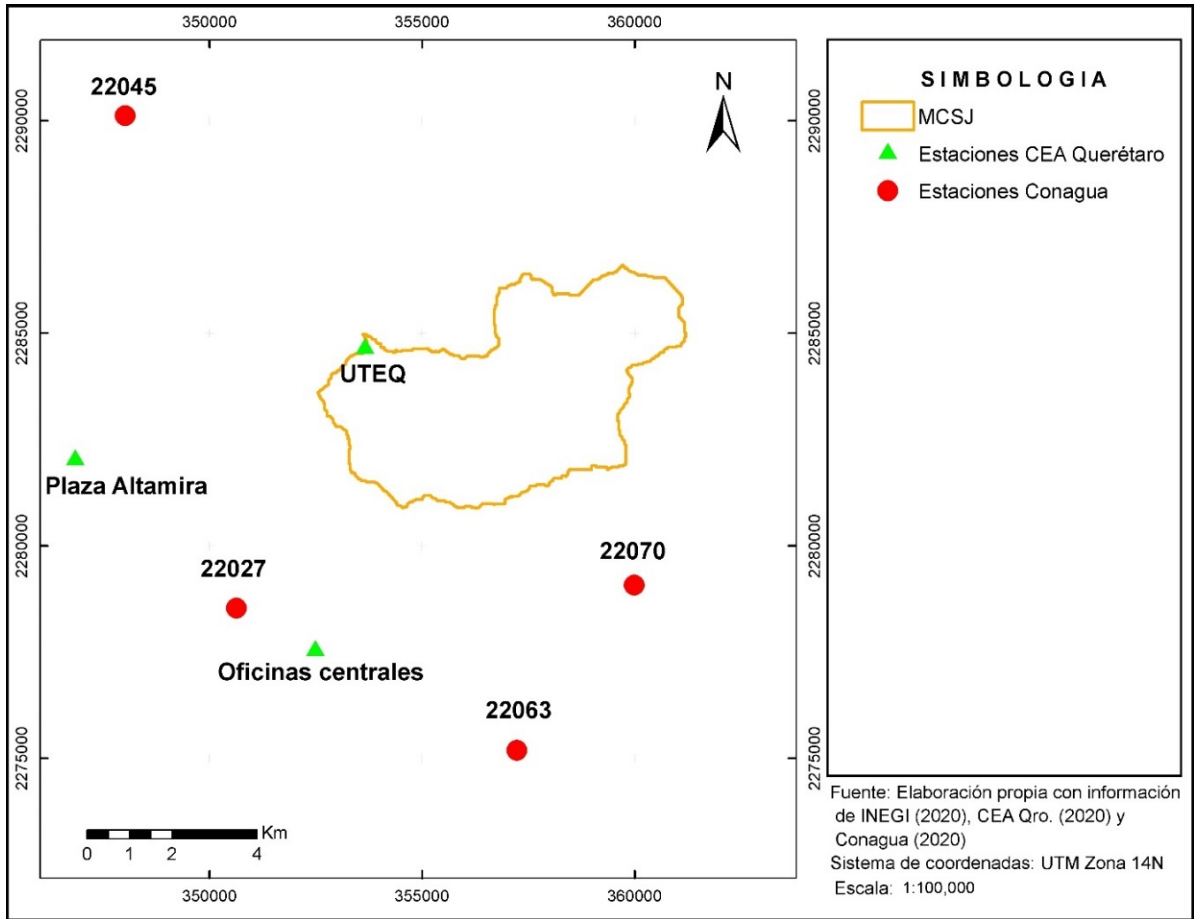
- 1) Análisis hidrológico e hidrográfico
- 2) Información física de la zona de estudio
- 3) Geomorfología de las subcuencas y microcuencas
- 4) Modelación hidráulica 2D
- 5) Diseño del drenaje pluvial urbano

Cabe mencionar que para este trabajo sólo se tomó en cuenta hasta el cuarto eje, ya que no se realizó un diseño de drenaje pluvial como tal, sino, una propuesta de SUDS para la MCSJ de acuerdo con la disponibilidad de espacios en la zona y otros criterios mencionados más adelante. A continuación, se describen las principales actividades realizadas en cada etapa con base en la propuesta mencionada.

a) Análisis hidrológico

Para este análisis se recopiló información de tres estaciones meteorológicas de la Comisión Estatal de Aguas (CEA) Querétaro cercanas a la zona de estudio: “Oficinas Centrales”, “Plaza Altamira” y “UTEQ” (mapa 4.1), misma que fue proporcionada por dicho organismo. Específicamente, se analizó el registro histórico de 12 años (2009 – 2020) de datos de precipitación a cada 10 minutos de la estación “UTEQ” la cual se encuentra a pocos metros de la zona noroeste de la MCSJ. Por otra parte, se tomaron en cuenta cuatro estaciones climatológicas de la Conagua (22027, 22045, 22070 y 22063), siendo la 22070 “Plantel 7” la seleccionada al ser la que mayor influencia tiene en la zona de estudio, contando con registros de precipitación máxima anual de 21 años (1996 – 2016).

Mapa 4.1. Estaciones de la CEA Querétaro y Conagua cercanas a la zona de estudio.



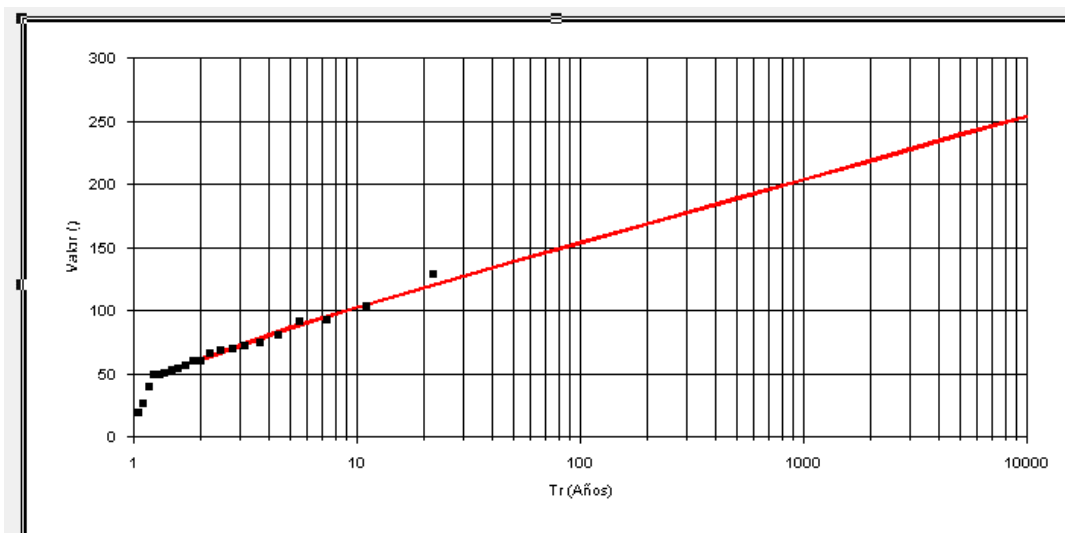
Fuente: Elaboración propia con información de INEGI (2020), CEA (2020) y Conagua (2020).

Con los datos de la estación meteorológica “UTEQ” se clasificaron las duraciones de tormenta en intervalos de 0 – 60 min, 60 – 120 min, 120 – 240 min y más de 240 min, resultando el intervalo de duración de 60 – 120 min el más repetido.

Con los datos de la estación 22070 se obtuvieron los valores de la precipitación máxima anual para cada año de registro y posteriormente, mediante un análisis de frecuencias se encontró la función de distribución de probabilidad más adecuada, utilizando el método del error con apoyo del software Análisis de Frecuencias (AFA) desarrollado por el IMTA, siendo la función de distribución de Gumbel Máx. Verosimilitud la seleccionada (gráfica 4.1). Como paso siguiente, con los datos de precipitación para diferentes periodos de retorno arrojados por el análisis de frecuencias se construyeron las tablas y curvas de Intensidad-Duración-Periodo de retorno (I-D-Tr) y Precipitación-Duración-Periodo de retorno (P-D-Tr) con el método de Bell modificado.

Finalmente, con estas curvas se obtuvieron los hietogramas de diseño con el método de bloques alternos (gráfica 4.2) que, para este caso se trabajó con el hietograma de dos años de periodo de retorno ($Tr = 2$), duración de tormenta de 120 minutos de 43.71 mm, e intervalos de tiempo a cada cinco minutos ($\Delta T = 5$ min).

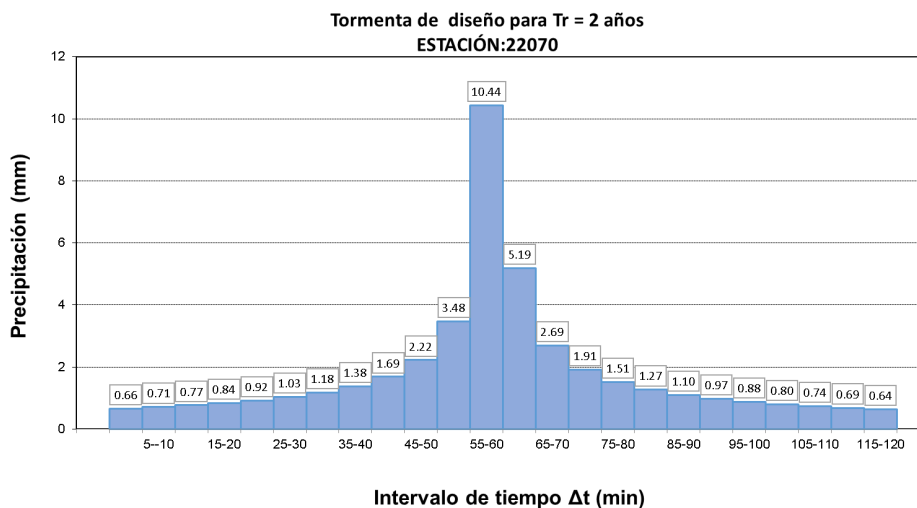
Gráfica 4.1. Distribución de probabilidad: Función de Gumbel (Máx. Verosimilitud)



Fuente: Obtenida con datos de precipitación de la estación 22070 mediante el software AFA.

El hietograma de diseño obtenido con $Tr = 2$, $\Delta T = 5$ min y duración de tormenta de 120 minutos de 43.71 mm se muestra a continuación.

Gráfica 4.2. Hietograma de diseño para modelo hidrológico-hidráulico.



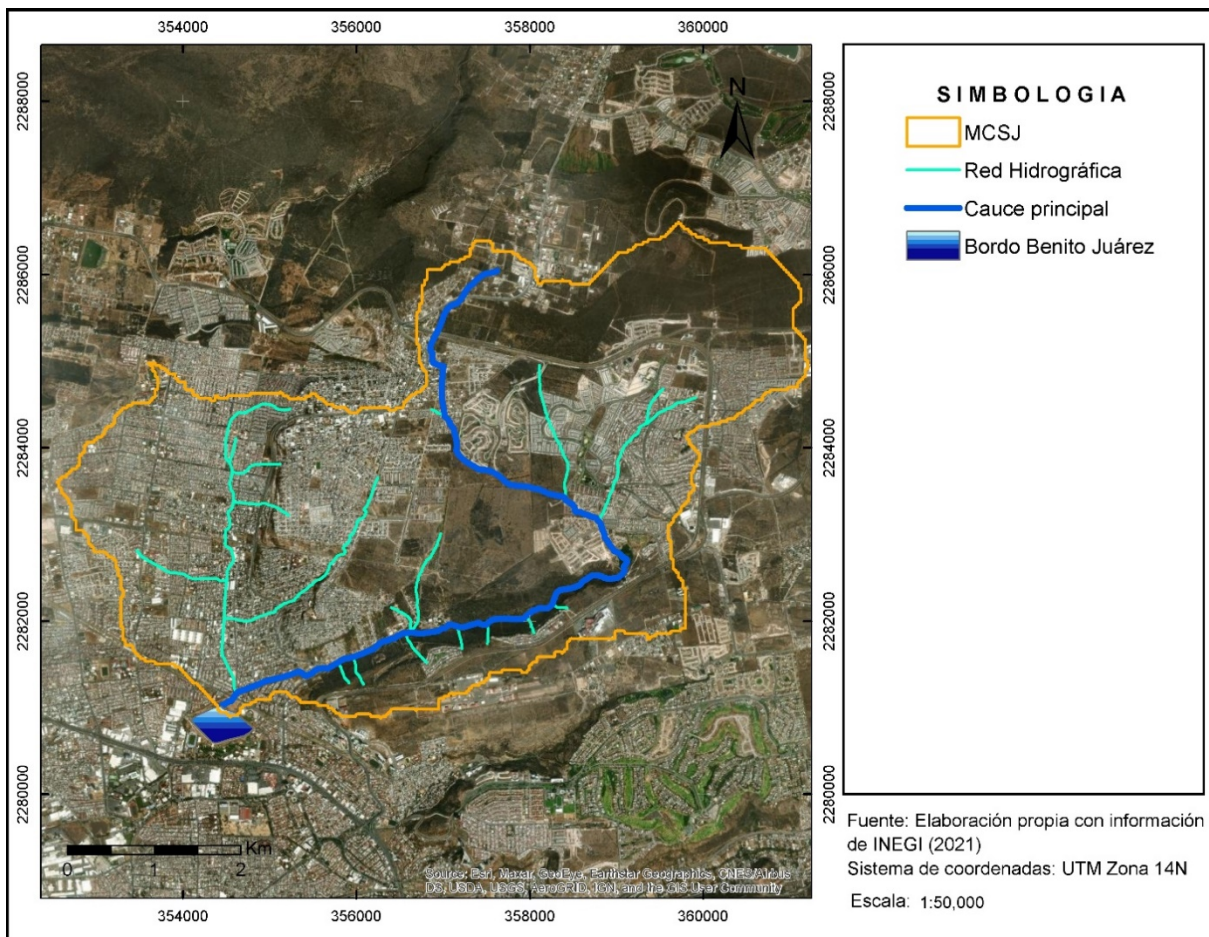
Fuente: Elaboración propia con información de curvas I-D-Tr.

Este hietograma es una representación gráfica de la precipitación en intervalos de tiempo, la cual muestra el comportamiento de la lluvia durante una tormenta específica.

b) Análisis hidrográfico

Para conocer la configuración del terreno se utilizó información de un Modelo Digital de Elevación de Alta Resolución LiDAR de INEGI, específicamente un Modelo Digital del Terreno (MDT) con resolución de cinco metros. Para la delimitación de la cuenca de estudio, la obtención de la red hidrográfica e identificación de cauces principales de aporte se utilizaron SIG y el Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas (SIATL) de INEGI (mapa 4.2).

Mapa 4.2. Delimitación de zona de estudio, cauce principal y red hidrográfica.

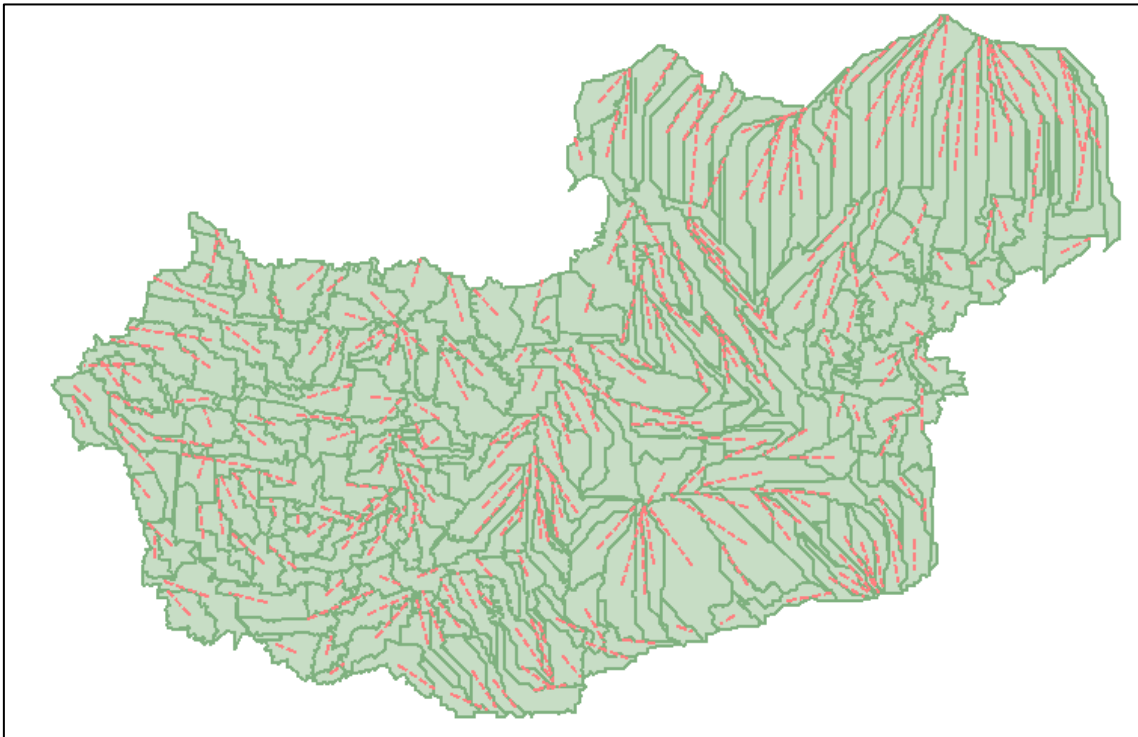


Fuente: Elaboración propia con información de INEGI (2021).

Como se ve en el mapa anterior, el cauce principal de la MCSJ posee, en su parte alta, una orientación norte-sur, y en su parte baja una orientación noreste-suroeste. Además de la

delimitación de la zona de estudio, se realizó una discretización mayor de la cuenca en subcuencas con el software PCSWMM®, esta delimitación de subcuencas se hizo tomando en cuenta el MDT con traza urbana en la zona, por lo que se trata de subcuencas urbanas, generando un total de 248 (figura 4.1).

Figura 4.1. Delimitación de subcuencas urbanas de la microcuenca San José.

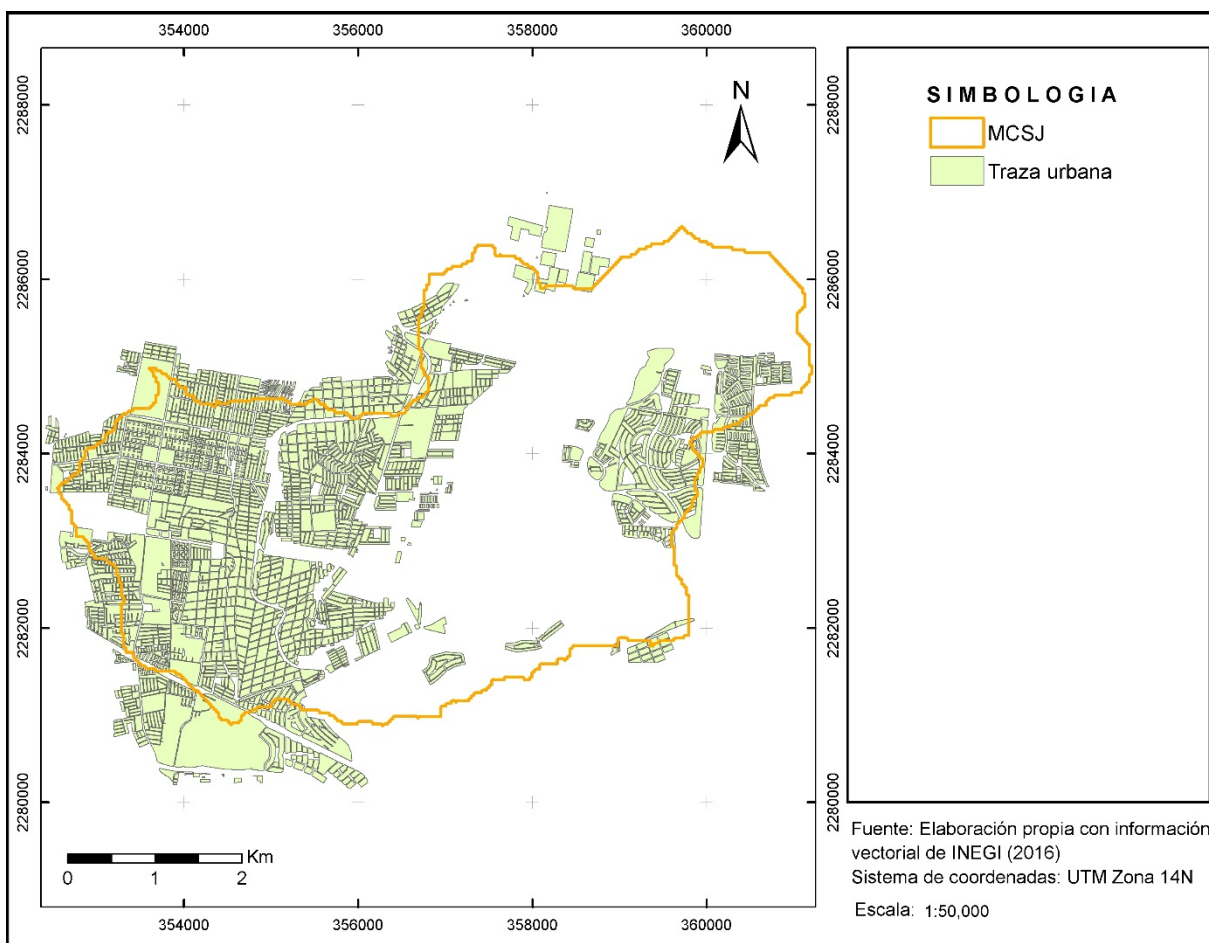


Fuente: Elaboración propia.

c) Información física de la zona de estudio

Con base en INEGI (2016) se recopiló información vectorial de las manzanas de la zona urbana correspondientes al año 2016 de la MCSJ (Mapa 4.3).

Mapa 4.3. Traza urbana de la microcuenca San José y alrededores.



Fuente: Elaboración propia con información vectorial de INEGI (2016).

Como se indica, la MCSJ está ocupada en gran parte de su área por zonas urbanas, distribuidas principalmente en zona este y oeste.

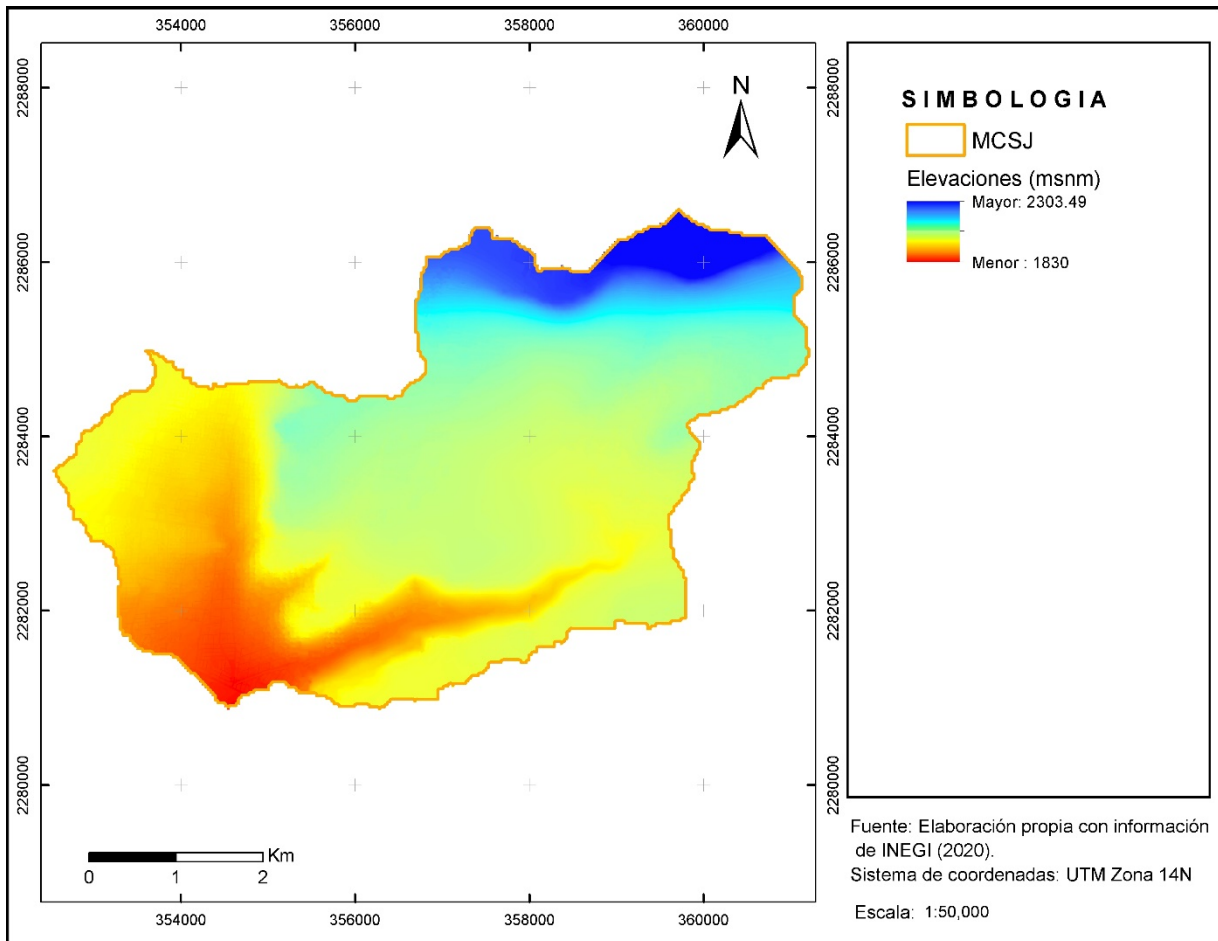
d) Generación de MDT con traza urbana

Al combinar la traza urbana y la topografía del terreno natural se pudo obtener un MDT que incluyera la zona urbana del área de estudio, es decir, un MDT que contempló las calles y manzanas, con el objetivo de tener una mayor precisión en la modelación bidimensional.

Para el caso de la MCSJ fue conveniente obtener este tipo de MDT, ya que de esta manera se pudieron conocer mejor los puntos de inundación, además de tener resultados más realistas de los dos escenarios.

La metodología empleada para obtener este modelo fue la usada por Martínez (2014), la cual de manera general consiste en realizar diferentes procesos con ayuda de SIG para generar una nube de puntos con la topografía del terreno natural y la traza urbana, para posteriormente obtener el MDT en los formatos de red irregular de triángulos (TIN por sus siglas en inglés) y ráster (mapa 4.4), siendo este último un insumo básico para el modelo bidimensional.

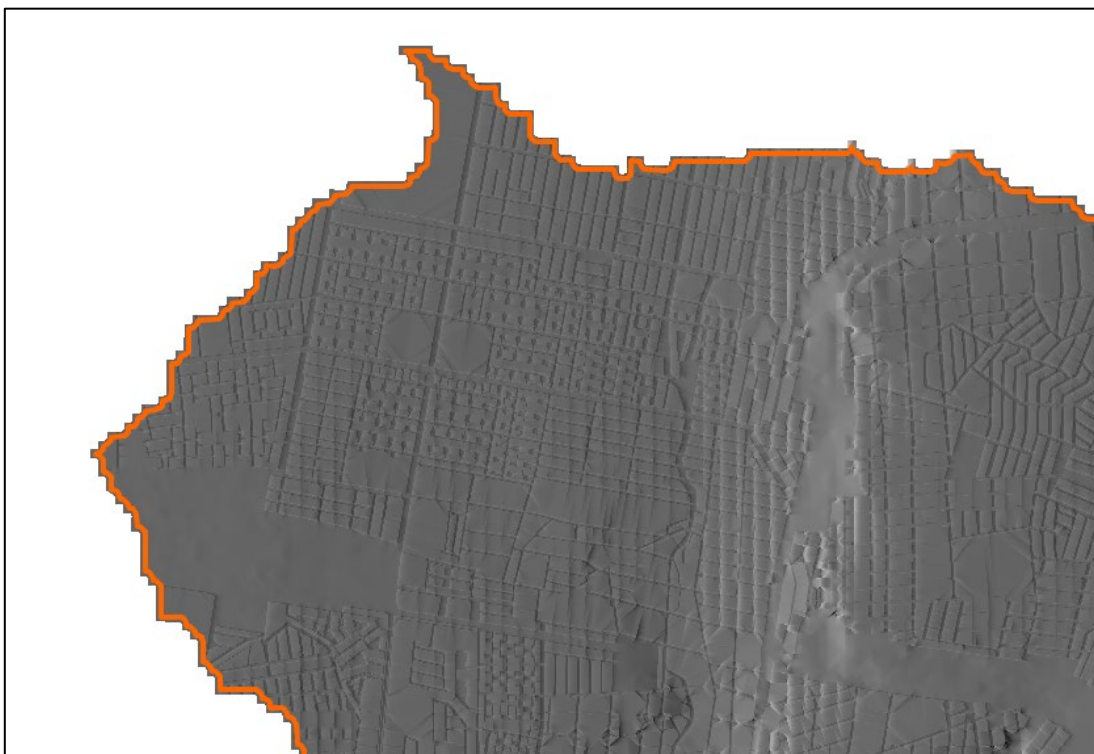
Mapa 4.4. MDT con traza urbana: ráster generado.



Fuente: Elaboración propia con información de INEGI (2020).

Con el archivo TIN se puede visualizar la configuración del terreno al dibujarse la traza urbana, tal como se observa en la figura 4.2, donde el acercamiento a una de las zonas permite distinguir las calles y manzanas.

Figura 4.2. MDT con traza urbana, acercamiento a archivo TIN.

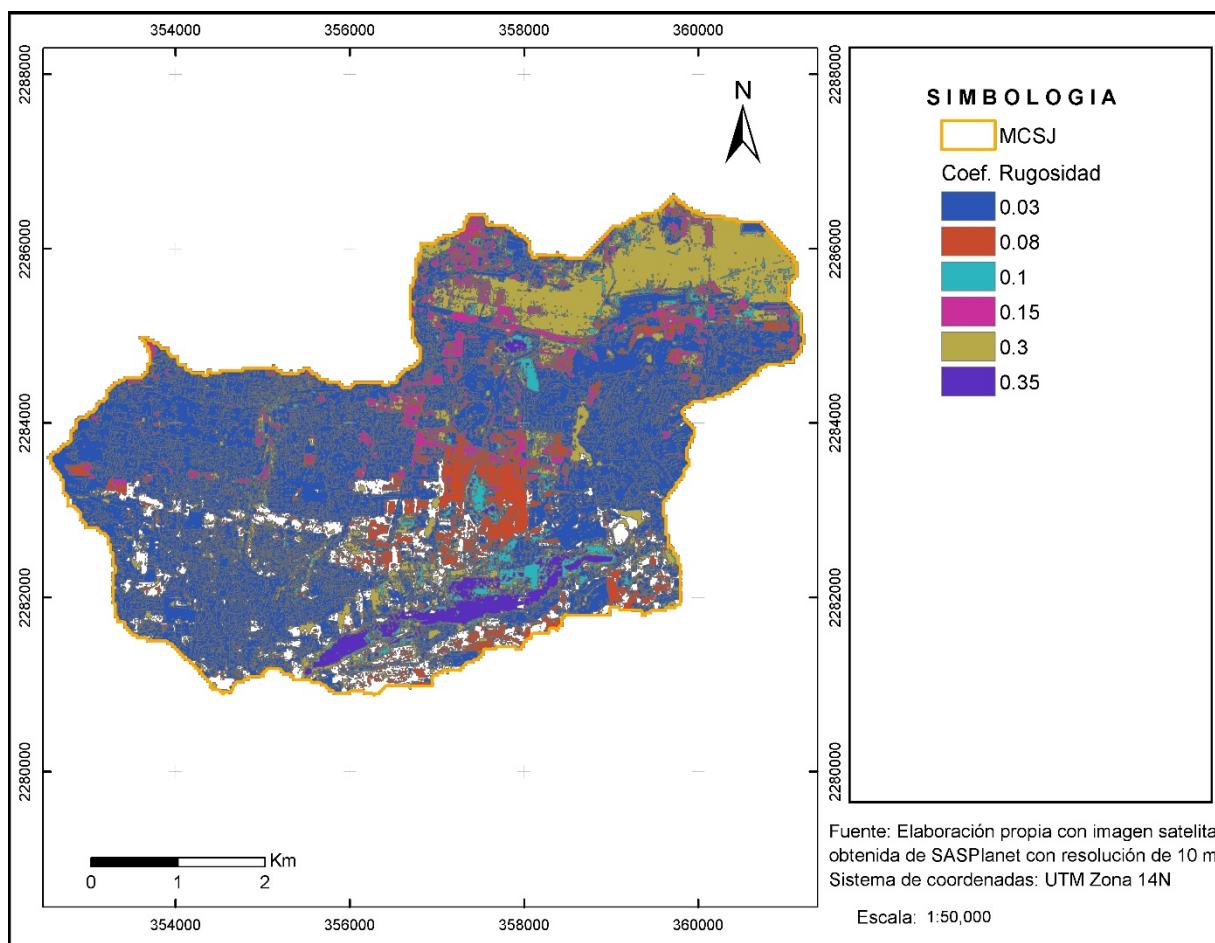


Fuente: Elaboración propia.

e) Geomorfología de las subcuencas y microcuencas

Para conocer características de la superficie como uso del suelo, impermeabilidad, coeficientes de escurrimiento y coeficientes de rugosidad de Manning, se utilizó el SIG para la clasificación de suelo por el método de clasificación supervisada, el cual consistió en la creación de firmas espectrales de una imagen satelital mediante la asignación de muestras de puntos a cada tipo de superficie, teniendo como resultado una gama de diferentes clases con un valor numérico atribuido. Véase mapa 4.5.

Mapa 4.5. Valores de coeficiente “n” de Manning.

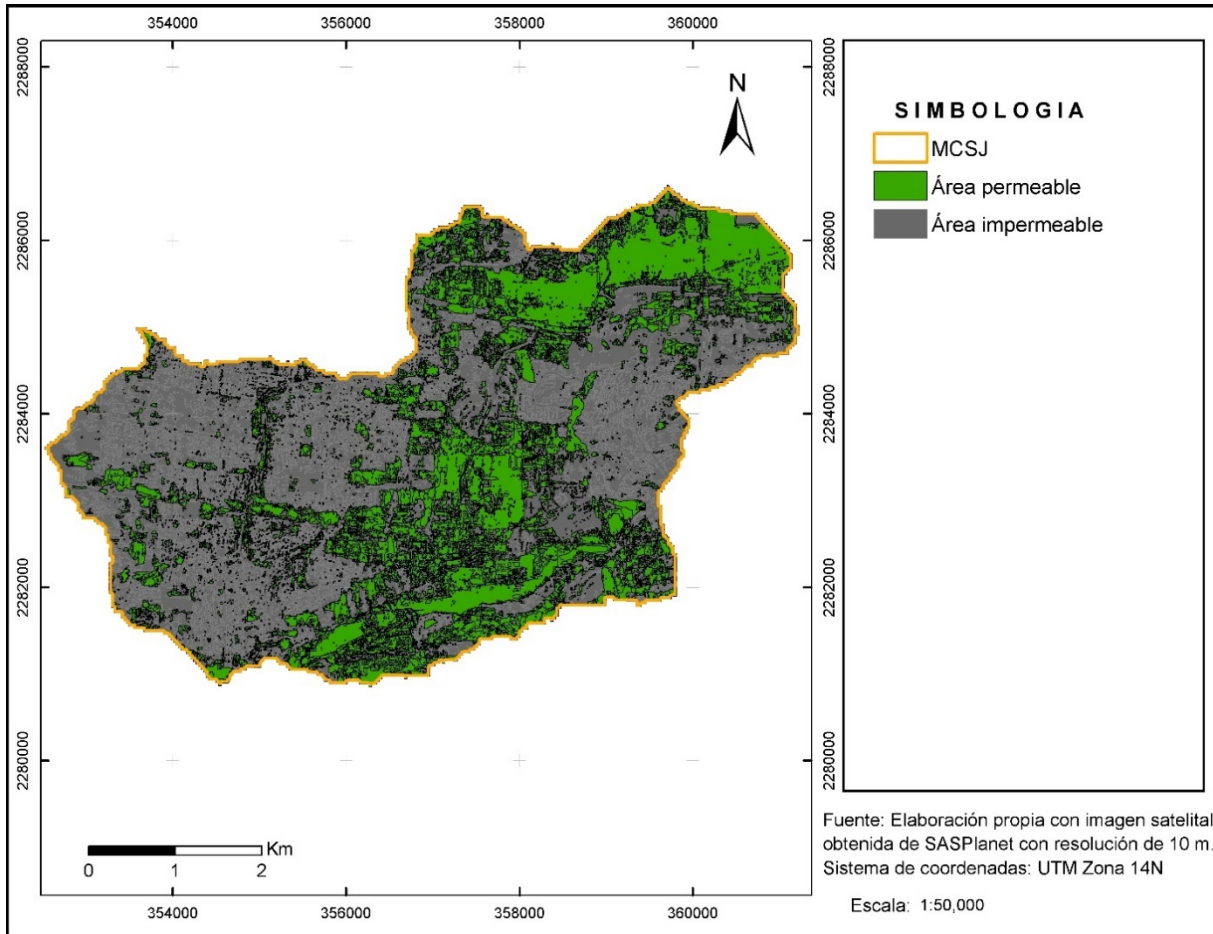


Fuente: Elaboración propia. con imagen satelital obtenida de SASPlanet con resolución de 10 m.

El coeficiente de rugosidad de Manning permite conocer el índice de resistencia al flujo de agua en las superficies por donde escurre, siendo los valores más cercanos a uno los que tienen mayor resistencia al flujo y los más cercanos a cero los de menor rugosidad. Estas características de la superficie influyen en el comportamiento de los escurrimientos.

Como otro insumo para el modelo fue necesario conocer los porcentajes de áreas permeables e impermeables de la MCSJ usando la clasificación supervisada (Mapa 4.6).

Mapa 4.6. Áreas permeables e impermeables en la microcuenca San José.



Fuente: Elaboración propia con imagen satelital obtenida de SASPlanet con resolución de 10 m.

Posterior a la obtención de los coeficientes de rugosidad y las áreas permeables e impermeables, se obtuvo el número de curva N de escurrimiento medio para toda la cuenca, el cual resultó ser 84.65. Este valor se obtuvo con base en las tablas presentadas por Ruiz (2016) y los diferentes usos de suelo en la zona recopilados de información vectorial de INEGI (2017). El número de curva refleja la capacidad de la cuenca para producir escorrentía durante una lluvia, siendo los valores más cercanos a 100 los que representan una mayor capacidad y los cercanos a cero una permeabilidad muy alta.

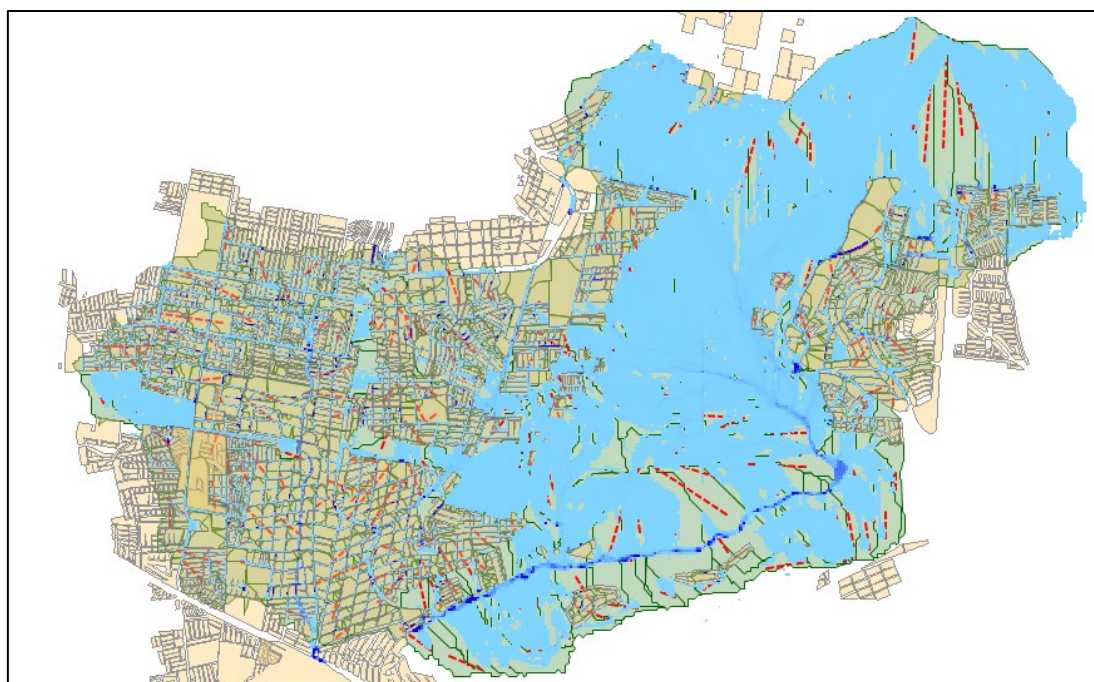
f) Modelación hidráulica 2D de escenario en condiciones actuales

Con los insumos y procesos realizados anteriormente se procedió a la construcción del modelo hidrológico-hidráulico, siendo necesario aplicar diferentes herramientas del software utilizado

para integrar la información y hacer las corridas correspondientes, con el fin de obtener los resultados para la cuenca completa y las subcuencas. Dichos resultados sirvieron para hacer la comparación de escenarios.

La simulación del modelo se hizo tomando en cuenta la información hidrológica traducida al hietograma de diseño (gráfica 4.2), requiriendo un tiempo computacional de simulación de entre cuatro a seis horas. Los escurrimientos de dicha simulación de la tormenta a las dos horas se observan en la figura 4.3.

Figura 4.3. Resultado de simulación de inundación a las dos horas: condiciones actuales.



Fuente: Elaboración propia.

El color azul claro de la figura 4.3 muestra la presencia de escurrimientos con poca profundidad, mientras que el color azul intenso los escurrimientos con profundidad mayor en condiciones actuales. Con esta figura se pueden ver las zonas susceptibles a inundación, lo cual indica un riesgo potencial para la zona urbana dentro de la MCSJ.

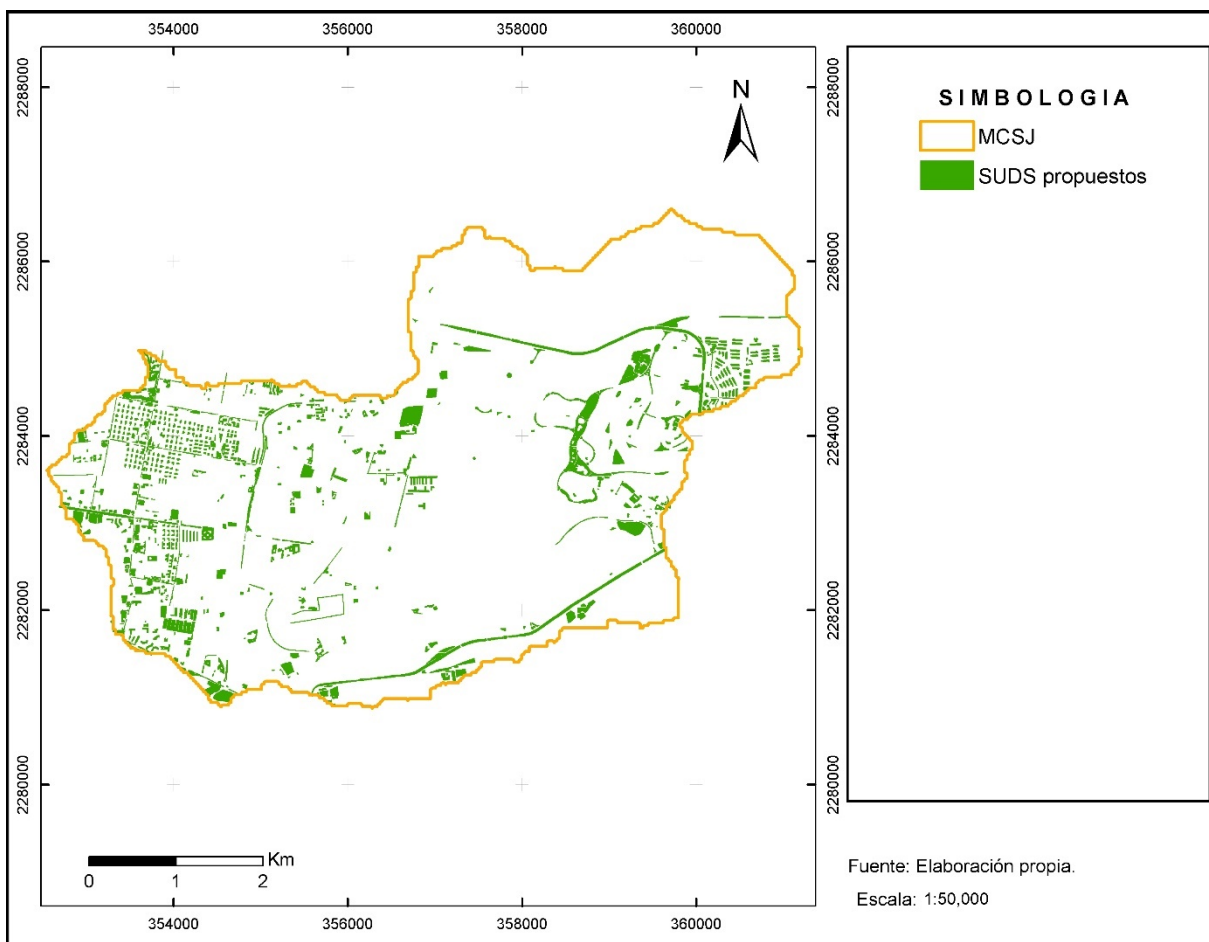
g) Propuesta de SUDS en la microcuenca San José

Posteriormente, se realizó una propuesta de SUDS en la MCSJ, usando como criterio de selección de sitios los espacios públicos urbanos como parques y áreas verdes, también predios

y edificios de gobierno, camellones, predios y edificios industriales y comerciales, además de propiedades privadas con potencial para algún tipo de SUDS como estacionamientos y lotes baldíos. Para elaborar dicha propuesta se buscó que la suma de todas las áreas de SUDS representara aproximadamente el cinco por ciento del área total de la cuenca, esto con el fin de tener un área representativa y que la comparación de escenarios fuera más sencilla. Cabe mencionar que se pretendían hacer más propuestas, pero debido a la poca disponibilidad de espacios no fue posible.

En el mapa 4.7 se muestra la propuesta general de SUDS distribuidos en diferentes zonas de la MCSJ.

Mapa 4.7. Propuesta de SUDS en la microcuenca San José.

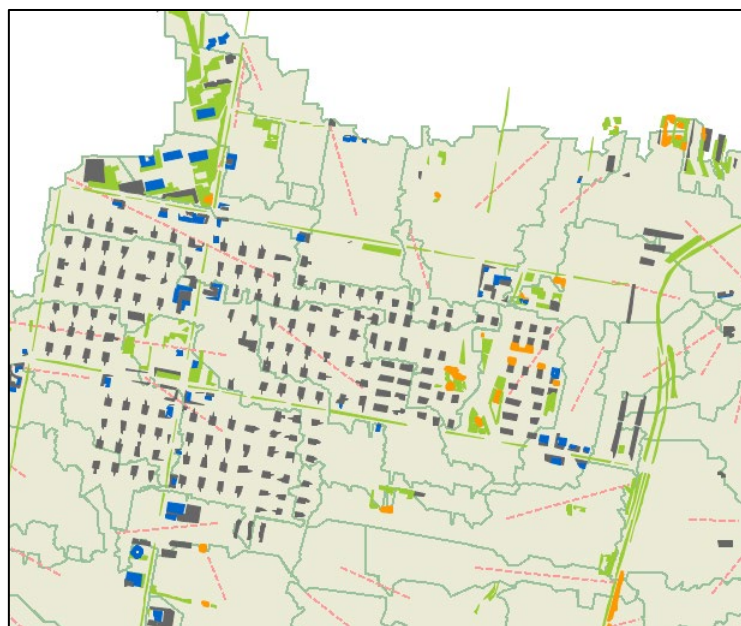


Fuente: Elaboración propia.

Para esta propuesta se seleccionaron cuatro tipos de SUDS, tomando como referencia las opciones del módulo “*LID controls*” del software PCSWMM®, este módulo permite añadir áreas de una gama de SUDS para ser tomadas en cuenta en la modelación. Aunque los ajustes de los coeficientes de rugosidad y de áreas permeables e impermeables se hicieron de forma manual, de acuerdo con las áreas añadidas de SUDS en cada subcuenca. Los ocho tipos de SUDS que ofrece el módulo son: 1) celda de biorretención; 2) zanja de infiltración; 3) pavimento permeable; 4) tanque cisterna de lluvia; 5) jardín de lluvia; 6) techo verde; 7) canal vegetado; y 8) desconexión de bajada de agua pluvial en techos. Para este caso, se seleccionaron los cuatro tipos más convenientes (de acuerdo con las características de la zona, características del tipo de SUDS y la disponibilidad de espacios), los cuales fueron la celda de biorretención, el jardín de lluvia, el techo verde y el pavimento permeable.

Después de ubicar todas las intervenciones propuestas en la MCSJ en formato vectorial, se asignaron valores a diferentes parámetros de diseño de los SUDS tales como propiedades del suelo, espesores de las capas, porcentaje de vegetación, entre otras, lo cual se hizo con base en la literatura y características de la zona. Posteriormente se realizó un proceso con SIG para determinar el área de SUDS para cada una de las 248 subcuencas. En la figura 4.4 se pueden observar las subcuencas y SUDS propuestos en la zona oeste de la MCSJ.

Figura 4.4. Acercamiento a propuesta de SUDS con subcuencas, zona oeste de la MCSJ.



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.4 se pueden observar diferentes tipos de SUDS propuestos en la zona oeste de la MCSJ: en color naranja las celdas de biorretención, en color verde los jardines de lluvia, en color gris los pavimentos permeables y en color azul los techos verdes.

Por otro lado, el área total de SUDS propuestos, el número total de intervenciones propuestas y el porcentaje de área que ocupan dichas intervenciones en relación con el área total de la MCSJ para cada uno de los cuatro tipos de SUDS propuestos se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 4.1. Resumen de propuesta de SUDS en la microcuenca San José.

Tipo de SUDS	No. de intervenciones	Área (km²)	% de área representativa de la MCSJ
Celda de biorretención	120	0.04	0.14
Pavimento permeable	560	0.40	1.42
Techo verde	174	0.12	0.41
Jardín de lluvia	671	0.82	2.92
Total	1525	1.37	4.89

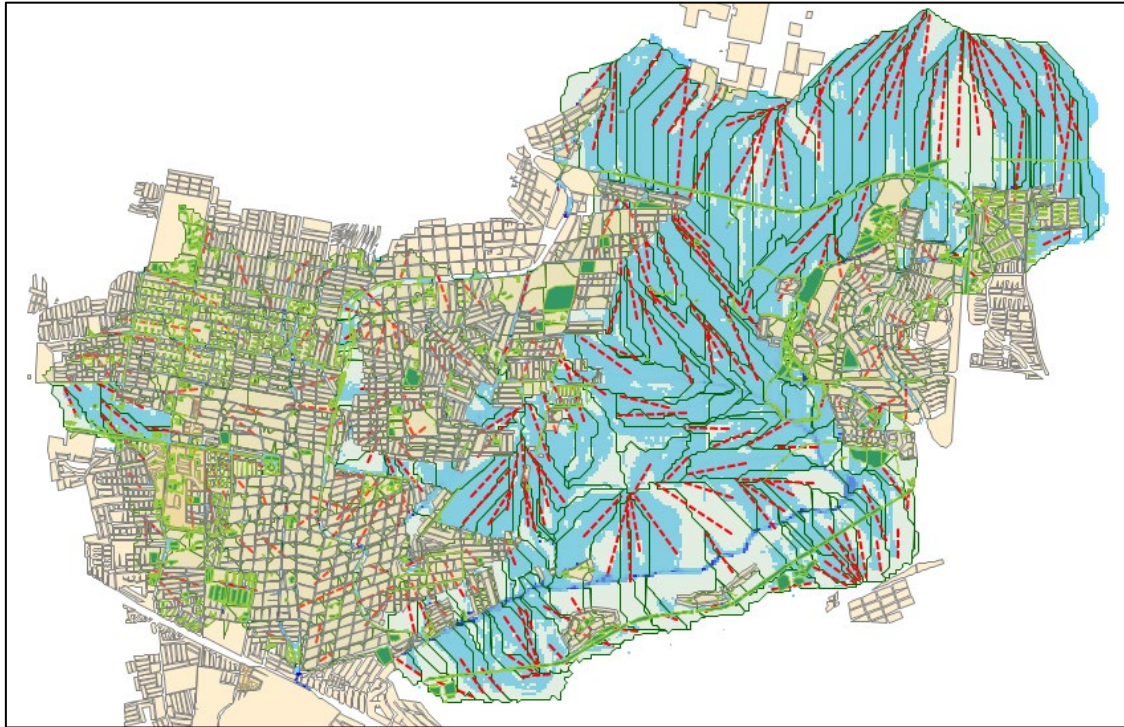
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el cuadro anterior, el tipo de SUDS con mayor área en la propuesta es el jardín de lluvia con un 2.92 por ciento, seguido del pavimento permeable con un 1.42 por ciento, techo verde con 0.41 por ciento y celda de biorretención con 0.14 por ciento. Los jardines de lluvia se propusieron principalmente en camellones y parques, los pavimentos permeables y los techos verdes en instalaciones de gobierno, escuelas, zonas industriales y plazas comerciales, y las celdas de biorretención en parques y áreas verdes.

h) Modelación hidráulica 2D de escenario con propuesta de SUDS

Tomando el modelo de condiciones actuales como base, se añadieron las áreas de las intervenciones propuestas de SUDS, y con ello se hizo el ajuste correspondiente de los coeficientes de rugosidad y de áreas permeables e impermeables en cada subcuenca. Una vez hecho esto, se ejecutó la simulación del modelo usando la misma información hidrológica y tiempo de análisis. Los escurrimientos de dicha simulación de la tormenta a las dos horas de análisis se observan en la figura 4.5.

Figura 4.5. Resultado de simulación de inundación a las dos horas: con propuesta de SUDS.



Fuente: Elaboración propia.

En la anterior figura se observan en color azul claro los escurrimientos con poca profundidad, mientras que el color azul intenso los escurrimientos con profundidad mayor en el escenario con SUDS propuestos.

i) Comparación de escenarios

El paso final de este proceso fue la comparación de los dos escenarios generados, donde se compararon los valores de los parámetros de almacenamiento (volumen total de almacenamiento) y esorrentía (caudal total) a nivel cuenca y los parámetros de infiltración, y esorrentía a nivel subcuenca, de las cuales se seleccionaron las tres con mayor área propuesta de SUDS: S86, S99 y S100 (nombre asignado en la modelación), con áreas totales de 171774 m² (con 31.8 por ciento de SUDS), 217587 m² (con 14.4 por ciento de SUDS) y 187119 m² (con 25.5 por ciento de SUDS), respectivamente. La selección de estos parámetros se hizo con el fin de conocer el impacto y potencial que podría tener la implementación de estos sistemas.

Adicional a estos parámetros, en el Anexo 4 se presentan mapas con los resultados de profundidad máxima de la escorrentía (inundación), y volumen máximo en la cuenca completa, que fueron generados con los resultados en formato ráster (celdas con resolución de 20 x 20 m).

4.3. Análisis y discusión de resultados

En este subcapítulo se analizan los parámetros anteriormente mencionados para la comparación de los escenarios de condiciones actuales y con propuesta del cinco por ciento de SUDS.

1) Escenario de condiciones actuales

Primeramente, los resultados de los parámetros de almacenamiento y escorrentía en la MCSJ fueron los siguientes (cuadro 4.2).

Cuadro 4.2. Resultados de modelación de la MCSJ: condiciones actuales.

Parámetro		MCSJ
Almacenamiento	Máximo (m ³)	431100
	Promedio (m ³)	257500
Escorrentía	Máxima (m ³ /s)	383.900
	Total (m ³)	798700

Fuente: Elaboración propia.

Ahora, en el cuadro 4.3 se presentan los resultados de las tres subcuencas seleccionadas.

Cuadro 4.3. Resultados de tres subcuencas de la MCSJ: condiciones actuales.

Parámetro		S86	S99	S100
Infiltración	Máxima (mm/h)	25.3	2.7	32.86
	Total (mm)	13.08	1.21	16.53
Escorrentía	Máxima (m ³ /s) (gasto pico)	1.874	3.450	2.114
	Total (m ³)	4975	8801	4814

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede ver en el cuadro 4.3, la subcuenca S100 es la que mayor infiltración registra de las tres, mientras que la S99 es la que tiene un gasto pico mayor, de casi 3500 litros por segundo. Respecto a la escorrentía total, esta representa el total del volumen generado durante la simulación en la subcuenca, y el valor más alto lo tiene la subcuenca S99.

2) Escenario con propuesta de SUDS

Primeramente, los resultados de los parámetros de almacenamiento y escorrentía en la MCSJ fueron los siguientes, resumidos en el cuadro 4.4.

Cuadro 4.4. Resultados de modelación de la MCSJ: con propuesta de SUDS.

Parámetro		MCSJ
Almacenamiento	Máximo (m ³)	399900
	Promedio (m ³)	244,900
Escorrentía	Máxima (m ³ /s)	346.400
	Total (m ³)	718800

Fuente: Elaboración propia.

Ahora, en el cuadro 4.5 se presentan los resultados de las tres subcuencas seleccionadas.

Cuadro 4.5. Resultados de tres subcuencas de la MCSJ: con propuesta de SUDS.

Parámetro		S86	S99	S100
Infiltración	Máxima (mm/h)	30.51	9.84	36.09
	Total (mm)	16.54	9.84	18.86
Escorrentía	Máxima (m ³ /s) (gasto pico)	0.8952	2.817	0.944
	Total (m ³)	2124	6830	2407

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con lo mostrado en el cuadro 4.5 se puede notar que la subcuenca S100 es la que mayor infiltración registra de las tres, mientras que la S99 es la que tiene un gasto pico mayor, de casi 2817 litros por segundo. Respecto a la escorrentía total, esta representa el total del volumen generado durante la simulación en la subcuenca, y el valor más alto lo tiene la subcuenca S99.

Cabe aclarar que la modelación y sus resultados fueron obtenidos sin considerar la infraestructura pluvial existente (rejillas, drenaje pluvial subterráneo, canales, etc.). Dado esto y la resolución de la topografía conseguida, algunos valores como los que se pueden observar en los mapas de inundación en el Anexo 4 pueden diferir de las condiciones actuales, que se puede actualizar en futuros trabajos sobre la misma cuenca.

4.4. Principales hallazgos

4.4.1. Modelo hidrológico-hidráulico

En este apartado se presenta una comparación de los resultados de los dos escenarios del modelo hidrológico-hidráulico, con el fin de resaltar las diferencias en los valores de los parámetros mencionados en el apartado anterior, tanto de la cuenca completa, como de las tres subcuencas.

En primer lugar, se muestra la comparación de resultados de los parámetros de almacenamiento y escorrentía en la MCSJ para la lluvia vinculada a un periodo de retorno de 2 años, resumidos en el cuadro 4.6.

Cuadro 4.6. Resultados de modelación de la MCSJ: comparación de escenarios.

Parámetro		MCSJ		
		Condiciones actuales	Con SUDS	Diferencia (%)
Almacenamiento	Máxima (m ³)	431100	399900	-7.23729993
	Promedio (m ³)	257500	244900	-4.893203883
Escorrentía	Máxima (m ³ /s)	383.900	346.400	-9.768168794
	Total (m ³)	798700	718800	-10.0037561

Fuente: Elaboración propia.

Tomando en cuenta estos resultados hubo una disminución en los parámetros; el almacenamiento máximo de 31200 m³ (un siete por ciento), mientras que la escorrentía máxima disminuyó 37.5 m³/s (cerca del 10 por ciento).

En cuanto a los resultados de las tres subcuencas con mayor área propuesta de SUDS se tiene la siguiente comparación (cuadro 4.7).

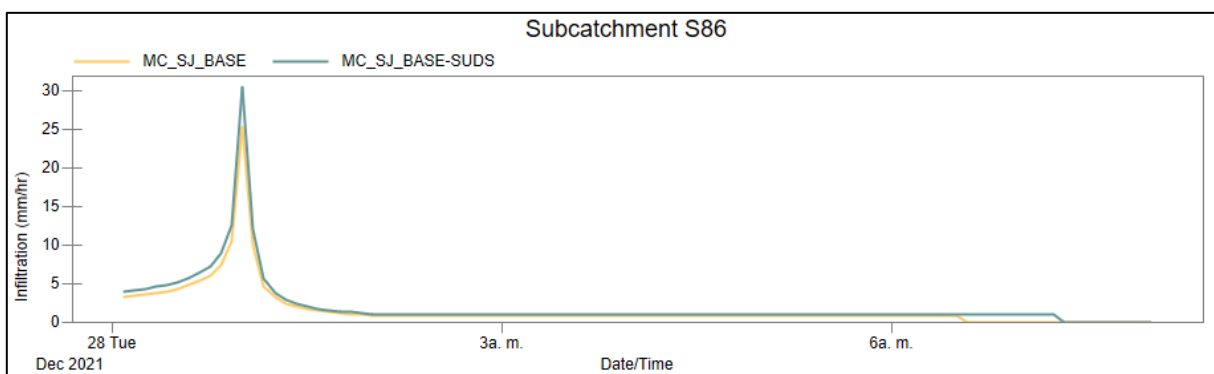
Cuadro 4.7. Resultados de modelación en tres subcuencas: comparación de escenarios.

Parámetro		S86		S99		S100	
		Cond. Act.	Con SUDS	Cond. Act.	Con SUDS	Cond. Act.	Con SUDS
Infiltración	Máx.(mm/h)	25.3	30.51	2.7	9.84	32.86	36.09
	Total (mm)	13.08	16.54	1.21	9.84	16.53	18.86
Escorrentía	Máx.(m ³ /s)	1.874	0.895	3.450	2.817	2.114	0.944
	Total (m ³)	4975	2124	8801	6830	4814	2407

Fuente: Elaboración propia.

Las diferencias en estas tres subcuencas son significativas, habiendo una disminución en la escorrentía y un aumento de la infiltración, destacando la subcuenca S86 con diferencias considerables en todos los parámetros; un aumento del 21 por ciento en la infiltración máxima y una disminución del 48 por ciento en la escorrentía máxima. A continuación, se pueden observar de manera gráfica las diferencias de dicha subcuenca: en amarillo el escenario en condiciones actuales y en azul el escenario con SUDS propuestos.

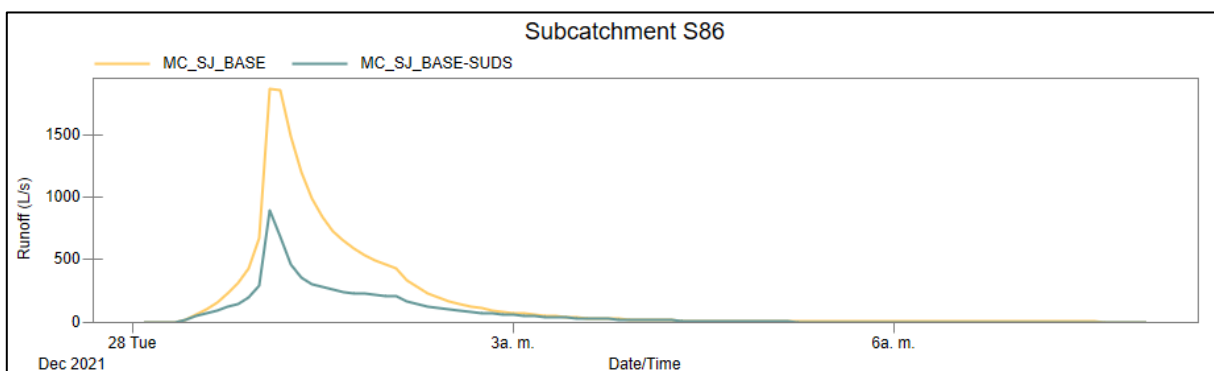
Gráfica 4.3. Comparación de infiltración en subcuenca S86.



Fuente: Elaboración propia con resultados de la modelación en PCSWMM ®.

En la gráfica 4.4 se ilustra la comparación del parámetro de escorrentía en la subcuenca S86: en amarillo el escenario en condiciones actuales y en azul el escenario con SUDS propuestos.

Gráfica 4.4. Comparación de escorrentía en subcuenca S86.



Fuente: Elaboración propia con resultados de la modelación en PCSWMM ®.

Como se puede observar el impacto de los SUDS puede resultar muy significativo a nivel subcuenca, sin embargo, a nivel cuenca es menor, por lo que se necesitaría un mayor porcentaje de propuestas de estos sistemas para poder influir a mayor escala.

4.4.2. Otros factores técnicos

Si bien, con el modelo hidrológico-hidráulico se abordaron diferentes factores técnicos, es necesario mencionar que existen otros importantes, siendo uno de estos la vegetación (recordando que existen diferentes tipos de SUDS que basan su funcionamiento en la interacción suelo-vegetación). Este factor fue resaltado por los actores clave de los casos de Hermosillo y Ciudad Juárez vistos en el capítulo tres, por lo que resulta conveniente mencionarlo.

Para el caso de Querétaro, y en particular de la zona de estudio sería adecuado basarse en publicaciones y asesoría de expertos en el tema para hacer una selección de vegetación (nativa o adaptada) más apropiada para cada tipo de sistema de drenaje y su ubicación. Un ejemplo de lugar de consulta y asesoría sobre las plantas útiles y potencialmente útiles en la ciudad de Querétaro, es el Jardín Botánico Regional de Cadereyta "Ing. Manuel González de Cosío", el cual es una institución dedicada al estudio, conservación y aprovechamiento de la flora mexicana. En esta misma línea, una publicación de utilidad sobre vegetación en la ZMQ es el ensayo "Ausencia de flora ideas para alinear el pensamiento con la naturaleza" de Sánchez y otros (2007).

Con el fin de conocer información más específica sobre la vegetación, se hizo una consulta profesional con una persona experta en este tema. En dicha consulta se habló de las condiciones de la zona urbana de Querétaro y de posibles especies de plantas que podrían funcionar en algunos de los SUDS que basan su operación en la interacción suelo y vegetación. La recomendación de especies se hizo tomando en cuenta que en Querétaro predomina el tipo de vegetación llamado bosque tropical caducifolio, y criterios complementarios como: el mantenimiento de baja exigencia, potencial de infiltración y aspectos ornamentales. A continuación, se presentan en un cuadro resumen de dichas recomendaciones.

Cuadro 4.8. Recomendación de especies de plantas para SUDS en la MCSJ.

No.	Especie	Características principales
1	Mezquite: <i>Prosopis laevigata</i> (Humb. y Bonpl. ex Willd.) M. C. Johnst.	Nativa. Mejora calidad del suelo e infiltra agua
2	Huizache: <i>Vachellia farnesiana</i> (L.) Wight y Arn.	Nativa. Retiene suelo erosionado, infiltra agua, sirve como barrera rompe vientos
3	Palo Fierro/Tepeguaje: <i>Lysiloma microphyllum</i> Benth.	Nativa. Mejora suelo erosionado, así como su fertilidad; infiltra agua.
4	Pirul: <i>Schinus molle</i> L.	Introducida y naturalizada. Mejora el suelo con su hojarasca, infiltra agua de lluvia, controla erosión
5	Palo dulce: <i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg	Nativo. Retiene suelo erosionado y seco, infiltra agua.
6	Palo verde: <i>Parkinsonia aculeata</i> L.	Nativo. Infiltra agua de lluvia, cortina rompe viento y seto vivo.
7	Palo de escopeta/Tepehuaje: <i>Albizia occidentalis</i> Brandege	Nativa y endémica de México. Ornamento urbano, regenera suelo, infiltra agua.
8	Patol/Colorín: <i>Erythrina americana</i> Wild.	Nativa. Amenazada Cortina rompevientos, retiene suelo, infiltra agua.
9	Palo lechón: <i>Euphorbia tanquahuete</i> Sessé y Moç.	Endémica de México. Infiltra agua de lluvia, regenera suelos.
10	Copal/Palo shishote: <i>Bursera fagaroides</i> (Kunth) Engl.	Nativa Retiene el suelo e infiltra agua.
11	Palo macho/Palo fierro: <i>Senna polyantha</i> (Moc. y Sessé ex Collad.) Irwin y Barneby	Endémica de México. Retiene el suelo e infiltra agua.
12	Palo bobo: <i>Ipomoea murucoides</i> Roem. y Schult.	Nativa. Infiltra agua, regenera suelos.
13	Codo de fraile: <i>Cascabela thevetioides</i> (Kunth) Lippold.	Nativa. Planta pionera, retiene y mejora suelos, infiltra agua
14	Sauz: <i>Salix humboldtiana</i> Wild.	Nativa. Elemento ornamental, sirve como barrera rompevientos, mejora y regenera el suelo, controlan la erosión, infiltran el agua de lluvia.
15	Lluvia de oro: <i>Senna septemtrionalis</i> (Viv.) H.S. Irwin y Barneby	Nativa. Poca necesidad de agua, retiene suelo e infiltra agua.
16	Granjeno: <i>Condalia velutina</i> I.M. Johnst.	Endémica de México. Ayuda a controlar la erosión, infiltra agua de lluvia.
17	Uña de gato: <i>Mimosa aculeaticarpa</i> Ortega	Nativa. Corona rompevientos, controla erosión, infiltra agua de lluvia, mejora suelos con su hojarasca.
18	Gatillo/Charrasquillo: <i>Mimosa monancistra</i> Benth.	Nativa. Sirve como seto vivo, controla erosión, infiltra agua.
19	Tronadora: <i>Montanoa tomentosa</i> Cerv.	Endémica de México. Infiltra agua de lluvia, protege el suelo de la erosión.
20	Tepozán: <i>Buddleja cordata</i> Kunth	Nativa.

		Infiltra agua de lluvia, regenera suelos, estabiliza terrenos arenosos, controla erosión, funciona como cerco vivo.
21	Mujer bella/cinco negritos: <i>Lantana camara</i> L.	Nativa. Infiltra agua de lluvia, controla erosión, mejora suelos.
22	Garambullo: <i>Myrtillocactus geometrizans</i> (Mart. ex Pfeiff.) Console	Retiene suelo, infiltra agua a los mantos. Endémica de México.
23	Tuna cactus/Nopal de castilla: <i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill.	Nativa. Retiene el suelo, incrementa la retención de agua.
24	Magüey blanco/Magüey fino: <i>Agave americana</i> L.	Nativa. Capta agua de lluvia, protege y rehabilita suelos.
25	Magüey Verde: <i>Agave salmiana</i> B. Otto ex Salm-Dyck ssp. <i>crassispina</i> (Trel.) Gentry	Nativa Captan agua de lluvia, protegen y rehabilitan suelos.

Fuente: Elaboración propia (Natalia M.Sánchez, comunicación personal, 2022).

Conforme a lo descrito en el cuadro 4.8, la recomendación de especies consistió en un total de 25, de las cuales, de la primera a la 14 son árboles, de la 15 a la 21 son arbustos, de la 22 a la 23 son cactus y de la 24 a la 25 son rosetas.

4.5. Conclusiones

A manera de conclusión de este capítulo se puede hablar de la construcción del modelo de simulación asociado a un periodo de retorno de 2 años y una lluvia de 43.71 mm, el cual fue una herramienta de gran ayuda para estimar el potencial de la implementación de SUDS en la zona de estudio mediante la comparación del escenario en condiciones actuales y un segundo escenario con la propuesta de diferentes tipos de SUDS distribuidos en la microcuenca. Esta herramienta puede ser considerada como adecuada para saber si estos sistemas pueden tener impacto en una cuenca, dado que se pueden conocer resultados de diferentes parámetros tales como infiltración, escorrentía y almacenamiento al simular una tormenta. Aunque este tipo de modelos pueden ser funcionales, hay que tomar en cuenta que para su construcción se requiere de una gran cantidad de insumos de información, de horas de simulación, comprensión de las variables, del conocimiento y manejo adecuado del software, además de la obtención de una licencia para su uso. Para este caso, la construcción de este modelo se hizo con la ayuda de investigadores del IMTA con experiencia con el software y la licencia fue otorgada como una beca para estudiantes por parte de los desarrolladores del programa.

En cuanto a los resultados de la simulación se pueden tener diagnósticos a diferentes niveles, el primero a nivel cuenca (general) y el segundo a nivel subcuencas (local). Dicho esto, se puede decir que los SUDS tienen un mayor impacto a nivel subcuencas con un aumento significativo de la infiltración máxima y reducción de la escorrentía máxima en distintas subcuencas con áreas propuestas de SUDS. Por ejemplo, la S86 que registró un incremento del 21 por ciento en la infiltración máxima y una disminución del 48 por ciento en la escorrentía máxima. Por otro lado, a nivel cuenca los resultados fueron menores, pero favorables, registrando una disminución en el almacenamiento máximo de un siete por ciento, y en la escorrentía máxima cerca del 10 por ciento. Cabe mencionar que las ventajas de estos modelos es su replicabilidad en otras cuencas con características similares o distintas a la MCSJ.

Como conclusión general se tiene que, con base en los hallazgos, sí existe una viabilidad técnica para implementar los SUDS a nivel local, dados los resultados favorables en los parámetros de reducción de escorrentía y aumento de la infiltración. No obstante, al buscar un estudio más integral, es necesario analizar otros factores importantes que intervienen en la implementación de estas alternativas, tales como los sociales e institucionales.

Contrastando los factores técnicos analizados para la MCSJ en Querétaro con lo visto en los casos de implementación de I.V. en la frontera norte, se puede inferir que la implementación de estos sistemas puede darse de manera gradual y por etapas, siendo complicado la instalación de todos los sistemas propuestos, pudiendo dar prioridad a tipos de SUDS de construcción más sencilla como jardines de lluvia, celdas de biorretención y áreas con superficies permeables.

Con estos hallazgos presentados fue posible completar con una fracción del objetivo general de este trabajo y alcanzar los objetivos específicos relacionados con los factores técnicos y la viabilidad técnica de implementar SUDS en la cuenca.

En el capítulo siguiente se abordan diferentes factores sociales relacionados con el compromiso de la comunidad, conocimiento y opinión de los SUDS, cohesión social y redes comunitarias, opinión acerca de los SUDS, experiencia con inundaciones, comunicación entre sociedad y autoridades, existencia de asociaciones civiles, entre otros.

CAPÍTULO V: FACTORES SOCIALES EN LA IMPLEMENTACIÓN DE SUDS

La dimensión social, a través de los residentes de la zona de estudio, así como de otros actores clave comprende una parte de la RU. En este quinto capítulo se abordan diferentes factores sociales tales como el compromiso de la comunidad, conocimiento y opinión de los SUDS, la cohesión social y redes comunitarias, la opinión acerca de los SUDS, la experiencia con inundaciones, la comunicación entre sociedad y autoridades, la existencia de organizaciones civiles, entre otros. Desde este enfoque, se tomó como guía el marco de referencia de la obra “*The city water resilience approach*”, mencionado en el cuadro 1.2.

Lo presentado en este capítulo tiene relación con el alcance del objetivo general y dos de los objetivos específicos que hablan del análisis de los factores sociales que pueden intervenir en la implementación y mantenimiento de los SUDS, y de la determinación de la viabilidad para implementarlos en la MCSJ desde la dimensión social.

5.1. Trabajo de campo en Querétaro

La cuarta etapa de trabajo de campo y estancias de investigación corresponde al trabajo en Querétaro, mismo que se dividió en dos fases, una para la dimensión social y otra para la institucional. En este capítulo se aborda la primera de estas, donde las actividades principales fueron: visitas de campo a la MCSJ y entrevistas a actores clave. En las visitas de campo se recorrieron calles, avenidas principales, colonias, así como algunas obras de infraestructura hidráulica (drenes), entre otros. En el Anexo 2 se presenta un reporte fotográfico de estos recorridos.

5.1.1. Entrevistas a actores sociales

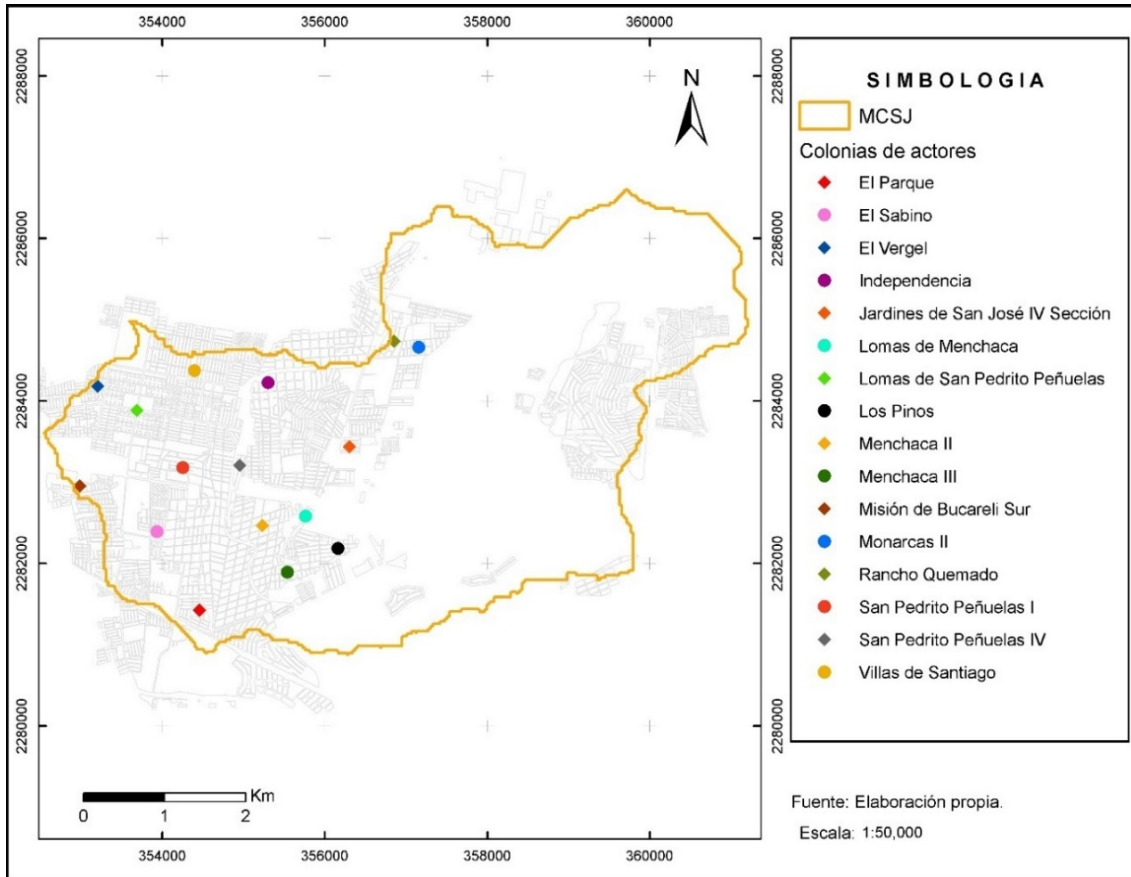
Las entrevistas a actores sociales clave se dividieron en dos grupos, el primero dirigido a representantes e informantes clave de distintas colonias de la MCSJ, y el segundo a representantes de asociaciones civiles relacionadas con temas de agua con posible incidencia en la implementación de SUDS u otras alternativas para una mejor gestión del agua de lluvia.

1) Actores locales de la MCSJ

Los actores entrevistados fueron un total de 16, de los cuales 15 fueron presidentes de comités comunitarios y un informante clave. Cada comité comunitario representa a una colonia diferente, y estos son parte de una estructura creada en 2017 llamada Sistemas de Consejos de Participación Ciudadana del Municipio de Querétaro, los cuales son producto de la evolución del Sistema de Consejos Municipales de Participación Social establecido en 1998. De acuerdo con el Reglamento de Sistemas de Consejos de Participación Ciudadana del Municipio de Querétaro, este sistema funciona como un mecanismo para promover e integrar la participación plural y democrática de la ciudadanía del municipio, además de ser un instrumento para conjuntar esfuerzos entre los ciudadanos y la administración pública en busca del bien común, desarrollo sustentable e integral.

El enlace con los presidentes comunitarios se hizo a través de la Dirección de Concertación y Participación Social de la Secretaría de Desarrollo Humano y Social del municipio de Querétaro; quienes establecieron comunicación con diferentes presidentes para solicitar su aprobación para compartir sus datos de contacto. Posteriormente, se llamó a los presidentes que accedieron para explicarles los objetivos de la investigación y programar la entrevista; se contactaron a 25 personas de las cuales 15 aceptaron realizarla por videoconferencia o llamada telefónica. En el mapa 5.1 se muestra la ubicación de las colonias de los 16 entrevistados.

Mapa 5.1. Colonias donde residen los actores locales entrevistados.



Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en el mapa 5.1, la distribución de los actores sociales locales ocupó la mayoría de la zona urbana de la MCSJ. La lista de estos actores se encuentra en el Anexo 3.2.

El guion de entrevista semiestructurada consistió en 27 preguntas divididas en siete secciones: 1) experiencia sobre el riesgo de inundación, 2) compromiso y participación activa de la comunidad, 3) cohesión social y redes comunitarias, 4) comunicación entre sociedad y autoridades, 5) organizaciones civiles, 6) respuesta y recuperación efectivas ante desastres y 7) conocimiento y opinión de los SUDS. Para más detalle de este guion ver el Anexo 1.3.

2) Representantes de asociaciones civiles

El segundo grupo de actores sociales entrevistados fue el de los representantes de tres asociaciones civiles del estado de Querétaro que están relacionadas con temas de agua; 1) Bajo Tierra A.C., 2) Asociación Mexicana de Hidráulica (AMH) Sección Regional Querétaro y

3) Asociación Mexicana de Sistemas de Captación de Agua de Lluvia (AMSCALL) Querétaro. La selección de estas asociaciones fue de acuerdo con su relación con temas de agua en la ciudad y en el estado, así como por su posible incidencia en la solución de problemáticas en torno al recurso hídrico, incluidas las relacionadas con el agua de lluvia. En el Anexo 3.3 se puede encontrar la lista de estos entrevistados.

El guion de entrevista semiestructurada aplicado consistió en 14 preguntas que abordan diferentes cuestiones con el fin de conocer de la asociación, su colaboración con sociedad y gobierno, sus opiniones acerca de los SUDS, entre otros temas. Para más detalle de este guion ver Anexo 1.4.

5.2. Análisis y discusión de resultados

5.2.1. Actores de la microcuenca San José

Para este paso, se realizó una matriz de comparación con 19 variables obtenidas del guion correspondiente (la matriz completa se encuentra en el Anexo 3.2 de este escrito) y los 16 entrevistados. Posteriormente, se seleccionaron las variables más representativas de la matriz para realizar el análisis de los resultados (las que explican de manera más amplia las diferencias y similitudes entre las opiniones recabadas): 1) Experiencias con inundaciones y afectaciones, 2) Compromiso y participación de la comunidad, 3) Cohesión social y redes comunitarias, 4) Coordinación entre sociedad y gobierno, 5) Conocimiento de asociaciones/grupos en temas de agua o medioambiente, 6) Respuesta y recuperación ante inundaciones, 7) Conocimiento de los SUDS o sistemas homólogos, 8) Interés en participar en la implementación, cuidado y mantenimiento de SUDS. De cada una de estas variables, a continuación, se muestra una descripción cuantitativa y gráfica (sin representación estadística) y una cualitativa de los resultados de las variables mencionadas. Con la descripción cuantitativa y representación gráfica se buscó resaltar los factores más relevantes mencionados por los actores locales, mientras que con la descripción cualitativa se destacan comentarios e ideas relevantes emitidas por estos, que ayudan a entender mejor el contexto de la zona.

- 1) Experiencias con inundaciones y afectaciones: con esta variable se buscó saber si los actores locales han tenido experiencias previas con las inundaciones en su colonia y si ellos o vecinos han tenido afectaciones por las mismas.

a) Descripción cuantitativa

En el siguiente cuadro se presentan las categorías de respuesta registradas para esta variable de acuerdo con lo mencionado por los actores locales, sirviendo esta información para mostrar mediante gráficas el porcentaje de frecuencia de cada categoría de respuesta.

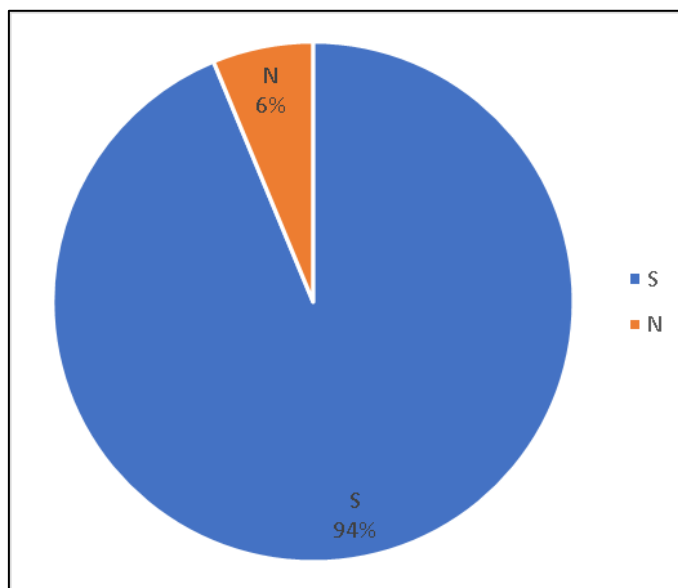
Cuadro 5.1. Experiencia y afectaciones por inundaciones: categorías de respuesta.

Categoría de respuesta	Descripción
S	Sí
N	No

Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 2 (ver Anexo 3.2).

Con base en los resultados de estas dos categorías, se realizó la gráfica 5.1, mostrada enseguida.

Gráfica 5.1. Experiencia con inundaciones: porcentaje de frecuencia de respuestas.



Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 2 (ver Anexo 3.2).

Conforme a la gráfica 5.1, el 94 por ciento de los entrevistados han tenido experiencias y afectaciones por las inundaciones, mientras que el 6 por ciento no las han tenido.

Estos porcentajes y los siguientes presentados en este subcapítulo se obtuvieron al dividir el número de actores que dieron como respuesta cierta categoría, entre el número total de respuestas registradas por variable, teniendo en cuenta que cada actor podía dar una o más categorías como respuesta (dependiendo la pregunta). Por ejemplo: para el caso de la categoría “S” el resultado de 94 por ciento se obtuvo al dividir los 15 actores que dieron esa respuesta entre las 16 respuestas totales registradas.

b) Descripción cualitativa

A manera de resumen, en el cuadro siguiente se muestran distintos comentarios e ideas identificados en las respuestas de los actores locales pertenecientes a diferentes colonias de la zona de estudio, que ayudan a reforzar lo mostrado en la descripción cuantitativa referente a esta primera variable.

Cuadro 5.2. Comentarios e ideas emitidas: variable 1 (actores locales).

Sujeto	Colonia	Comentario/idea
Sujeto_S9	Menchaca II	“En ocasiones cuando llueve se satura el alcantarillado y se bota el agua del drenaje sanitario”
Sujeto_S6	Lomas de San Pedrito Sección Portales	“En mi calle abrieron para meter drenaje pluvial, y a pesar que la tubería es grande se taponea y las aguas negras salen por las casas y las tapas de drenaje se botan, además se han tenido afectaciones en las calles por la excavación mal hecha”
Sujeto_S4	Independencia	“En mi casa y en la de otros vecinos se ha metido el agua cuando la corriente es mucha”
Sujeto_S8	Los Pinos	“En esta zona no hay problema de inundaciones, sólo escurrimientos hacia la zona baja, pero el drenaje es insuficiente y se rebasa su capacidad lo que ocasiona problemas aguas abajo”
Sujeto_S16	Villas de Santiago	“Siempre que llueve desde 10 años que tengo viviendo aquí, ha sido de inundaciones”
Sujeto_S14	San Pedrito Peñuelas I	“La urbanización en la zona ha sido mucha, las pendientes que hay en la zona y la confinación del dren (calles Obreros) ha provocado que baje mucha agua ... La gente también tiene culpa, ya que muchas casas se construyeron pegadas al dren”

Fuente: Elaboración propia con respuestas y testimonios de los actores locales.

Con estos comentarios e ideas se puede notar que las inundaciones han afectado de diferentes maneras y en menor o mayor magnitud a los residentes, siendo un problema recurrente cada temporada de lluvias.

2) Compromiso y participación de la comunidad: con esta variable se buscó conocer la percepción de los actores locales acerca del nivel de compromiso y participación de las personas en su colonia.

a) Descripción cuantitativa

En el siguiente cuadro se presentan las categorías de respuesta registradas para esta variable de acuerdo con lo mencionado por los actores locales, sirviendo esta información para mostrar mediante gráficas el porcentaje de frecuencia de cada categoría de respuesta.

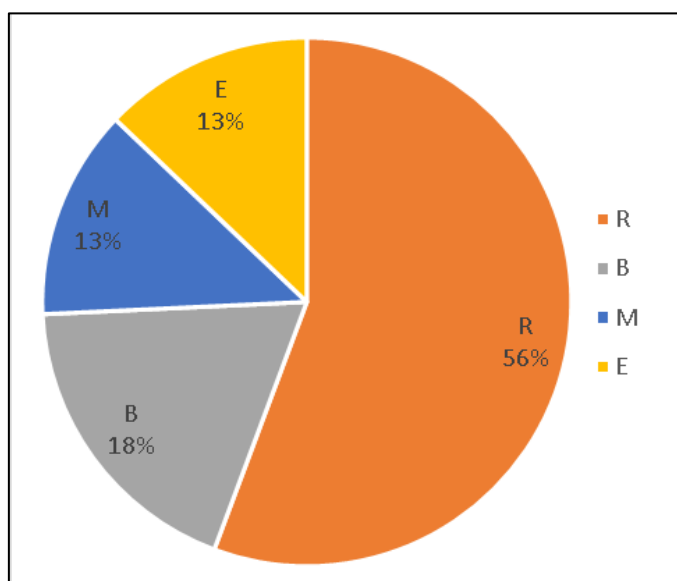
Cuadro 5.3. Compromiso y participación de la comunidad: categorías de respuesta.

Categoría de respuesta	Descripción
M	Mala
R	Regular
B	Buena
E	Excelente

Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 2 (ver Anexo 3.2).

Con base en los resultados de estas cuatro categorías, se realizó la gráfica 5.2, que se presenta a continuación.

Gráfica 5.2. Compromiso y participación: porcentaje de frecuencia de respuestas.



Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 2 (ver Anexo 3.2).

De acuerdo con la gráfica 5.2, las opiniones acerca de esta variable fueron: 56 por ciento regular, 18 por ciento buena, 13 por ciento excelente y 13 por ciento mala. De acuerdo con los testimonios, la mayoría de los entrevistados comentó que la participación y compromiso se da principalmente por parte de las personas que tienen algún problema, sin embargo, comentan que siempre hay gente que tiene la disposición de participar cuando se trata de una mejora para la colonia, elemento necesario para la implementación de los SUDS propuestos.

b) Descripción cualitativa

A manera de resumen, en el cuadro siguiente se muestran distintos comentarios e ideas en las respuestas de los actores locales pertenecientes a diferentes colonias de la zona de estudio, que ayudan a reforzar lo mostrado en la descripción cuantitativa referente a esta segunda variable.

Cuadro 5.4. Comentarios e ideas emitidas: variable 2 (actores locales).

Sujeto	Colonia	Comentario/idea
Sujeto_S9	Menchaca II	"Es participación pasiva, no se preocupan por hacer un cambio significativo, sólo cuando son víctimas sí se movilizan para que se reparen los daños"
Sujeto_S5	Jardines de San José IV Sección	"El Comité Comunitario trabaja en conjunto y colonos apoyan en todas las tareas"
Sujeto_S1	El Parque	"Las personas más afectadas son muy participativas, mientras que las que no lo son tienen una participación regular"
Sujeto_S6	Lomas de San Pedrito Sección Portales	"Somos muy buenos para pedir o exigir muchas veces, pero en ocasiones la participación no es tan buena (de los vecinos)"
Sujeto_S8	Los Pinos	"Sí hay participación, nos conocemos y somos muy unidos., en general hay un 70 % de participación de los vecinos"
Sujeto_S16	Villas de Santiago	"Sí hay participación, estamos unidos y organizados; los vecinos llegan a las juntas, cuando hay faenas asisten, etc. En general hay una participación del 85 %"
Sujeto_S3	El Sabino	"Hay mucha gente que sí es muy activa, y de acuerdo al cambio que se ha dado en la colonia están viendo que se está trabajando, aunque siempre va a haber gente que sea escéptica y apática"
Sujeto_S12	Monarcas II	"Sí participan (los vecinos), pero la gente ya no confía (en el gobierno) porque no prometen lo que hacen en campaña, aquí solo entran cuando es temporada de elecciones"

Fuente: Elaboración propia con respuestas y testimonios de los actores locales.

Conforme a lo mostrado el cuadro 5.4, se puede resaltar que hay contrastes en las respuestas; mientras en algunas colonias la participación es muy buena, hay otras en donde es baja (sólo de las personas afectadas). Dado esto se puede decir que de manera general la participación es regular, habiendo áreas de oportunidad que de ser atendidas podría incrementarse.

3) Cohesión social y redes comunitarias: con esta variable se buscó conocer la percepción de los actores locales acerca del nivel de cohesión social y las redes comunitarias en su colonia.

a) Descripción cuantitativa

En el siguiente cuadro se presentan las categorías de respuesta registradas para esta variable de acuerdo con lo mencionado por los actores locales, sirviendo esta información para mostrar mediante gráficas el porcentaje de frecuencia de cada categoría de respuesta.

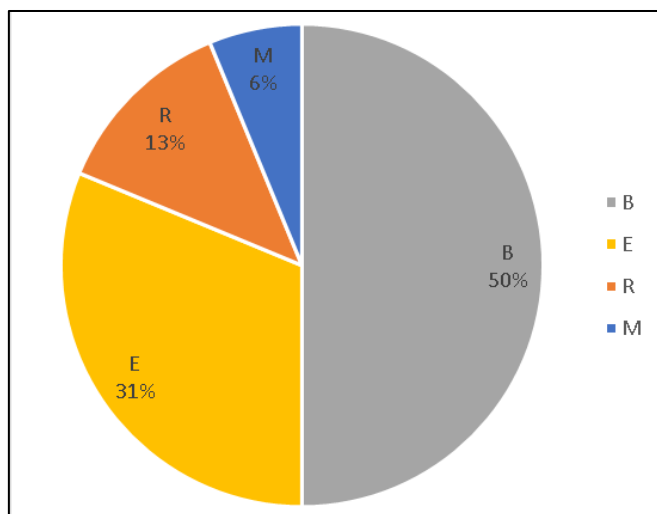
Cuadro 5.5. Cohesión social y redes comunitarias: categorías de respuesta.

Categoría de respuesta	Descripción
M	Mala
R	Regular
B	Buena
E	Excelente

Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 2 (ver Anexo 3.2).

Con base en los resultados de estas cuatro categorías, se realizó la gráfica 5.3.

Gráfica 5.3. Cohesión social y redes comunitarias: porcentaje de frecuencia de respuestas.



Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 2 (ver Anexo 3.2).

Como se observa en la gráfica 5.3, la percepción acerca de la cohesión social y las redes comunitarias fue: 50 por ciento buena, 31 por ciento excelente, 13 por ciento regular y seis por

ciento mala. Sobre esta variable, más del 80 por ciento de los entrevistados comentaron que hay unión y apoyo entre los colonos, lo cual ha ayudado a trabajar en equipo en actividades como, firma de oficios, solicitudes de apoyo a gobierno, vigilancia (seguridad pública), entre otros.

b) Descripción cualitativa

A manera de resumen, en el cuadro siguiente se muestran distintos comentarios e ideas identificados en las respuestas de los actores locales pertenecientes a diferentes colonias de la zona de estudio, que ayudan a reforzar lo mostrado en la descripción cuantitativa referente a esta tercera variable.

Cuadro 5.6. Comentarios e ideas emitidas: variable 3 (actores locales).

Sujeto	Colonia	Comentario/idea
Sujeto_S2	El Vergel	"Entre vecinos de la colonia sí hay (cohesión social), pero ya con otras colonias no, hace falta que exista interacción entre comités comunitarios"
Sujeto_S5	Jardines de San José IV Sección	"En la colonia sí hay unión entre colonos, al igual que en colonias de los alrededores"
Sujeto_S1	El Parque	"Sí hay buena armonía, hay unión y convivencia. Hacemos festejos, faenas de limpieza, plantar árboles en áreas comunes, etc."
Sujeto_S13	Rancho Quemado	"Sí la hay (cohesión social), hay gente muy solidaria para muchas situaciones, necesidades y problemas en las colonias"
Sujeto_S15	San Pedrito Peñuelas IV	"Sí la hay (cohesión social), cuando hay algo que hacer jalamos todos. ..En grupos de chat tenemos el contacto de todos los de la colonia, y cuando hay alguna situación nos escribimos y sale gente".
Sujeto_S14	San Pedrito Peñuelas I	"Antes era muy unida (la gente), nos conocíamos todos y ahora no se conocen.... ¿cómo quieren cuidarse y tener una comunidad bien, si no se cuidan ustedes mismos también... "la sociedad se está desintegrando mucho".
Sujeto_S4	Independencia	"Muy polarizado y dividido, y las mismas autoridades lo generan; el gobierno va creando sus propios intereses, haciendo líderes diferentes de acuerdo a su conveniencia y ofreciéndoles cosas a cambio"

Fuente: Elaboración propia con respuestas y testimonios de los actores locales.

Según con lo presentado en el cuadro 5.6 puede destacarse que los actores locales perciben una buena cohesión social, no obstante, hay casos donde la unión y confianza entre colonos es menor. Otro aspecto importante mencionado fue que el programa de comités comunitarios podría mejorar si se promoviera más el diálogo e interacción entre diferentes colonias, ayudando a generar más unión entre residentes de distintas colonias y no sólo entre vecinos de una colonia de manera aislada.

4) Coordinación entre sociedad y gobierno: con esta variable se buscó conocer la percepción de los actores locales acerca de la coordinación que hay entre los colonos y las autoridades de gobierno.

a) Descripción cuantitativa

En el siguiente cuadro se presentan las categorías de respuesta registradas para esta variable de acuerdo con lo mencionado por los actores locales, sirviendo esta información para mostrar mediante gráficas el porcentaje de frecuencia de cada categoría de respuesta.

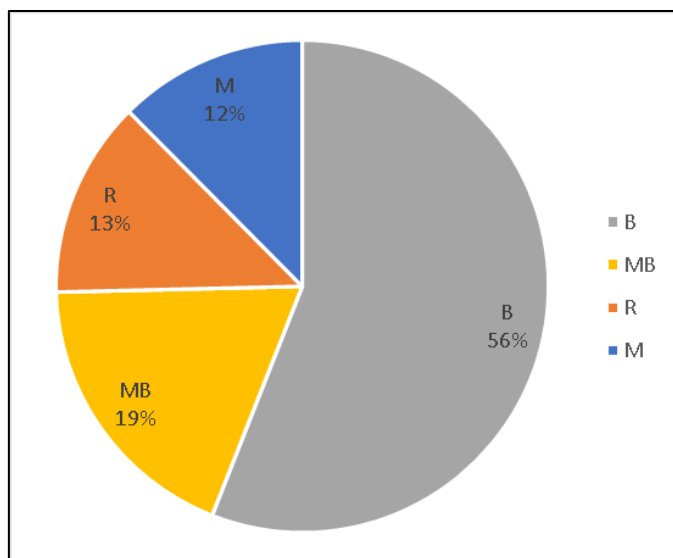
Cuadro 5.7. Coordinación entre sociedad y gobierno: categorías de respuesta.

Categoría de respuesta	Descripción
M	Mala
R	Regular
B	Buena
MB	Muy buena

Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 2 (ver Anexo 3.2).

Con base en los resultados de estas cuatro categorías, se realizó la gráfica 5.4.

Gráfica 5.4. Coordinación entre sociedad y gobierno: porcentaje de frecuencia de respuestas.



Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 2 (ver Anexo 3.2).

En relación con la gráfica 5.4, la percepción acerca de la coordinación entre sociedad y gobierno fue: 56 por ciento buena 19 por ciento muy buena, 13 por ciento regular y 12 por ciento mala. Sobre esta variable, más del 70 por ciento de los entrevistados comentaron que ha habido una buena o muy buena coordinación con el gobierno una vez que se logra establecer comunicación y empezar a trabajar. Sin embargo, existe una brecha de comunicación regularmente, es decir, que en general lo complicado es lograr el acercamiento y comunicación con las autoridades, pero cuando se logra, el trabajo en equipo y coordinación es adecuado.

b) Descripción cualitativa

A manera de resumen, en el cuadro siguiente se muestran distintos comentarios e ideas identificados en las respuestas de los actores locales pertenecientes a diferentes colonias de la zona de estudio, que ayudan a reforzar lo mostrado en la descripción cuantitativa referente a esta cuarta variable.

Cuadro 5.8. Comentarios e ideas emitidas: variable 4 (actores locales).

Sujeto	Colonia	Comentario/idea
Sujeto_S1	El Parque	“Es buena. Cuando trabajamos en conjunto y ambos ponemos de nuestra parte”
Sujeto_S8	Los Pinos	“Es adecuada (la coordinación) ... cuando se hace una obra en la colonia, se hace un comité para verificar que la obra se haga tal cual... se lleva una estricta vigilancia de las obras”
Sujeto_S10	Menchaca III	“Es muy buena, porque además del comité comunitario se hace un comité de obras, para que esté al tanto de lo que se está haciendo, además de apoyo de los comités comunitarios”
Sujeto_S15	San Pedrito Peñuelas IV	“Sí la hay cuando ya estamos trabajando. El problema es cuando estamos pidiendo y nos son atendidas nuestras peticiones”
Sujeto_S12	Monarcas II	“Sí hay coordinación, lo complicado es tener el vínculo que atiendan la petición, hace más de un año que nos entregaron las escrituras y se batalló con la urbanización, pero se dio”
Sujeto_S4	Independencia	“Antes sí había (coordinación). Ahora no respetan lo que es un presidente de colonos, antes le daban su lugar y su tarea, así pasaba con las obras...También para programas de cultura y deporte, actualmente ha sido peor la comunicación, todo virtual”
Sujeto_S6	Lomas de San Pedrito Sección Portales	“No hay, nos citan en horas cuando no podemos y no están dispuestos a ir otro día u otro horario”

Fuente: Elaboración propia con respuestas y testimonios de los actores locales.

En el cuadro 5.8 se puede observar que existe coordinación entre sociedad y autoridades, con excepciones en algunas colonias. Resaltando que para lograr esta coordinación hay una brecha de comunicación, la cual retrasa los trabajos y atención a las necesidades de los residentes.

5) Conocimiento de asociaciones/grupos en temas de agua o medioambiente: con esta variable se buscó saber si los actores locales conocían alguna asociación civil, organización o grupo que trabaje temas de agua o medio ambiente.

a) Descripción cuantitativa

En el siguiente cuadro se presentan las categorías de respuesta registradas para esta variable de acuerdo con lo mencionado por los actores locales, sirviendo esta información para mostrar mediante gráficas el porcentaje de frecuencia de cada categoría de respuesta.

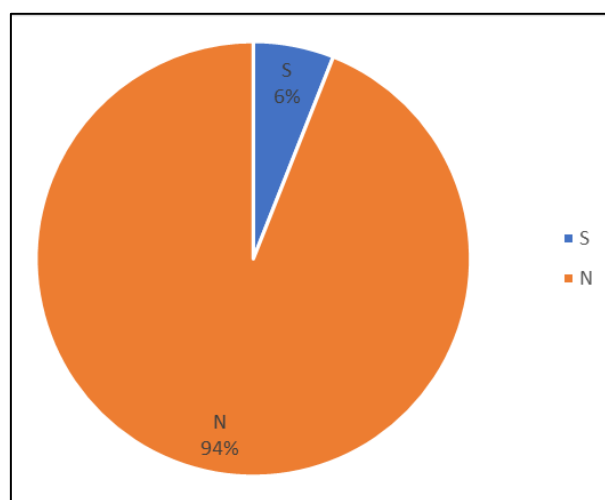
Cuadro 5.9. Conocimiento de asociaciones civiles: categorías de respuesta.

Categoría de respuesta	Descripción
S	Sí
N	No

Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 2 (ver Anexo 3.2).

Con base en los resultados de estas dos categorías, se realizó la gráfica 5.5.

Gráfica 5.5. Conocimiento de asociaciones en temas de agua o medioambiente: porcentaje de frecuencia de respuestas.



Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 2 (ver Anexo 3.2).

Según lo mostrado en la gráfica 5.5, el 94 por ciento de los actores locales (15 de los 16 entrevistados) comentaron no conocer a ninguna asociación o grupo de esta índole.

b) Descripción cualitativa

A manera de resumen, en el cuadro siguiente se muestran distintos comentarios e ideas identificados en las respuestas de los actores locales pertenecientes a diferentes colonias de la zona de estudio, que ayudan a reforzar lo mostrado en la descripción cuantitativa referente a esta quinta variable.

Cuadro 5.10. Comentarios e ideas emitidas: variable 5 (actores locales).

Sujeto	Colonia	Comentario/idea
Sujeto_S13	Rancho Quemado	“Sí conozco de temas medioambientales con campañas de limpieza y reciclaje.”
Sujeto_S6	Lomas de San Pedrito Sección Portales	“No conozco ninguna”
Sujeto_S5	Jardines de San José IV Sección	“La verdad no había escuchado de ellas”
Sujeto_S14	San Pedrito Peñuelas I	“Sí conozco asociaciones para mujeres, cáncer, niñas, violencia, vivienda. pero no de temas de agua o medioambiente”

Fuente: Elaboración propia con respuestas y testimonios de los actores locales.

La información del cuadro 5.10 es un reflejo del tipo de comentarios hechos por los actores locales, donde se pone en evidencia que el conocimiento de organizaciones civiles relacionadas con temas de agua o medioambiente es casi nulo. Esta es una cuestión relevante, ya que de haber una relación con este tipo de organizaciones se podrían realizar actividades en conjunto en pro de la comunidad.

- 6) Respuesta y recuperación ante inundaciones: con esta variable se buscó conocer la opinión de los actores locales en relación con el nivel de respuesta y recuperación de en su colonia y alrededores.

a) Descripción cuantitativa

En el siguiente cuadro se presentan las categorías de respuesta registradas para esta variable de acuerdo con lo mencionado por los actores locales, sirviendo esta información para mostrar mediante gráficas el porcentaje de frecuencia de cada categoría de respuesta.

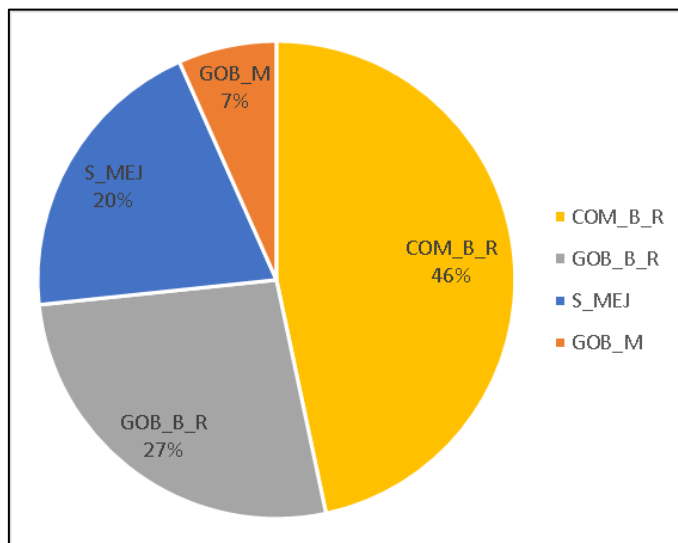
Cuadro 5.11. Respuesta y recuperación ante inundaciones: categorías de respuesta (actores locales).

Categoría de respuesta	Descripción
S_MEJ	Se puede mejorar
GOB_M	Mala por parte del gobierno
GOB_B_R	Buena y rápida por parte del gobierno
COM_B_R	Buena y rápida por parte de la comunidad

Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 2 (ver Anexo 3.2).

Con base en los resultados de estas cuatro categorías, se realizó la gráfica 5.6, presentada a continuación.

Gráfica 5.6. Respuesta y recuperación ante inundaciones: porcentaje de frecuencia de respuestas (actores locales).



Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 2 (ver Anexo 3.2).

De acuerdo con lo mostrado la gráfica 5.6, las opiniones acerca del nivel de respuesta y recuperación fueron: el 46 por ciento buena y rápida por parte de la comunidad, 27 por ciento buena y rápida por parte del gobierno, 20 por ciento se puede mejorar y el siete por ciento mala por parte del gobierno. Esto demuestra que existe una mayor confianza en la colaboración entre vecinos que con las distintas autoridades del gobierno, lo cual demuestra una cohesión más fuerte entre los colonos, según palabras de los entrevistados.

b) Descripción cualitativa

A manera de resumen, en el cuadro siguiente se muestran distintos comentarios e ideas identificados en las respuestas de los actores locales pertenecientes a diferentes colonias de la zona de estudio, que ayudan a reforzar lo mostrado en la descripción cuantitativa referente a esta sexta variable.

Cuadro 5.12. Comentarios e ideas emitidas: variable 6 (actores locales).

Sujeto	Colonia	Comentario/idea
Sujeto_S5	Jardines de San José IV Sección	“La parte comunitaria hace su trabajo, pero gobierno no”
Sujeto_S4	Independencia	“La comunidad es muy activa cuando hay un desastres o afectaciones, pero las autoridades a veces actúan rápido y a veces no”
Sujeto_S8	Los Pinos	“Sí hay pronta respuesta tanto del gobierno como de la comunidad... Las redes (sociales) nos ayudan a que entre todos nos ayudemos”
Sujeto_S14	San Pedrito Peñuelas	“El gobierno sí actúa rápido y la comunidad se une”
Sujeto_S11	Misión de Bucareli	“La comunidad actúa inmediatamente, el gobierno no actúa con la inmediatez que nosotros requerimos, pero lo hace”
Sujeto_S3	El Sabino	“La CEA, la Delegación y Protección Civil responden excelente. En un chat de grupo tenemos a gente de otras colonias y está gente de diferentes instituciones... cuando son abundantes los problemas nosotros nos comunicamos con ellos y nos responden”
Sujeto_S12	Monarcas II	“No hay, los buscamos (a las autoridades) por diferentes medios y no acuden”

Fuente: Elaboración propia con respuestas y testimonios de los actores locales.

Conforme al cuadro 5.12 se observa que la respuesta ante inundaciones es muy buena por parte de la comunidad, sin embargo, por parte de las autoridades es perfectible ya que hay casos donde la atención es inmediata y adecuada y otros donde es tardía e insuficiente.

7) Conocimiento de los SUDS o sistemas homólogos: con esta variable se buscó saber si los actores locales conocían o habían escuchado de los SUDS o sistemas homólogos.

a) Descripción cuantitativa

En el siguiente cuadro se presentan las categorías de respuesta registradas para esta variable de acuerdo con lo mencionado por los actores locales, sirviendo esta información para mostrar mediante gráficas el porcentaje de frecuencia de cada categoría de respuesta.

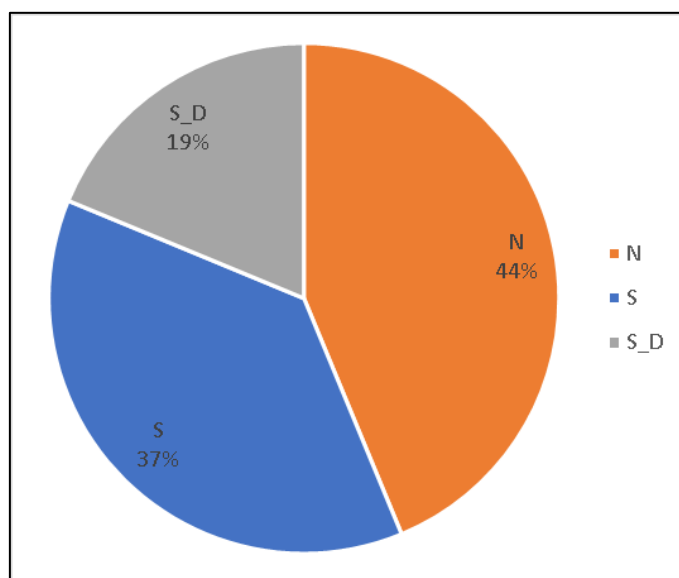
Cuadro 5.13. Conocimiento de los SUDS o sistemas homólogos: categorías de respuesta (actores locales).

Categoría de respuesta	Descripción
S	Sí
S_D	Sí, pero desconozco de qué se trata o en qué consisten
N	No

Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 2 (ver Anexo 3.2).

Con base en los resultados de estas tres categorías, se realizó la gráfica 5.7.

Gráfica 5.7. Conocimiento de los SUDS: porcentaje de frecuencia de respuestas (actores locales).



Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 2 (ver Anexo 3.2).

En relación con la gráfica 5.7, el 44 por ciento de los actores locales no conocían o habían escuchado de los SUDS, el 37 por ciento sí los conocían y el 19 por ciento habían escuchado de ellos, pero desconocían en qué consistían (definición, funcionamiento, etc.).

b) Descripción cualitativa

A manera de resumen, en el cuadro siguiente se muestran distintos comentarios e ideas identificados en las respuestas de los actores locales pertenecientes a diferentes colonias de la zona de estudio, que ayudan a reforzar lo mostrado en la descripción cuantitativa referente a esta séptima variable.

Cuadro 5.14. Comentarios e ideas emitidas: variable 7 (actores locales).

Sujeto	Colonia	Comentario/idea
Sujeto_S2	El Vergel	"Sí he escuchado el término de I.V. o construcción sustentable, pero no para inundaciones"
Sujeto_S8	Los Pinos	"Sí lo había visto en la TV (en programas educativos) con el término de drenaje sustentable"
Sujeto_S3	El Sabino	"Sí, de captación de agua de lluvias. De hecho, en nuestro parquecito hemos estado solicitando (a las autoridades) una cisterna para captar las aguas pluviales y con ellas hacer el mismo riego al parque, pero me dicen que es muy costoso, y lo sé"
Sujeto_S5	Jardines de San José IV Sección	"Sí lo he escuchado, pero no sé de qué se trata"
Sujeto_S12	Monarcas II	"No los había escuchado"
Sujeto_S6	Lomas de San Pedrito Sección Portales	"No sabía de ellos"

Fuente: Elaboración propia con respuestas y testimonios de los actores locales.

Lo visto en el cuadro 5.14 explica que diferentes actores locales no habían escuchado de los SUDS o sistemas homólogos, y algunos de los que sí, no sabían de qué se trataba. Por el contrario, sólo unos cuantos conocían más de este tipo de infraestructura, e incluso uno en particular ha buscado que las autoridades instalen un sistema de captación de agua de lluvia en un parque.

- 8) Interés en participar en la implementación, cuidado y mantenimiento de SUDS: con esta variable se buscó conocer la disposición de los actores locales a participar en una o más etapas de la implementación de SUDS, así como de su cuidado y mantenimiento, en caso que se instalaran en su colonia.

a) Descripción cuantitativa

En el siguiente cuadro se presentan las categorías de respuesta registradas para esta variable de acuerdo con lo mencionado por los actores locales, sirviendo esta información para mostrar mediante gráficas el porcentaje de frecuencia de cada categoría de respuesta.

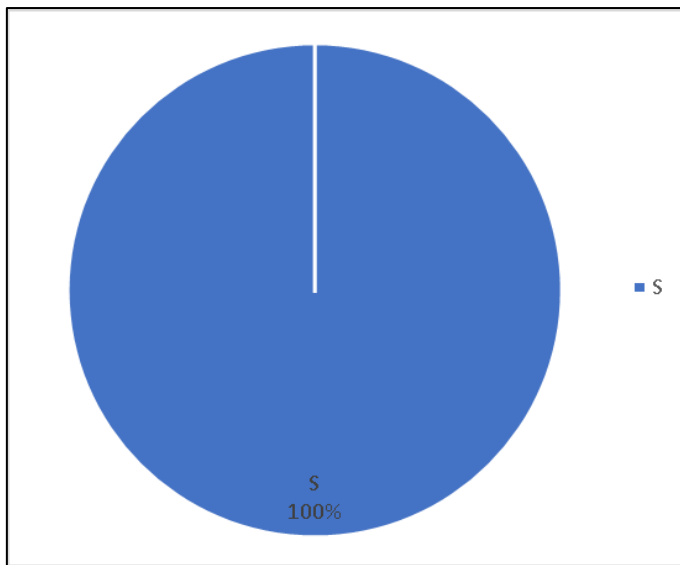
Cuadro 5.15. Interés en la implementación, cuidado y mantenimiento de SUDS: categoría de respuesta.

Categoría de respuesta	Descripción
S	Sí

Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 2 (ver Anexo 3.2).

Con base en los resultados de esta única categoría, se realizó la gráfica 5.8, que se muestra a continuación.

Gráfica 5.8. Interés en la implementación, cuidado y mantenimiento de SUDS: porcentaje de frecuencia de respuestas.



Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 2 (ver Anexo 3.2).

De acuerdo con la gráfica 5.8, el 100 por ciento de los actores locales mostraron interés en participar en algunas de las etapas de la implementación de SUDS, así como en su cuidado y mantenimiento en caso que se construyeran en su zona. Para poder obtener estas respuestas fue necesario mencionar la definición de los SUDS, así como algunos ejemplos de estas obras a los entrevistados que no los conocían.

b) Descripción cualitativa

A manera de resumen, en el cuadro siguiente se muestran distintos comentarios e ideas identificados en las respuestas de los actores locales pertenecientes a diferentes colonias de la zona de estudio, que ayudan a reforzar lo mostrado en la descripción cuantitativa referente a esta octava variable.

Cuadro 5.16. Comentarios e ideas emitidas: variable 8 (actores locales).

Sujeto	Colonia	Comentario/idea
Sujeto_S2	El Vergel	"Sí estaría interesada. La gente (vecinos) lo estaría si se le informa y se le pide con acuerdos"
Sujeto_S6	Lomas de San Pedrito Sección Portales	"Sí, pero que haya una capacitación, socialización y división de tareas claras"
Sujeto_S1	El Parque	"Sí, es algo que siempre pedimos al gobierno (obras que ayuden), y el día que se haga vamos a hacer fiesta"
Sujeto_S7	Lomas de Menchaca	"Sí, estaría perfecto y comentarle a la gente"
Sujeto_S8	Los Pinos	"Sí y a la comunidad también, de esta manera no dejaríamos toda la carga al gobierno. Si el gobierno nos entrega la obra como debe de ser, la comunidad se involucra en el cuidado de"
Sujeto_S14	San Pedrito Peñuelas I	"Sí. Podríamos hacer un comité. Actualmente se está haciendo algo así con los huertos familiares, y sí ha habido participación"
Sujeto_S13	Rancho Quemado	"Claro que sí. Sería muy bueno para la colonia"
Sujeto_S16	Villas de Santiago	"Sí personalmente y mis vecinos también... eso no sería ningún problema (el mantenimiento), entre todos echamos ahí montón y trataríamos de cuidarlo y tenerlo limpio"

Fuente: Elaboración propia con respuestas y testimonios de los actores locales.

Con lo presentado en el cuadro 5.16 se comprueba que existe un gran interés por la instalación de estos sistemas y una disposición a colaborar en su implementación. Incluso los actores comentaron que habría interés de los vecinos al tratarse de una obra con beneficios para la colonia.

5.2.2. Representantes de asociaciones civiles

Con la información obtenida de las entrevistas a los representantes de asociaciones civiles se realizó una matriz de comparación que permitió realizar el análisis de este subcapítulo (ver matriz 3 en Anexo 3.3). Se seleccionaron las variables más representativas de la matriz para realizar el análisis de los resultados (las que explican de manera más amplia las diferencias y similitudes entre las opiniones recabadas): 1) Colaboración de la asociación con la sociedad, 2) Colaboración de la asociación con el gobierno, 3) Conocimiento de los SUDS o sistemas homólogos, 4) Opinión de los SUDS o sistemas homólogos, 5) Retos para la implementación de SUDS. De cada una de estas variables, a continuación, se muestra una descripción cuantitativa y gráfica (sin representación estadística) y una cualitativa de los resultados de las variables mencionadas. Con la descripción cuantitativa y representación gráfica se buscó resaltar los factores más relevantes mencionados por los representantes de asociaciones civiles,

mientras que con la descripción cualitativa se destacan comentarios e ideas relevantes emitidas por estos, que ayudan a entender mejor el contexto de la zona.

- 1) Colaboración de la asociación con la sociedad: con esta variable se buscó conocer cómo han sido los trabajos colaborativos o participación de la asociación con la sociedad.

a) Descripción cuantitativa

En el siguiente cuadro se presentan las categorías de respuesta registradas para esta variable de acuerdo con lo mencionado por los representantes de A.C., sirviendo esta información para mostrar mediante gráficas el porcentaje de frecuencia de cada categoría de respuesta.

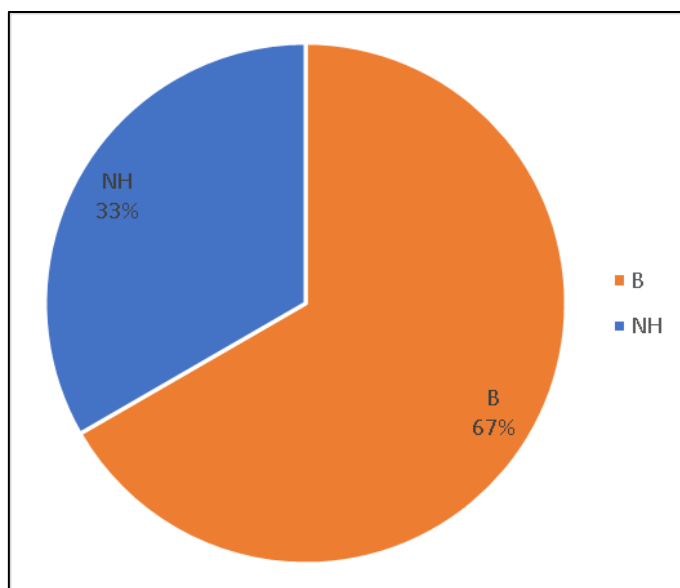
Cuadro 5.17. Colaboración de la asociación con la sociedad: categorías de respuesta.

Categoría de respuesta	Descripción
NH	No ha habido hasta el momento
B	Buena

Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 3 (ver Anexo 3.3).

Con base en los resultados de estas dos categorías, se realizó la gráfica 5.9.

Gráfica 5.9. Colaboración de asociación y sociedad: porcentaje de frecuencia de respuestas.



Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 3 (ver Anexo 3.3).

Según lo visto en la gráfica 5.9, la colaboración ha sido buena en un 67 por ciento, mientras que el 33 por ciento aún no ha tenido colaboración con la sociedad (sólo una de las tres asociaciones entrevistadas).

Estos porcentajes y los siguientes presentados en este subcapítulo se obtuvieron al dividir el número de actores que dieron como respuesta cierta categoría, entre el número total de respuestas registradas por variable, teniendo en cuenta que cada actor podía dar una o más categorías de respuestas (dependiendo la pregunta). Por ejemplo: para el caso de la categoría “B” el resultado de 67 por ciento se obtuvo al dividir los dos actores que dieron esa respuesta entre las tres respuestas totales registradas.

b) Descripción cualitativa

A manera de resumen, en el cuadro siguiente se muestran distintos comentarios e ideas identificados en las respuestas de los representantes de asociaciones civiles relacionadas con temas de agua, las cuales ayudan a reforzar lo mostrado en la descripción cuantitativa referentes a esta primera variable.

Cuadro 5.18. Comentarios e ideas emitidas: variable 1 (representantes de A.C.).

Sujeto	Asociación	Comentario/idea
Sujeto_A1	Bajo Tierra A.C.	“Es muy activa (la población) con interés creciente, queriendo saber cómo hacer las cosas buscando hacer un cambio estructural y no solamente paliativo. También notamos que hay una demanda de información en los diversos espacios o eventos que hemos tenido, que hay muchísimas personas que quieren hacer algo y que no saben por dónde comenzar, no saben en dónde buscar la información, no saben a quién acudir tanto instituciones gubernamentales como académicas, no saben a quién hay que exigirles diversas cuestiones”
Sujeto_A2	AMH Sección Querétaro	“La gente se interesa cada vez más en temas de agua”

Fuente: Elaboración propia con respuestas y testimonios de los representantes de A.C.

En relación con los comentarios mostrados en el cuadro 5.18 se puede notar que dos representantes han notado que el interés en temas de agua por parte de las personas ha aumentado, buscando saber cómo colaborar en actividades y tener un impacto positivo en la solución de problemáticas referentes al recurso hídrico.

2) Colaboración de la asociación con el gobierno: con esta variable se buscó conocer cómo han sido los trabajos colaborativos o cualquier tipo de participación de la asociación con dependencias, organizaciones o actores gubernamentales.

a) Descripción cuantitativa

En el siguiente cuadro se presentan las categorías de respuesta registradas para esta variable de acuerdo con lo mencionado por los actores locales, sirviendo esta información para mostrar mediante gráficas el porcentaje de frecuencia de cada categoría de respuesta.

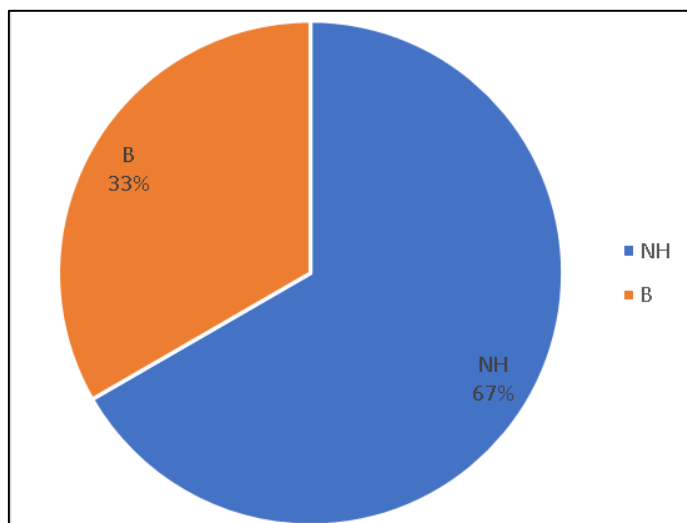
Cuadro 5.19. Colaboración de la asociación con el gobierno: categorías de respuesta.

Categoría de respuesta	Descripción
NH	No ha habido hasta el momento
B	Buena

Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 3 (ver Anexo 3.3).

Con base en los resultados de estas dos categorías, se realizó la gráfica 5.10.

Gráfica 5.10. Colaboración de asociación y gobierno: porcentaje de frecuencia de respuestas.



Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 3 (ver Anexo 3.3).

Según lo mostrado en la gráfica 5.10, la colaboración ha sido buena en un 33 por ciento, mientras que el 67 por ciento aún no ha tenido colaboración con el gobierno (dos de las tres asociaciones entrevistadas).

b) Descripción cualitativa

A manera de resumen, en el cuadro siguiente se muestran distintos comentarios e ideas identificados en las respuestas de los representantes de asociaciones civiles relacionadas con temas de agua, las cuales ayudan a reforzar lo mostrado en la descripción cuantitativa referentes a esta segunda variable.

Cuadro 5.20. Comentarios e ideas emitidas: variable 2 (representantes de A.C.).

Sujeto	Asociación	Comentario/idea
Sujeto_A1	Bajo Tierra A.C.	“Nosotros actuamos y trabajamos de manera autogestiva, hasta el momento sólo la vinculación en consejo de cuenca. Aún no hemos colaborado con instituciones gubernamentales ni empresas privadas”
Sujeto_A2	AMH Sección Querétaro	“Ha habido colaboración principalmente de la CEA y CONAGUA. A veces las autoridades no se dan cuenta de los problemas, y las A.C. ayudan a resaltar esos problemas, sobre todo los relacionados con el ciclo hidrológico.”
Sujeto_A3	AMSCALL Qro.	“Falta que se le de seriedad al tema (del agua) y con ello que se den las colaboraciones, necesitan (el gobierno) ver los beneficios a largo plazo. Se tendría que hacer un proyecto para que vean los resultados y beneficios”

Fuente: Elaboración propia con respuestas y testimonios de los representantes de A.C.

De acuerdo con el cuadro 5.20 se puede destacar que la colaboración con el gobierno depende primeramente del interés de la asociación por tener el vínculo, pero también de que las autoridades den la importancia suficiente a las problemáticas que existen con el agua.

- 3) Conocimiento de los SUDS o sistemas homólogos: con esta variable se buscó saber si los representantes de asociaciones civiles conocían los SUDS o alternativas homólogas (definición, características o beneficios).

a) Descripción cuantitativa

En el siguiente cuadro se presentan las categorías de respuesta registradas para esta variable de acuerdo con lo mencionado por los actores locales, sirviendo esta información para mostrar mediante gráficas el porcentaje de frecuencia de cada categoría de respuesta.

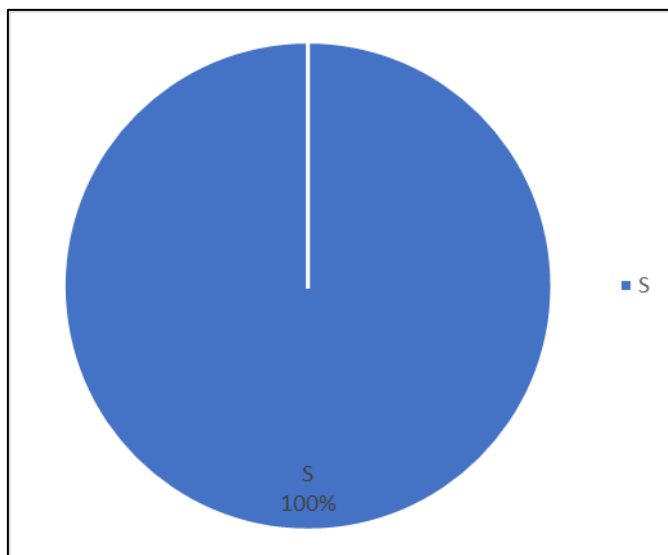
Cuadro 5.21. Conocimiento de los SUDS o sistemas homólogos: categorías de respuesta (representantes de A.C.).

Categoría de respuesta	Descripción
S	Sí

Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 3 (ver Anexo 3.3).

Con base en los resultados de esta única categoría, se realizó la gráfica 5.11 mostrada enseguida.

Gráfica 5.11. Conocimiento de los SUDS: porcentaje de frecuencia de respuestas (representantes de A.C.).



Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 3 (ver Anexo 3.3).

De acuerdo con la gráfica 5.11, el 100 por ciento de los representantes de las asociaciones civiles conocían de los SUDS y sus beneficios.

b) Descripción cualitativa

A manera de resumen, en el cuadro siguiente se muestran distintos comentarios e ideas identificados en las respuestas de los representantes de asociaciones civiles relacionadas con temas de agua, las cuales ayudan a reforzar lo mostrado en la descripción cuantitativa referentes a esta tercera variable.

Cuadro 5.22. Comentarios e ideas emitidas: variable 3 (representantes de A.C.).

Sujeto	Asociación	Comentario/idea
Sujeto_A1	Bajo Tierra A.C.	“Sí he escuchado un poco, con otros nombres... como enfoques de planeación de ciudades como ciudades sensibles al agua, soluciones basadas en la naturaleza y ciudades esponja”
Sujeto_A2	AMH Sección Querétaro	“Sí los conozco”
Sujeto_A3	AMSCALL Qro.	“Sí, los SCALL son parte de ellos”

Fuente: Elaboración propia con respuestas y testimonios de los representantes de A.C.

Con lo mostrado en el cuadro 5.22 se puede observar que los representantes conocían los SUDS o enfoquen similares. Incluso, en el caso de la AMSCALL buscan promover los SCALL que forman parte de la gama de soluciones de los SUDS.

4) Opinión de los SUDS o sistemas homólogos: con esta variable se buscó conocer la opinión general de los actores acerca de los SUDS.

a) Descripción cuantitativa

En el siguiente cuadro se presentan las categorías de respuesta registradas para esta variable de acuerdo con lo mencionado por los actores locales, sirviendo esta información para mostrar mediante gráficas el porcentaje de frecuencia de cada categoría de respuesta.

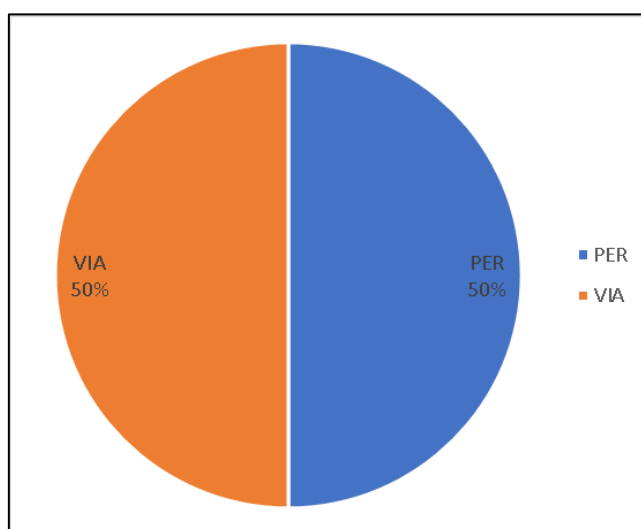
Cuadro 5.23. Opinión de los SUDS o sistemas homólogos: categorías de respuesta.

Categoría de respuesta	Descripción
PER	Pertinente
VIA	Viable

Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 3 (ver Anexo 3.3).

Con base en los resultados de estas dos categorías, se realizó la gráfica 5.12.

Gráfica 5.12. Opinión de los SUDS: porcentaje de frecuencia de respuestas.



Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 3 (ver Anexo 3.3).

Como se observa en la gráfica 5.12, las opiniones fueron que los SUDS son viables y pertinentes, con un 50 por ciento, respectivamente.

b) Descripción cualitativa

A manera de resumen, en el cuadro siguiente se muestran distintos comentarios e ideas identificados en las respuestas de los representantes de asociaciones civiles relacionadas con temas de agua, las cuales ayudan a reforzar lo mostrado en la descripción cuantitativa referentes a esta cuarta variable.

Cuadro 5.24. Comentarios e ideas emitidas: variable 4 (representantes de A.C.)

Sujeto	Asociación	Comentario/idea
Sujeto_A1	Bajo Tierra A.C.	"Sí, son pertinentes y podrían aplicarse"
Sujeto_A2	AMH Sección Querétaro	"Sí. Indudablemente. Además de eso ayudarían a generar microclimas y tener un impacto en la dinámica de las lluvias en la zona"
Sujeto_A3	AMSCALL Qro.	"Sí se podría y sería viable, tanto con gobierno como con privados (desarrollos e industrias) para el caso de los SCALLS"

Fuente: Elaboración propia con respuestas y testimonios de los representantes de A.C.

La información mostrada en el cuadro 5.24 deja claro que los representantes consideran que los SUDS son necesarios y podrían implementarse en la zona de estudio y fuera de ella, trayendo consigo no sólo una posible reducción de las inundaciones, sino también otros beneficios.

5) Retos para la implementación de SUDS: con esta variable se buscó conocer cuáles son los principales retos para la implementación de los SUDS que consideraron los representantes de las asociaciones civiles.

a) Descripción cuantitativa

En el siguiente cuadro se presentan las categorías de respuesta registradas para esta variable de acuerdo con lo mencionado por los actores locales, sirviendo esta información para mostrar mediante gráficas el porcentaje de frecuencia de cada categoría de respuesta.

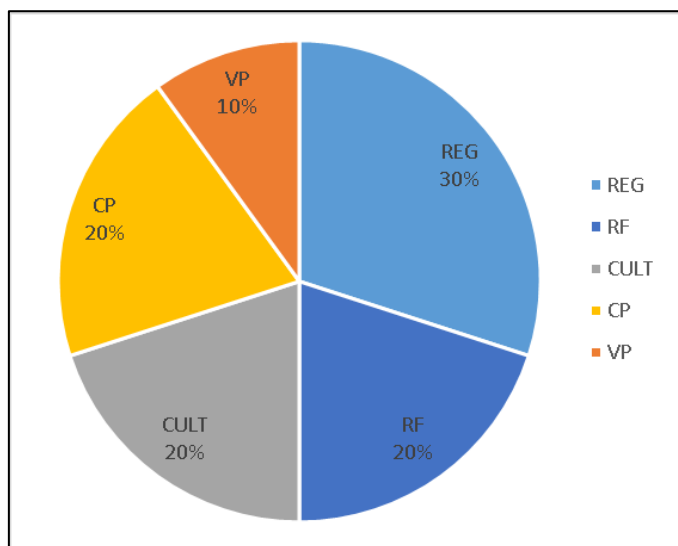
Cuadro 5.25. Retos para la implementación de SUDS: categorías de respuesta (representantes de A.C.).

Categoría de respuesta	Descripción
RF	Recursos financieros
VP	Voluntad política
CULT	Cultura, educación y conciencia de las problemáticas en torno al agua
CP	Cambio de paradigma
REG	Regulación en normas, leyes y/o planes de desarrollo

Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 3 (ver Anexo 3.3).

Con base en los resultados de estas cinco categorías, se realizó la gráfica 5.13, que se expone a continuación.

Gráfica 5.13. Retos para implementación de SUDS: porcentaje de frecuencia de respuestas (representantes de A.C.).



Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 3 (ver Anexo 3.3).

En relación con lo visto en la gráfica 5.13, los principales retos considerados por los representantes de las asociaciones civiles fueron: la regulación con un 30 por ciento, seguido de los recursos financieros, el cambio de paradigma y cultura/educación, los tres con un 20 por ciento, y finalmente, la voluntad política con un 10 por ciento.

b) Descripción cualitativa

A manera de resumen, en el cuadro siguiente se muestran distintos comentarios e ideas identificados en las respuestas de los representantes de asociaciones civiles relacionadas con temas de agua, las cuales ayudan a reforzar lo mostrado en la descripción cuantitativa referentes a esta quinta variable.

Cuadro 5.26. Comentarios e ideas emitidas: variable 5 (representantes de A.C.).

Sujeto	Asociación	Comentario/idea
Sujeto_A1	Bajo Tierra A.C.	“Creo que serían retos económicos, voluntad política, cambio socio-cultural, paradigmas de la gestión del agua y del riesgo de inundaciones, y también creo que las instituciones son limitantes para implementar este tipo de alternativas porque no te lo permite el reglamento, código urbano, etc.”
Sujeto_A2	AMH Sección Querétaro	“Considero que serían el nivel de inversión, el cambio de paradigma y tener planeación a largo plazo”
Sujeto_A3	AMSCALL Qro.	“La planeación, que sea obligatoria su implementación por parte de nuevos desarrollos e industria, la parte normativa, además del conocimiento del tema (qué son y cómo funcionan los SUDS)”

Fuente: Elaboración propia con respuestas y testimonios de los representantes de A.C.

Con base en lo presentado en el cuadro 5.26, se pueden observar diferentes factores mencionados, habiendo coincidencias en varios de ellos. Lo cual sugiere que la implementación de este tipo de infraestructura conlleva el análisis de distintos aspectos de diferentes dimensiones.

5.3. Principales hallazgos

1) Actores de la microcuenca San José

- La mayoría de los actores (94 por ciento) han sido testigos de inundaciones en su colonia o han tenido experiencias y afectaciones con estas, lo cual, de acuerdo con la distribución de las colonias en donde residen los entrevistados, confirma que en gran parte de la cuenca existen problemas con el manejo de las aguas pluviales.
- Las inundaciones han afectado de diferentes maneras y en menor o mayor magnitud a los residentes, siendo un problema recurrente cada temporada de lluvias.

- La participación y compromiso de los colonos puede considerarse de regular a buena, ya que sólo el 13 por ciento de las respuestas fue considerada mala. Siendo las personas afectadas las más participativas. Aunque, de acuerdo con los testimonios de los actores existe una participación buena cuando el motivo de esta es para un bien para la colonia y los habitantes.
- La cohesión social puede considerarse adecuada, ya que el 81 por ciento de las respuestas la califican como buena o excelente. Esto porque los actores comentan que hay unión y apoyo entre los colonos, lo cual se refleja en redes más sólidas, mayor confianza y solidaridad entre vecinos. Sin embargo, un aspecto importante mencionado por los actores locales fue que el programa de comités comunitarios podría mejorar si se promoviera más el diálogo e interacción entre diferentes colonias, ayudando a generar más unión entre residentes de distintas colonias y no sólo entre vecinos de una colonia de manera aislada.
- La coordinación con el gobierno es adecuada, ya que más del 70 por ciento de los entrevistados comentaron que esta ha sido buena o muy buena. Sin embargo, de acuerdo con los testimonios existen brechas de comunicación con las autoridades, volviéndose un reto el acercamiento y atención de estas, principalmente con las colonias más rezagadas como es el caso de Monarcas II.
- Sólo uno de los 16 entrevistados tiene conocimiento de la existencia de asociaciones u organizaciones civiles relacionadas con temas de agua o medioambiente, por lo que se puede notar que existe un área de oportunidad en la difusión de este tipo de asociaciones para lograr un trabajo conjunto para el planteamiento de soluciones en torno al agua como son las inundaciones. Hasta el momento, ninguna de las asociaciones civiles entrevistadas ha desarrollado algún proyecto en la MCSJ.
- La respuesta y recuperación ante inundaciones puede considerarse adecuada y rápida, principalmente por parte de los colonos, y después por parte del gobierno. No obstante, los entrevistados opinan que hay aspectos que mejorar, como los tiempos de respuesta, capacitaciones para los ciudadanos, atención a colonias rezagadas, entre otros.
- Menos de la mitad de los entrevistados conocen o han escuchado de los SUDS o sistemas homólogos, con lo cual se puede inferir que estas alternativas empiezan a ser más conocidas, pero es más su desconocimiento. No obstante, cabe resaltar que uno de los

actores ha buscado que las autoridades instalen un sistema de captación de agua de lluvia en un parque con el fin de aprovechar el agua captada para su riego.

- Todos los entrevistados comentaron estar interesados en participar en alguna etapa de la implementación de los SUDS, así como en su cuidado y mantenimiento en caso de ser instalados en su colonia. Además, la mayoría de los actores comentó que los vecinos podrían mostrar interés en colaborar si se les explica de manera clara la propuesta, sus beneficios y las actividades para el cuidado y mantenimiento de este tipo de intervenciones, es decir, una socialización previa.

2) Representantes de asociaciones civiles

- Dos de las tres asociaciones han tenido colaboración con la ciudadanía mediante diferentes actividades, mientras que la asociación restante espera poder tenerla pronto. Cabe resaltar que, de acuerdo con los testimonios de los actores, en los últimos años ha habido un incremento en el interés de la sociedad en los temas de agua, lo cual se refleja en participación en diferentes actividades y movilización ante problemáticas en torno al agua, tales como, abastecimiento, calidad y aprovechamiento.
- La colaboración con el gobierno sólo se ha dado en una de las tres asociaciones (la AMH Sección Regional Querétaro). Por su parte la AMSCALL Querétaro ha buscado el acercamiento para trabajar en equipo, pero este no se ha logrado. Bajo Tierra A.C. no ha buscado la colaboración aún, dado que trabajan de manera autogestiva, sin embargo, no descartan la colaboración, siempre y cuando se busque una verdadera transformación socio-ambiental.
- Las opiniones acerca de los SUDS fueron positivas, considerándolos como pertinentes y viables para la ciudad de Querétaro.
- Los principales retos para implementar los SUDS considerados por los actores fueron: la regulación o legislación, los recursos financieros, el cambio de paradigma, cultura/educación, los tres y finalmente, la voluntad política.

5.4. Conclusiones

En este quinto capítulo se analizaron las respuestas y opiniones de los actores locales y de representantes de asociaciones civiles acerca de diferentes variables, esto con el fin de determinar si podría ser viable la implementación de SUDS en la zona de estudio desde la dimensión social. Fueron ocho las variables analizadas para el caso de los actores locales y cinco para los representantes de asociaciones civiles, las respuestas a dichas variables fueron en su mayoría contrastantes, permitiendo conocer las diferencias y similitudes en las colonias de la cuenca. Además, con las descripciones cuantitativas se lograron resaltar los factores más relevantes mencionados por los actores locales, mientras que con la descripción cualitativa se destacaron comentarios e ideas relevantes emitidas por estos, que ayudan a entender mejor el contexto de la zona.

Como conclusión general de este capítulo se tiene que, con base en los hallazgos, sí existe una viabilidad social para implementar los SUDS, dado que hay más factores a favor, con áreas de oportunidad que pueden ser abordadas y corregidas.

Con el análisis de estos hallazgos se logra abonar al alcance del objetivo general y aportar al cumplimiento los objetivos específicos relacionados con el análisis de factores sociales y la determinación de la viabilidad social. Si bien, el análisis de los factores técnicos y sociales puede brindar un panorama más amplio de la viabilidad de implementar este tipo de alternativas en la MCSJ, es necesario analizar otro grupo de factores importantes que intervienen como son los institucionales.

En el capítulo siguiente se abordan diferentes factores institucionales relacionados con, el conocimiento y opinión acerca de los SUDS, voluntad política, capacidad técnica y financiera para su implementación, coordinación entre sectores, coordinación entre instituciones gubernamentales, apoyo a organizaciones de la sociedad civil, entre otros.

CAPÍTULO VI: FACTORES INSTITUCIONALES EN LA IMPLEMENTACIÓN DE SUDS

La dimensión institucional a través de los actores de funcionarios públicos comprende una parte de la R.U. En este sexto capítulo se abordan diferentes factores institucionales tales como el conocimiento de los SUDS, la capacidad técnica y financiera de las instituciones para su implementación, la coordinación entre instituciones, la disposición a considerar y promover este tipo de infraestructura, los retos para su implementación, entre otros. Desde este enfoque, se tomó como guía el marco de referencia “*The city water resilience approach*” mencionado en el cuadro 1.2 en el capítulo uno de este escrito.

Lo presentado en este capítulo tiene relación con el alcance del objetivo general y dos de los objetivos específicos que hablan del análisis de los factores institucionales que pueden intervenir en la implementación de los SUDS, y de la determinación de la viabilidad de implementarlos en la MCSJ desde la dimensión institucional.

6.1. Trabajo de campo en Querétaro

La segunda fase del trabajo de campo en Querétaro fue la correspondiente a la dimensión institucional, donde las actividades principales fueron entrevistas a actores clave tales como representantes o miembros de diferentes secretarías y dependencias de gobierno relacionadas con el tema de inundaciones e infraestructura para gestión de aguas pluviales.

6.1.1. Entrevistas a actores institucionales

Las entrevistas a estos actores pertenecientes a instituciones de gobierno relacionadas con el tema de inundaciones e infraestructura para gestión de aguas pluviales, comprendieron dos niveles de gobierno: municipal (municipio de Querétaro) y estatal (estado de Querétaro). En total se realizaron 11 entrevistas; cuatro a nivel municipal (a cuatro instituciones municipales), y siete a nivel estatal (a cuatro instituciones estatales). En el cuadro 6.1 se muestra el resumen de estas entrevistas.

Cuadro 6.1. Resumen de entrevistas a actores institucionales.

Institución gubernamental	No. de entrevistas	Nivel
Coordinación Municipal de Protección Civil (CMPC)	1	Municipal
Secretaría de Obras Públicas (SOP)	1	
Secretaría de Desarrollo Sostenible (SEDESOS)	1	
Secretaría de Servicios Públicos Municipales (SSP)	1	
Comisión Estatal del Agua del Estado de Querétaro (CEA)	1	Estatal
Comisión Estatal de Infraestructura del Estado de Querétaro (CEI)	1	
Coordinación Estatal de Protección Civil (CEPC)	2	
Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas (SDUOP)	3	

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en el cuadro 6.1, se realizaron entrevistas en cuatro instituciones municipales y a cuatro estatales, para más detalle de las direcciones, departamentos, así como de los entrevistados véase el Anexo 3.4.

El guion de entrevista aplicado consistió en 28 preguntas divididas en 10 secciones: 1) Conocimiento y opinión de los SUDS, 2) Capacidad técnica, 3) Capacidad financiera, 4) Planeación, 5) Coordinación entre sectores y partes interesadas, 6) Coordinación entre agencias gubernamentales, 7) Organizaciones de la sociedad civil, 8) Visión estratégica, 9) Respuesta y recuperación efectiva ante desastres y 10) Voluntad política. Véase Anexo 1.5.

6.2. Análisis y discusión de resultados

En este subcapítulo se presenta el análisis de los resultados a partir de la síntesis de la información por medio de una matriz de comparación de 20 variables, obtenidas de las entrevistas aplicadas (la matriz completa se encuentra en el Anexo 3.4). De las 20 variables se seleccionaron las siete más representativas (las que explican de manera más amplia las diferencias y similitudes entre las opiniones recabadas): 1) Conocimiento de los SUDS o sistemas homólogos, 2) Capacidad técnica para su implementación, 3) Capacidad financiera para su implementación, 4) Coordinación entre instituciones/dependencias gubernamentales, 5) Respuesta y recuperación ante inundaciones, 6) Disposición a considerar y promover este tipo de infraestructura, 7) Retos para su implementación. A continuación, se presentan los resultados para cada una de estas.

1) Conocimiento de los SUDS o sistemas homólogos: con esta variable se buscó saber si los actores institucionales conocían o habían escuchado de los SUDS o sistemas homólogos.

a) Descripción cuantitativa

En el siguiente cuadro se presentan las categorías de respuesta registradas para esta variable de acuerdo con lo mencionado por los actores institucionales, sirviendo esta información para mostrar mediante gráficas el porcentaje de frecuencia de cada categoría de respuesta.

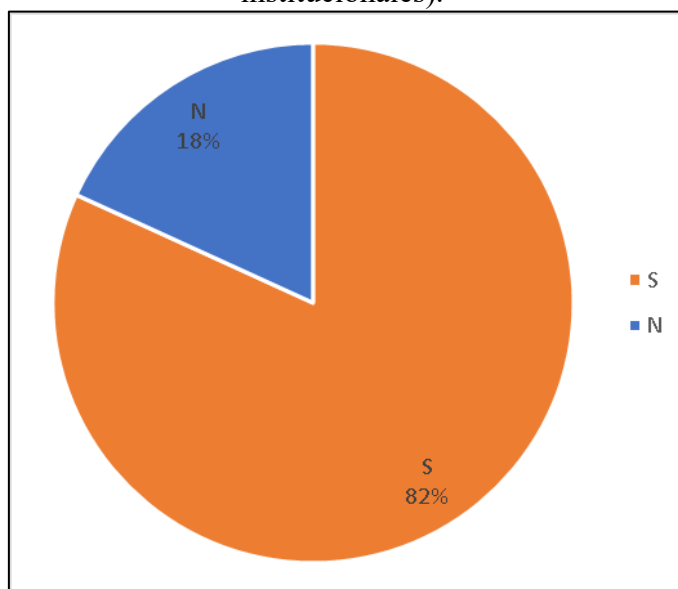
Cuadro 6.2. Conocimiento de los SUDS o sistemas homólogos: categorías de respuesta (actores institucionales).

Categoría de respuesta	Descripción
S	Sí
N	No

Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 4 (ver Anexo 3.4).

Con base en los resultados de estas dos categorías, se realizó la gráfica 6.1, mostrada enseguida.

Gráfica 6.1. Conocimiento de los SUDS: porcentaje de frecuencia de respuestas (actores institucionales).



Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 4 (ver Anexo 3.4).

Como se observa en la gráfica 6.1, el 82 por ciento de los actores institucionales conocían o habían escuchado de los SUDS, mientras que el 18 por ciento no.

Estos porcentajes y los siguientes presentados en este subcapítulo se obtuvieron al dividir el número de actores que dieron como respuesta cierta categoría, entre el número total de respuestas registradas por variable, teniendo en cuenta que cada actor podía dar una o más categorías como respuesta (dependiendo la pregunta). Por ejemplo: para el caso de la categoría “S” el resultado de 82 por ciento se obtuvo al dividir los nueve actores que dieron esa respuesta entre las 11 respuestas totales registradas.

b) Descripción cualitativa

A manera de resumen, en el cuadro siguiente se muestran distintos comentarios e ideas identificados en las respuestas de los actores institucionales, las cuales ayudan a reforzar lo mostrado en la descripción cuantitativa referentes a esta primera variable.

Cuadro 6.3. Comentarios e ideas emitidas: variable 1 (actores institucionales)

Sujeto	Institución	Comentario/idea
Sujeto_I1	CMPC	“Sí los he escuchado”
Sujeto_I5	CEA	“Sí, leí de ellos hace 2 años... lo hice por iniciativa propia”
Sujeto_I6	CEI	“Sí, sé que son técnicas para la gestión de aguas pluviales, paisajismo, para el impacto hidrológico por los beneficios en la evapotranspiración, etc.”
Sujeto_I3	SEDESO	“Sí, pero no los SUDS como tal, lo que conozco es la IV... estos sistemas que favorecen la infiltración y la gestión del agua de lluvia”
Sujeto_I7	CEPC	“Sí, los conozco como soluciones de bajo impacto...sirven para el aprovechamiento del agua de lluvia, como sistemas de contención y para mitigar los efectos de los escurrimientos”
Sujeto_I8	CEPC	“No los conozco, no los había escuchado”

Fuente: Elaboración propia con respuestas y testimonios de los actores institucionales.

En relación con lo presentado en el cuadro 6.3 se puede ver que algunos actores conocían de los SUDS con ese término y otros con otros nombres como I.V. o LIDS, además algunos funcionarios conocían sus funciones y beneficios. Sin embargo, hubo otros (la minoría) que no los conocían ni había escuchado de ellos.

- 2) Capacidad técnica para su implementación: con esta variable se buscó conocer si los actores institucionales consideran que hay capacidad técnica (incorporación de

conocimientos técnicos sobre SUDS y expertos en el tema) en la institución a la que pertenecen, y en particular en su departamento/dirección correspondiente.

a) Descripción cuantitativa

En el siguiente cuadro se presentan las categorías de respuesta registradas para esta variable de acuerdo con lo mencionado por los actores institucionales, sirviendo esta información para mostrar mediante gráficas el porcentaje de frecuencia de cada categoría de respuesta.

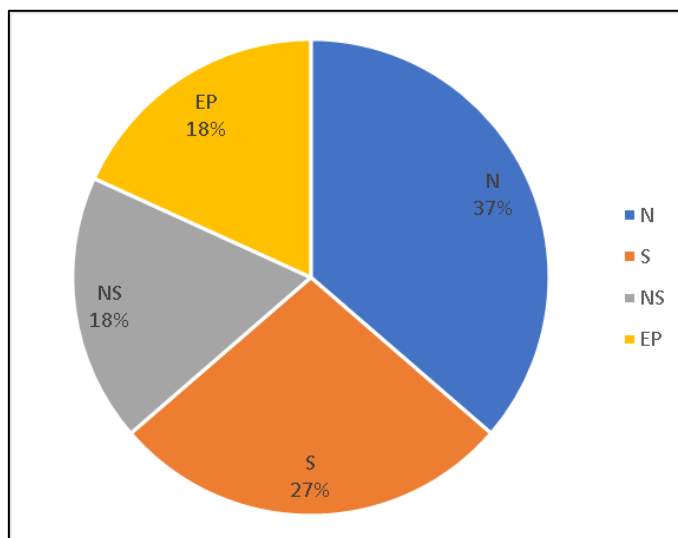
Cuadro 6.4. Capacidad técnica para implementación de SUDS: categorías de respuesta.

Categoría de respuesta	Descripción
S	Sí
N	No
NS	No sé
EP	En proceso

Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 4 (ver Anexo 3.4).

Con base en los resultados de estas cuatro categorías, se realizó la gráfica 6.2.

Gráfica 6.2. Capacidad técnica : porcentaje de frecuencia de respuestas.



Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 4 (ver Anexo 3.4).

Como se observa en la gráfica 6.2, el 37 por ciento de las respuestas hacen referencia a que los actores institucionales consideran que no hay capacidad técnica en su institución o en particular en su departamento o dirección, mientras que el 27 por ciento considera que sí la hay. Por otro

lado, un 18 por ciento no sabe y el 18 por ciento restante considera que se está en proceso de adquirirla. De acuerdo con lo comentado por los entrevistados, si bien, no hay personal experto en SUDS, sí existe personal con conocimientos y una formación profesional que puede aprender del tema por medio de cursos y capacitaciones. Además, comentan que esta capacidad técnica se puede subcontratar considerando a los padrones de contratistas (empresas privadas y profesionales ajenos a la institución).

b) Descripción cualitativa

A manera de resumen, en el cuadro siguiente se muestran distintos comentarios e ideas identificados en las respuestas de los actores institucionales, las cuales ayudan a reforzar lo mostrado en la descripción cuantitativa referentes a esta segunda variable.

Cuadro 6.5. Comentarios e ideas emitidas: variable 2 (actores institucionales)

Sujeto	Institución	Comentario/idea
Sujeto_I1	CMPC	"Localmente considero que no, por el desconocimiento y carencia de perfiles profesionales localmente"
Sujeto_I5	CEA	"No. Falta la capacitación en esos temas, pero se puede lograr... En cuanto a recurso humano, nunca hay personal suficiente, siempre hay mucho trabajo y poca gente"
Sujeto_I6	CEI	"Sí creo que la hay... la CEI tiene departamentos especializados en tema pluvial"
Sujeto_I8	CEPC	"Sí, claro...hay aquí en Querétaro hay mano de obra tan especializada como la quieras"
Sujeto_I2	SOP	"En la secretaría no hay ese perfil, pero no nos limita porque tenemos la posibilidad de contratar mediante un contrato de obra alguna empresa que lleve a cabo los proyectos...En este caso me entregan proyecto ejecutivo y la SOP ejecuta, para posteriormente entregar la obra"
Sujeto_I3	SEDESO	"No se ha desarrollado, pero podría contratarse personal"
Sujeto_I10	SDUOP	"Se está criando ahorita, en 5 años tal vez haya esa camada de profesionistas. Tal vez entre 4 y 8 años en que esta parte ya va a poder llegar a la planeación de las ciudades"
Sujeto_I9	SDUOP	"No en esta dirección ni esta secretaría"

Fuente: Elaboración propia con respuestas y testimonios de los actores institucionales.

De acuerdo con la información del cuadro 6.5 distintos actores mencionaron que en su dirección o secretaría no se tienen la capacidad técnica especializada, pero que esta se puede tener por medio de contrataciones de personal calificado o por medio de privados externos a la institución. Otro comentario a destacar es el que plantea que la capacidad técnica se está gestando y que en los próximos años se verá la influencia de esa camada de profesionistas en la planeación urbana.

3) Capacidad financiera para implementación de SUDS: con esta variable se buscó conocer si los actores institucionales consideran que en la institución a la que pertenecen, y en particular en su departamento/dirección correspondiente hay capacidad financiera (recursos financieros suficientes) para la implementación y mantenimiento de los SUDS.

a) Descripción cuantitativa

En el siguiente cuadro se presentan las categorías de respuesta registradas para esta variable de acuerdo con lo mencionado por los actores institucionales, sirviendo esta información para mostrar mediante gráficas el porcentaje de frecuencia de cada categoría de respuesta.

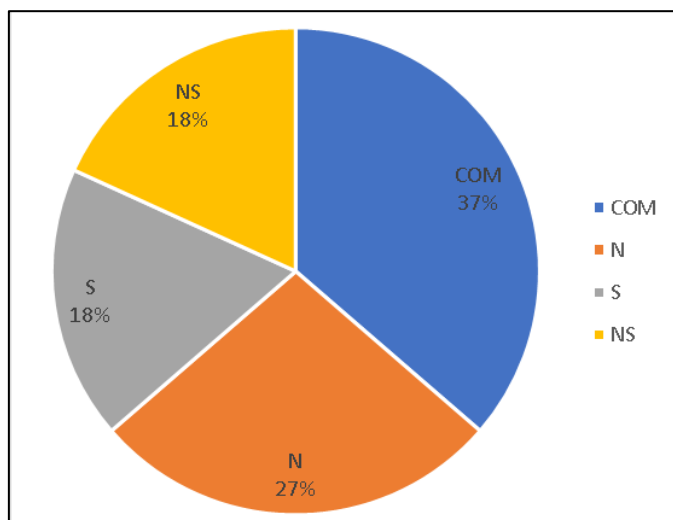
Cuadro 6.6. Capacidad financiera para implementación de SUDS: categorías de respuesta.

Categoría de respuesta	Descripción
S	Sí
N	No
NS	No sé
COM	Complicado o un reto

Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 4 (ver Anexo 3.4).

Con base en los resultados de estas cuatro categorías, se realizó la gráfica 6.3.

Gráfica 6.3. Capacidad financiera: porcentaje de frecuencia de respuestas.



Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 4 (ver Anexo 3.4).

Las respuestas referentes al tema de la capacidad financiera fueron en un 37 por ciento como complicado o un reto, 27 por ciento que no la hay, 18 por ciento que sí, y el 18 por ciento restante no sabe. De acuerdo con lo comentado por los entrevistados, el tema de los recursos financieros es siempre una limitante en las instituciones de gobierno, “nunca hay dinero que alcance”, no obstante, sí se podría empezar a considerar a los SUDS en los programas de obra y en los planes de desarrollo futuros.

b) Descripción cualitativa

A manera de resumen, en el cuadro siguiente se muestran distintos comentarios e ideas identificados en las respuestas de los actores institucionales, las cuales ayudan a reforzar lo mostrado en la descripción cuantitativa referentes a esta tercera variable.

Cuadro 6.7. Comentarios e ideas emitidas: variable 3 (actores institucionales)

Sujeto	Institución	Comentario/idea
Sujeto_I5	CEA	“Nunca hay dinero que alcance, pero por eso existen los presupuestos anuales y creo que se podría hacer teniendo la voluntad, ya que estos SUDS son como cualquiera otra obra más, pero con mejores beneficios”
Sujeto_I6	CEI	“Es un reto por los costos, pero sí se podría hacer con un análisis costo-beneficio”
Sujeto_I8	CEPC	“Desconozco, depende de Planes de desarrollo y líneas estrategias de acción”
Sujeto_I7	CEPC	“A nivel estatal sí, sólo se necesita una solicitud para que sea integrado esto al Plan Estatal de Desarrollo, de lo contrario no puede seguir adelante... es necesario que la sociedad civil lo pida...Estas intervenciones pueden ser bipartitas, entre estado y municipio y privados”
Sujeto_I3	SEDESO	“Yo creo que sí, recurso hay, pero necesitamos ver que se pueda aprobar esta infraestructura... Si se arman buenos proyectos por parte de las áreas técnicas seguramente van a convencer a la autoridad de poder implementarse”
Sujeto_I9	SDUOP	“Sí hay, pero después de atender lo prioritario (obras de retención)”
Sujeto_I11	SDUOP	“Hay poco recurso, y se necesita un cambio de prioridades, por ejemplo, la CEA destina la mayor parte de sus recursos en el abastecimiento de agua”

Fuente: Elaboración propia con respuestas y testimonios de los actores institucionales.

Con base en lo presentado en el cuadro 6.7 se puede ver que hubo comentarios contrastantes, por un lado, están los que mencionan que el tema financiero es un reto o una verdadera limitante, y por otro lado están los que afirman que sí hay capacidad financiera y que lo que se requiere es que haya voluntad e interés en incluir este tipo de obras en los planes de desarrollo y programas de obra, además de que estos proyectos podrían realizarse de manera bipartita entre estado,

municipio o privados. Cabe señalar que la exigencia de la ciudadanía podría agilizar el proceso de inclusión y consideración de estos sistemas en planes, programas o normas.

4) Coordinación entre instituciones gubernamentales: con esta variable se buscó conocer la percepción de los actores institucionales acerca de la coordinación entre la institución a la que pertenecen y otras instituciones de gobierno.

a) Descripción cuantitativa

En el siguiente cuadro se presentan las categorías de respuesta registradas para esta variable de acuerdo con lo mencionado por los actores institucionales, sirviendo esta información para mostrar mediante gráficas el porcentaje de frecuencia de cada categoría de respuesta.

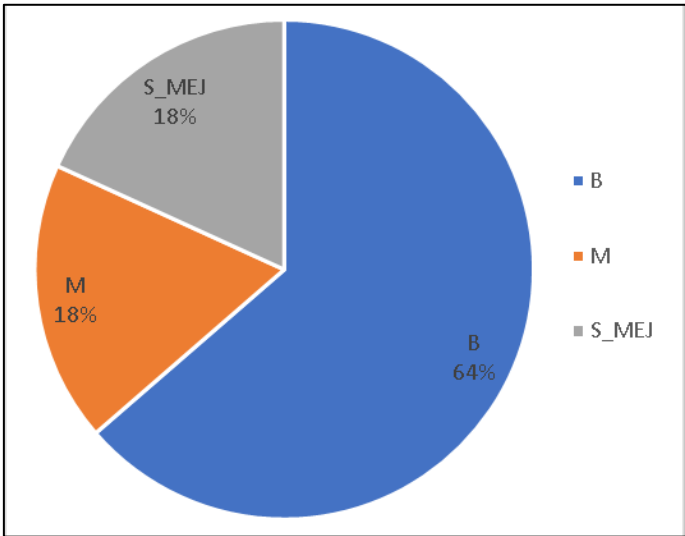
Cuadro 6.8. Coordinación entre instituciones gubernamentales: categorías de respuesta.

Categoría de respuesta	Descripción
B	Buena
M	Mala
S_MEJ	Se puede mejorar

Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 4 (ver Anexo 3.4).

Con base en los resultados de estas tres categorías, se realizó la gráfica 6.4.

Gráfica 6.4. Coordinación entre instituciones : porcentaje de frecuencia de respuestas.



Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 4 (ver Anexo 3.4).

En relación con lo mostrado en la gráfica 6.4, las respuestas fueron en un 64 por ciento como buena, 18 por ciento como mala y 18 por ciento se puede mejorar. Según lo comentado por los actores institucionales en las entrevistas, consideran que en general existe una adecuada coordinación, sin embargo, siempre hay aspectos por mejorar, principalmente en la comunicación entre dependencias.

b) Descripción cualitativa

A manera de resumen, en el cuadro siguiente se muestran distintos comentarios e ideas identificados en las respuestas de los actores institucionales, las cuales ayudan a reforzar lo mostrado en la descripción cuantitativa referentes a esta cuarta variable.

Cuadro 6.9. Comentarios e ideas emitidas: variable 4 (actores institucionales)

Sujeto	Institución	Comentario/idea
Sujeto_I6	CEI	“Sí la hay... Hay comunicación con desarrolladores... y otras dependencias (CEA, SEDESU, CONAGUA). Con la sociedad también se toma en cuenta la opinión, se crea un comité de obra de colonos”
Sujeto_I2	SOP	“Es ágil entre municipio y estado. También hay presencia de asociaciones civiles y la academia que podría tener incidencia e interés en estos temas”
Sujeto_I3	SEDESU	“Hace falta trabajar más, el tema pluvial... le corresponde a municipio de acuerdo con el 115 constitucional, pero quien se encarga es la CEA y atribuciones de la CONAGUA, por lo tanto, hace falta un cambio de concepto donde integre todo esto”
Sujeto_I11	SDUOP	“Diría que es incipiente”

Fuente: Elaboración propia con respuestas y testimonios de los actores institucionales.

Como se observa en el cuadro 6.9 hay comentarios que confirman que la coordinación entre dependencias es adecuada y ágil, mientras que otros comentas que hay aspectos a mejorar, principalmente por el tema de las atribuciones que tiene cada dependencia, las cuales podrían ser más claras, específicamente en el tema del drenaje pluvial.

- 5) Respuesta y recuperación ante inundaciones: con esta variable se buscó conocer la percepción de los actores institucionales acerca de la respuesta ante inundaciones por parte de las autoridades y de la comunidad, así como de la recuperación en la zona de estudio.

a) Descripción cuantitativa

En el siguiente cuadro se presentan las categorías de respuesta registradas para esta variable de acuerdo con lo mencionado por los actores institucionales, sirviendo esta información para mostrar mediante gráficas el porcentaje de frecuencia de cada categoría de respuesta.

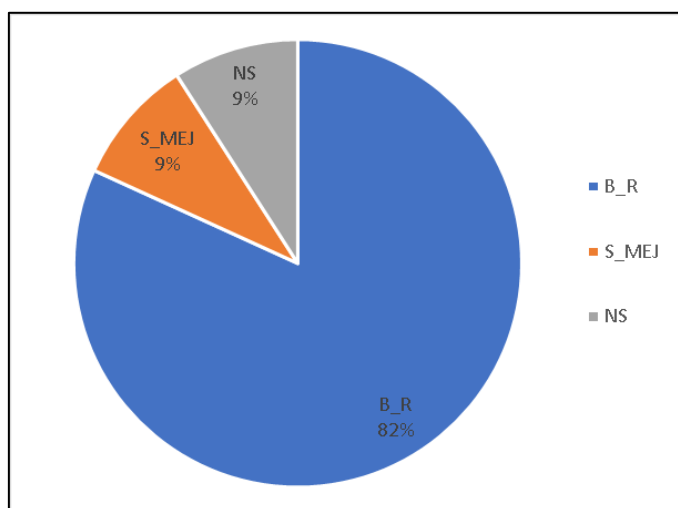
Cuadro 6.10. Respuesta y recuperación ante inundaciones: categorías de respuesta (actores institucionales).

Categoría de respuesta	Descripción
B_R	Buena y rápida
NS	No sé
S_MEJ	Se puede mejorar

Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 4 (ver Anexo 3.4).

Con base en los resultados de estas tres categorías, se realizó la gráfica 6.5, mostrada a continuación.

Gráfica 6.5. Respuesta y recuperación ante inundaciones: porcentaje de frecuencia de respuestas (actores institucionales).



Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 4 (ver Anexo 3.4).

Como se observa en la gráfica 6.5, las respuestas fueron en un 82 por ciento como buena y rápida, nueve por ciento se puede mejorar y nueve por ciento no sabe. Conforme a los testimonios de los entrevistados, las autoridades competentes actúan y responden de manera correcta en la medida de lo posible en las zonas prioritarias, basándose en los planes de acción

para temporada de lluvias, los cuales involucran a instituciones de diferentes niveles de gobierno, dichas acciones son coordinadas por la Coordinación Estatal de Protección Civil (CEPC). Por otro lado, los actores institucionales comentan que la población afectada ha aprendido a reaccionar mejor y a adaptarse ante estos eventos como consecuencia de su recurrencia año con año.

b) Descripción cualitativa

A manera de resumen, en el cuadro siguiente se muestran distintos comentarios e ideas identificados en las respuestas de los actores institucionales, las cuales ayudan a reforzar lo mostrado en la descripción cuantitativa referentes a esta quinta variable.

Cuadro 6.11. Comentarios e ideas emitidas: variable 5 (actores institucionales)

Sujeto	Institución	Comentario/idea
Sujeto_I1	CMPC	“Es buena por parte del gobierno municipal”
Sujeto_I5	CEA	“Es buena... tenemos el operativo pluvial...además Protección Civil emite alertas en redes sociales y a jefes de colonos”
Sujeto_I9	SDUOP	“Es inmediata. la SDUOP actuó primero que la CONAGUA cuando ocurrió el socavón... municipio llegó después”
Sujeto_I10	SDUOP	“Es rápida... Si las hay (inundaciones) Protección Civil actúa primero, obra pública también; Protección Civil dictamina y así municipio ejecuta... Pero las reconstrucciones no son adecuadas, se hace igual a cómo estaba y debería ser con cambios... no se analiza, se trabaja muy rápido, sin un enfoque ambiental ni de cuenca”
Sujeto_I4	SSP	“Es inmediata y oportuna... Trabajamos la SSPM Desarrollo Social, Protección Civil y la Policía municipal.
Sujeto_I8	CEPC	“Dentro de la coordinación (Protección Civil) tenemos contingencias, después emergencias y después el desastre. Las contingencias sin problemas se atienden, las emergencias ponen a prueba tu capacidad de respuesta, pero sí hay recursos suficientes para atender una emergencia... Protección Civil es un punto medio donde convergen muchas dependencias, facilitamos el puesto de mando y somos quienes creamos esta sinergia”
Sujeto_I6	CEI	“Es rápida en general la recuperación, pero con muchos daños”

Fuente: Elaboración propia con respuestas y testimonios de los actores institucionales.

Lo mostrado en el cuadro 6.11 evidencia que la percepción de la mayoría de los actores es que se tiene una respuesta rápida y buena ante las inundaciones gracias a la sinergia entre dependencias y las estrategias de respuesta que se tienen. Otros actores mencionaron un aspecto importante que se debe mejorar es la recuperación, ya que explican que esta no se realiza adecuadamente por no tomar en cuenta una reingeniería de las obras dada la cantidad de daños generalmente ocurridos.

6) Disposición a considerar y promover SUDS: con esta variable se buscó saber si los actores institucionales tienen disposición en considerar estos sistemas, además de indagar en cómo podrían promoverlos.

a) Descripción cuantitativa

En el siguiente cuadro se presentan las categorías de respuesta registradas para esta variable de acuerdo con lo mencionado por los actores institucionales, sirviendo esta información para mostrar mediante gráficas el porcentaje de frecuencia de cada categoría de respuesta.

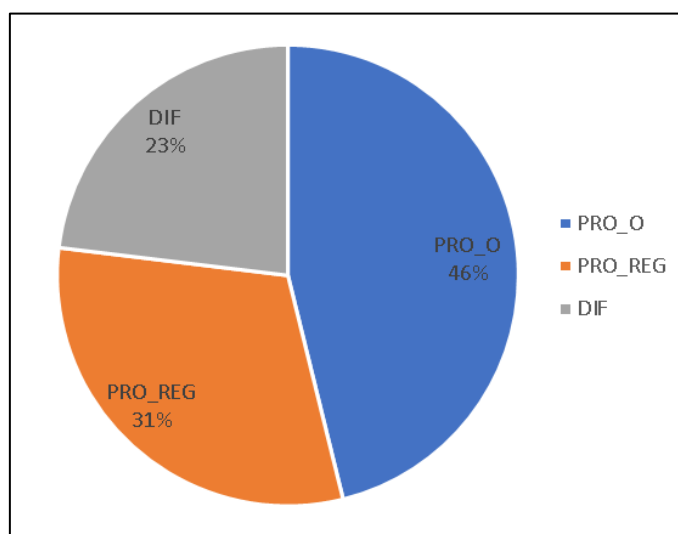
Cuadro 6.12. Disposición a considerar y promover SUDS: categorías de respuesta.

Categoría de respuesta	Descripción
PRO_O	Propuesta de obra o proyecto
PRO_REG	Propuesta en leyes, normas, o planes
DIF	Difusión

Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 4 (ver Anexo 3.4).

Con base en los resultados de estas tres categorías, se realizó la gráfica 6.6, que se presenta a continuación.

Gráfica 6.6. Disposición a considerar y promover SUDS: porcentaje de frecuencia de respuestas.



Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 4 (ver Anexo 3.4).

Las respuestas sobre cómo los actores institucionales promoverían los SUDS fueron, 46 por ciento a través de propuesta de obra o proyectos, 31 por ciento a través de propuesta en leyes, normas, o planes, y 23 por ciento por medio de difusión. De acuerdo con los testimonios de los entrevistados, estos sistemas se pueden promover mediante su propuesta en planes de desarrollo, leyes, normas, para que a través de estos instrumentos normativos sea más sencilla su propuesta e inclusión en programas de obra. De forma paralela consideran que es importante su difusión tanto en el sector público, como en el sector privado y con la sociedad.

b) Descripción cualitativa

A manera de resumen, en el cuadro siguiente se muestran distintos comentarios e ideas identificados en las respuestas de los actores institucionales, las cuales ayudan a reforzar lo mostrado en la descripción cuantitativa referentes a esta sexta variable.

Cuadro 6.13. Comentarios e ideas emitidas: variable 6 (actores institucionales)

Sujeto	Institución	Comentario/idea
Sujeto_I5	CEA	“La CEA es un punto de inflexión entre varias instituciones, y regularmente lo que la CEA propone se ejecuta, y lo que no, regularmente es por tema de recursos... la manera en la que se podría promover es a través de propuestas y esquemas (que incluyan a los SUDS)”
Sujeto_I2	SOP	“Dentro de un programa de obra se pueden incluir”
Sujeto_I3	SEDESO	“Se podría (promover) en las propuestas de proyectos y financiamiento”
Sujeto_I11	SDUOP	“Sí (se podrían promover) en planes, por actividades de difusión y en pláticas”
Sujeto_I7	CEPC	“Sí, a través de las comisiones de los cabildos municipales, así como de la legislatura (la sexagésima) en las comisiones correspondientes. Para presentarles el caso peculiar de Querétaro, hay sequía y a la vez exceso de agua y no estamos captando agua...Este acercamiento sería primero a través de la sociedad civil organizada mediante una propuesta”
Sujeto_I8	CEPC	“Podría incidir hablándolo en las reuniones con el grupo interinstitucional (donde hay tomadores de decisiones) de atención a problemas pluviales. Aunque en Protección Civil somos muy cautos con todo lo que hacemos, porque el tema del riesgo lo tienes a flor de piel, pero si hay algo que puedes promover se puede hacer”

Fuente: Elaboración propia con respuestas y testimonios de los actores institucionales.

Según lo mostrado en el cuadro 6.13 las opiniones de los actores institucionales son favorables respecto a su disposición para promover la implementación de los SUDS, y como puede verse, se comentan diferentes maneras de hacerlo como lo son: su difusión, su inclusión en planes de desarrollo, programas de obra y propuestas, así como por medio de solicitudes hacia los cabildos

municipales hechas por la sociedad civil organizada, tal como lo sugiere el exdirector general de la CEPC. También se puede notar que la manera de impulsar esta implementación cambia dependiendo de las atribuciones y facultades de cada institución, por lo que las que podrían llevar a cabo este tipo de obras de manera interna e independiente son la SOP, la CEA, la CEI y la SDUOP, mientras que la CEPC y la CMPC podrían difundir y proponer su consideración ante tomadores de decisiones, y finalmente la SSP de igual forma podría proponerlas o sugerirlas, además de darles mantenimiento en caso que la obra les fuese entregada.

7) Retos para implementación de SUDS: con esta variable se buscó conocer cuáles son los principales retos considerados por los actores institucionales para implementar los SUDS en la zona de estudio o en la ciudad.

a) Descripción cuantitativa

En el siguiente cuadro se presentan las categorías de respuesta registradas para esta variable de acuerdo con lo mencionado por los actores institucionales, sirviendo esta información para mostrar mediante gráficas el porcentaje de frecuencia de cada categoría de respuesta.

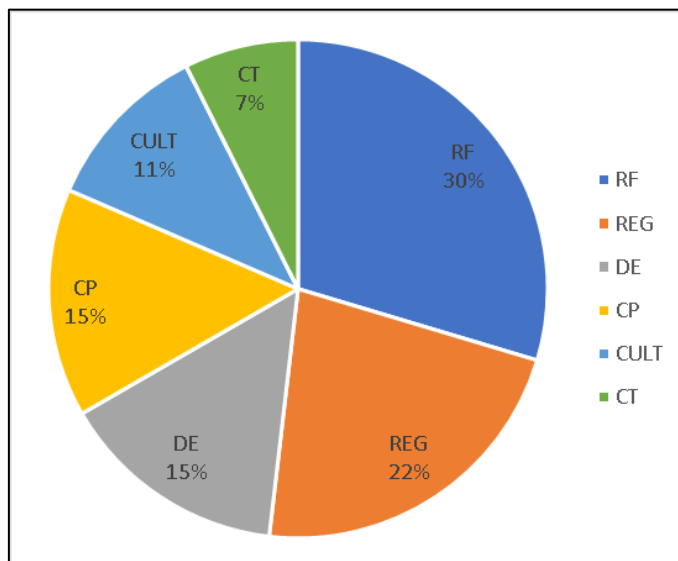
Cuadro 6.14. Retos para implementación de SUDS: categorías de respuesta (actores institucionales).

Categoría de respuesta	Descripción
RF	Recursos financieros
REG	Regulación en normas, leyes y/o planes de desarrollo
DE	Disponibilidad de espacio
CP	Cambio de paradigma
CULT	Cultura, educación y conciencia de las problemáticas en torno al agua
CT	Capacidad técnica

Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 4 (ver Anexo 3.4).

Con base en los resultados de estas seis categorías, se realizó la gráfica 6.7, que se muestra a continuación.

Gráfica 6.7. Retos para implementación de SUDS: porcentaje de frecuencia de respuestas (actores institucionales).



Fuente: Elaboración propia con información de la matriz de comparación 4 (ver Anexo 3.4).

Como se observa en la gráfica 6.7, las respuestas sobre los principales retos para implementar los SUDS considerados por los actores institucionales fueron 30 por ciento los recursos financieros, 22 por ciento su regulación a través de leyes, normas, o planes de desarrollo, 15 por ciento el cambio de paradigma, 11 por ciento la cultura y educación, y siete por ciento la capacidad técnica.

b) Descripción cualitativa

A manera de resumen, en el cuadro siguiente se muestran distintos comentarios e ideas identificados en las respuestas de los actores institucionales, las cuales ayudan a reforzar lo mostrado en la descripción cuantitativa referentes a esta séptima variable.

Cuadro 6.15. Comentarios e ideas emitidas: variable 7 (actores institucionales)

Sujeto	Institución	Comentario/idea
Sujeto_I6	CEI	“El tema de costos, la parte cultural... no estamos preparados como sociedad aún para tener aún este tipo de infraestructura... también temas administrativos como los permisos con otras dependencias y organismos, incluso la CONAGUA por temas de infiltración, y la tenencia de la tierra es otro reto hablando de cuencas urbanas”
Sujeto_I2	SOP	“La disponibilidad de espacios, que la sociedad los acepte, los recursos económicos, la falta de conocimiento de esta tecnología y muy importante, la falta de una ley de atribuciones claras en materia del

		agua pluvial... en Querétaro no hay una autoridad pluvial, en lineamientos de la CEI dice publicado en la sombra de Arteaga que ellos son los responsables de cierta manera, porque validan estudios hidrológicos y proyectos de infraestructura, pero tengo mis dudas porque en la práctica cuando revisan, sólo dice “visto bueno”, más no “Autoriza”... La constitución dice que el responsable es la autoridad local, pero no es tan claro, la autoridad local podría ser el estado, pero digamos que es el municipio... ¿quién del municipio lo haría? En mi opinión debería estar en desarrollo urbano... Las competencias y atribuciones no están claras, no hay una autoridad que determine si se ejecuta o no se ejecuta, ese personaje no existe... Entonces, ¿qué pasa?, hay una colaboración entre Protección Civil, las delegaciones, servicios públicos municipales que limpian y desazolvan algunas obras, pero la operación es complicada porque hay drenes federales, estatales y es una red de cientos de km... por eso es primordial, que lo que está (infraestructura existente) funcione bien, que esté en buenas condiciones”
Sujeto_I10	SDUOP	“La infraestructura como tal; hay problemas con la existente, es vieja, obsoleta, dañada, etc, si ahorita no existe la capacidad para reparar lo existente, el crear una nueva infraestructura o adaptarla va a ser muy complejo... también los recursos económicos y la capacidad técnica de la gente que destina recursos, para que sepa que estas intervenciones son viables e importantes”
Sujeto_I9	SDUOP	“Creo que la cultura del cuidado, seguido de su mantenimiento porque puede ser costoso y los recursos”
Sujeto_I11	SDUOP	“Es necesario crear la política pública, el tema de los recursos financieros y el cambio de paradigma de funcionarios, sociedad y privados”
Sujeto_I7	CEPC	“Los reglamentos de desarrollo urbano, sobre todo en desarrollos residenciales, para que se exijan”
Sujeto_I8	CEPC	“El mantenimiento por los costos, y que esté anclado legalmente, que esté sustentado para que los proyectos tengan continuidad”

Fuente: Elaboración propia con respuestas y testimonios de los actores institucionales.

En relación con lo presentado en el cuadro 6.15 se los retos considerados para la implementación de SUDS fueron variados, y se puede notar que los actores institucionales perciben estos sistemas como costosos (construcción y mantenimiento), también resaltan las opiniones relacionadas al tema de educación, cultura y cambio de paradigma que sugiere la concientización de sociedad civil, gobierno y privados, ya que al existir una conciencia del tema y conocimiento de esta alternativa por parte de la sociedad ayudaría que estas obras sean bien recibidas y cuidadas, en el caso de los funcionarios de gobierno y privados, fomentaría su consideración, inclusión e implementación. De igual manera, el tema de o regulación o legislación es considerado clave, puesto que hay comentarios que afirman la falta de claridad en las atribuciones de distintas dependencias en materia de drenaje pluvial, por lo que esta idea sugiere que exista un ente o ley que clarifique los roles y responsabilidades de cada institución

en este tema. Finalmente, cabe resaltar los comentarios acerca de la infraestructura existente, la cual parece ser insuficiente y dañada, por lo que se recomienda que antes de pensar en la implementación de un nuevo tipo de infraestructura se repare y adecue la actual.

6.3. Principales hallazgos

Los principales hallazgos de las variables representativas abordadas en este análisis de resultados se muestran enseguida.

- El 82 por ciento de los actores institucionales conocen o han escuchado de los SUDS, mientras que el 18 por ciento no, lo cual refleja que este tema ha tomado más relevancia. Algunos actores conocían de los SUDS con ese término y otros con otros nombres como I.V. o LIDS, además algunos funcionarios conocían sus funciones y beneficios.
- El 37 por ciento de los actores institucionales consideran que no hay capacidad técnica en su institución o en particular en su departamento o dirección, mientras que el 27 por ciento considera que sí la hay y un 18 por ciento menciona que se está en proceso de tenerla. Conforme a lo comentado por los entrevistados, esta capacidad se puede adquirir por medio de cursos y capacitaciones, y en otros casos se puede contratar a expertos, ya sean de instituciones académicas o empresas privadas. Otro comentario hecho por los actores fue que la capacidad técnica se está gestando y que en los próximos años se verá la influencia de esa camada de profesionistas en la planeación urbana.
- El 37 por ciento de los actores institucionales considera que el tema de la capacidad financiera para implementar SUDS es complicada o un reto (por la limitante en recursos que siempre hay), el 27 por ciento considera que no se tiene esa capacidad, el 18 por ciento considera que sí, y el 18 por ciento restante no lo sabe. En esta variable hubo comentarios contrastantes, por un lado, están los que mencionan que el tema financiero es un reto o una verdadera limitante, y por otro lado están los que afirman que sí hay capacidad financiera y que lo que se requiere es que haya voluntad e interés en incluir este tipo de obras en los planes de desarrollo y programas de obra, además de que estos proyectos podrían realizarse de manera bipartita entre estado, municipio o privados. Cabe señalar que la exigencia de la ciudadanía podría agilizar el proceso de inclusión y consideración de estos sistemas en planes, programas o normas.

- El 64 por ciento de los actores institucionales considera la coordinación entre instituciones de gobierno como buena, el 18 por ciento como mala y 18 por ciento restante cree que se puede mejorar. Según lo comentado por los entrevistados, existe una adecuada coordinación, sin embargo, hay aspectos por mejorar, principalmente en la comunicación entre dependencias y el tema de las atribuciones que tiene cada dependencia, las cuales podrían ser más claras, específicamente en el tema del drenaje pluvial.
- El 82 por ciento de los actores institucionales opina que la respuesta y recuperación después de un evento de inundación en la MCSJ es buena y rápida, el nueve por ciento considera que se puede mejorar, y el nueve por ciento restantes no lo sabe. De acuerdo con los entrevistados, las instituciones correspondientes actúan y responden de manera correcta teniendo como base los planes de acción para temporada de lluvias y los roles y atribuciones mencionados en el Código Urbano. Por otro lado, comentan que la población afectada ha aprendido a reaccionar mejor y adaptarse a estos eventos debido a su recurrencia año con año. Otros actores mencionaron un aspecto importante que se debe mejorar es la recuperación, ya que explican que esta no se realiza adecuadamente por no tomar en cuenta una reingeniería de las obras dada la cantidad de daños generalmente ocurridos.
- Todos los actores institucionales mencionaron estar dispuestos a considerar los SUDS (si el contexto es viable y favorable), y las formas de promoverlos mencionadas fueron: 46 por ciento a través de propuesta de obra o proyectos, 31 por ciento a través de propuesta en leyes, normas, o planes, y 23 por ciento por medio de difusión. Conforme a lo mencionado por los entrevistados, estos sistemas podrían promoverse mediante su regulación (en planes de desarrollo, leyes y/o normas), facilitando su propuesta e inclusión en programas de obra por medio de estos instrumentos normativos. De forma paralela consideran que es importante su difusión y promoverlos en todos los sectores, y la manera de hacerlo cambia dependiendo de las atribuciones y facultades de cada institución, por lo que las que podrían llevar a cabo este tipo de obras (ejecución) de manera interna e independiente son la SOP, la CEA, la CEI y la SDUOP, mientras que la CEPC y la CMPC podrían difundir y proponer su consideración ante tomadores de

decisiones, y finalmente la SSP de igual forma podría proponerlas o sugerirlas, además de darles mantenimiento en caso que la obra les fuese entregada.

- Los principales retos para implementar los SUDS considerados por los actores institucionales fueron 30 por ciento los recursos financieros, 22 por ciento su regulación a través de leyes, normas, o planes de desarrollo, 15 por ciento el cambio de paradigma, 11 por ciento la cultura y educación, y siete por ciento la capacidad técnica. Coincidiendo estos cinco de seis factores con lo mencionado por las personas entrevistadas en Hermosillo y Ciudad Juárez. En relación con lo comentado por los actores institucionales los retos considerados fueron variados, y se puede notar que estos perciben a esta tecnología como costosa (construcción y mantenimiento), también resaltan las opiniones relacionadas al tema de educación, cultura y cambio de paradigma que sugiere la concientización de sociedad civil, gobierno y privados, ya que al existir una conciencia del tema y conocimiento de esta alternativa por parte de la sociedad ayudaría que estas obras sean bien recibidas y cuidadas, en el caso de los funcionarios de gobierno y privados, fomentaría su consideración, inclusión e implementación. De igual manera, el tema de o regulación o legislación es considerado clave, puesto que hay comentarios que afirman la falta de claridad en las atribuciones de distintas dependencias en materia de drenaje pluvial, por lo que esta idea sugiere que exista un ente o ley que clarifique los roles y responsabilidades de cada institución en este tema. Finalmente, cabe resaltar los comentarios acerca de la infraestructura existente, la cual parece ser insuficiente y dañada, por lo que se recomienda que antes de pensar en la implementación de un nuevo tipo de infraestructura se repare y adecue la actual.

6.3.1. Otros factores institucionales

Si bien, con los factores analizados anteriormente se puede tener una visión general de esta dimensión institucional, existe un factor en el que es conveniente ahondar un poco más.

La regulación o el tema de legislación de los SUDS puede ser un punto clave en su implementación de acuerdo con las lecciones aprendidas de los casos de Hermosillo y Ciudad Juárez, además de los hallazgos en las entrevistas a los actores institucionales de Querétaro. Cabe hacer mención de la norma técnica publicada en Hermosillo, la cual es un ejemplo de un

instrumento normativo. Dicho documento lleva por nombre “Norma Técnica que Establece las Características y Requerimientos para la Infraestructura Verde en el Municipio de Hermosillo”, la cual “tiene por objeto establecer los requisitos, criterios, lineamientos, especificaciones técnicas y características que permitan dirigir la aplicación, construcción y mantenimiento de las distintas técnicas de Infraestructura Verde, tomando en cuenta las mejores prácticas internacionales” (H. Ayuntamiento de Hermosillo, 2018, p. 1). El Artículo 8 de esta norma es un ejemplo de una medida para hacer obligatorio el uso de este tipo de obras sustentables, mencionando que se debe cumplir con una dotación mínima de área permeable y área vegetada con proporciones de acuerdo al área total del predio.

Para el caso de Querétaro se tienen diferentes instrumentos normativos en los cuales podría ser incluido el tema de los SUDS, como lo son: el Código Urbano del Estado de Querétaro, el Reglamento de Construcciones del Estado de Querétaro, los reglamentos de construcción para los diferentes municipios del Estado de Querétaro, la Ley de Protección Ambiental para el Desarrollo Sustentable del Estado de Querétaro, la Ley de Planeación del Estado de Querétaro, el Código Ambiental del Estado de Querétaro y la reciente Ley de Aguas del Estado de Querétaro (aprobada el 20 de mayo de 2022). De acuerdo con la índole de estos instrumentos, el tema de los SUDS podría tener cabida en uno o más de estos, dado que este tipo de sistemas sustentables comprenden diversos aspectos como los relacionados con el medio ambiente, cambio climático, resiliencia urbana, planeación urbana, infraestructura urbana y pluvial, manejo y aprovechamiento de aguas pluviales, entre otros. Incluso, el municipio de Querétaro podría realizar una normativa particular para los SUDS, similar a la publicada por su homólogo en Hermosillo.

De manera conjunta, estos sistemas podrían tener mayor presencia en los planes de desarrollo urbano del estado y planes de desarrollo y estratégicos en los municipios, ya que, hasta ahora los SUDS o modelos de desarrollo homólogos han tenido poco protagonismo, y como reflejo de esto, está el desconocimiento acerca de la presencia de estos sistemas en dichos planes por parte de la mayoría de los actores institucionales entrevistados. Además, hasta el momento no existen este tipo de obras en la ciudad.

6.4. Conclusiones

En este sexto capítulo se analizaron las respuestas y opiniones de funcionarios sobre distintos factores institucionales acerca de diferentes variables. Además, se mencionó de manera particular el tema de la regulación, todo esto con el fin de determinar de manera general si hay o no una viabilidad institucional para la implementación de los SUDS en la zona de estudio. Fueron siete las variables analizadas, y las respuestas a dichas variables fueron en su mayoría contrastantes, permitiendo conocer parte del contexto, atribuciones y alcances de las instituciones. De igual forma, con las descripciones cuantitativas se lograron resaltar los factores más relevantes mencionados por los funcionarios, mientras que con la descripción cualitativa se destacaron comentarios e ideas relevantes emitidas por estos, que ayudan a entender mejor el contexto de las instituciones y la relación entre ellas.

Como conclusión general de este capítulo se tiene que, con base en los hallazgos, sí existe una viabilidad institucional para implementar los SUDS, dado que hay más factores a favor, con áreas de oportunidad que pueden ser abordadas y corregidas.

Con el análisis de estos hallazgos se alcanza el objetivo general y se completa los objetivos específicos relacionados con el análisis de factores institucionales y la determinación de la viabilidad institucional, por lo que con esto se concluye con los objetivos planteados en este trabajo.

En el apartado siguiente se presentan las conclusiones y recomendaciones, donde se resume lo analizado en las dimensiones técnica, social e institucional para el caso de la MCSJ, y de manera complementaria las lecciones aprendidas en los dos casos en el norte del México.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

De manera inicial, de acuerdo con las tres dimensiones analizadas, se puede concluir que, la implementación de los SUDS en la MCSJ puede ser viable tomando en consideración los puntos clave, áreas de oportunidad y limitantes mencionadas. En este sentido, se puede confirmar la hipótesis principal, la cual se menciona que el análisis de los factores técnicos, sociales e institucionales desde el enfoque de la RU, ayudan a conocer la interrelación entre estas dimensiones y a determinar si existe o no una viabilidad para implementar los SUDS en la zona de estudio. Asimismo, se puede confirmar la hipótesis de trabajo que supone que la implementación de los SUDS en la MCSJ sería viable en diferentes zonas y en sus tres dimensiones teniendo un impacto en el aumento de la infiltración y reducción de los escurrimientos a nivel local, pudiéndose reducir las inundaciones y permitiendo un aprovechamiento del agua pluvial. A continuación, se presentan conclusiones complementarias a esta conclusión principal mencionada.

Primeramente, cabe hacer mención acerca de cómo fueron alcanzados los objetivos de este trabajo de investigación capítulo tras capítulo, para esto es necesario mencionar objetivo general y los objetivos específicos. El objetivo general propone analizar los factores técnicos, sociales e institucionales que intervienen en la implementación de los SUDS y su viabilidad en la microcuenca San José, Querétaro para identificar aspectos que puedan integrarse en futuras estrategias o planes que busquen mejorar la resiliencia urbana. En la misma línea, los objetivos específicos fueron los siguientes: 1) documentar experiencias de SUDS e I.V. que se han aplicado en ciudades en México que sirvan como insumos de aprendizaje en Querétaro; 2) analizar los siguientes factores para la Microcuenca San José en Querétaro: técnicos relacionados con las características físicas de la cuenca, la disponibilidad de espacio y las condiciones hidrológicas e hidráulicas para la implementación de SUDS, sociales relacionados con el compromiso de la comunidad, conocimiento y opinión de los SUDS, cohesión social y redes comunitarias, opinión acerca de los SUDS y su experiencia con inundaciones, y comunicación entre sociedad y autoridades, existencia de organizaciones civiles, e institucionales relacionados con el conocimiento y opinión acerca de los SUDS, voluntad

política, capacidad técnica y financiera para su implementación, coordinación entre sectores, coordinación entre agencias gubernamentales, apoyo a organizaciones de la sociedad civil; 3) determinar si existe o no una viabilidad para la implementación de los SUDS en la zona de estudio, conforme a los resultados del análisis de los factores en sus tres dimensiones. En el cuadro siguiente se expone un resumen del cumplimiento de dichos objetivos.

Cuadro 7.1. Alcance de objetivos.

Objetivo	Alcance/cumplimiento
Objetivo específico 1	El cumplimiento del primer objetivo específico se trabajó en el capítulo tres en el cual se abordaron dos casos de implementación de I.V. (modelo homólogo a los SUDS) en el norte del país. En particular, con los dos contextos presentados de las ciudades de Hermosillo y Ciudad Juárez se lograron documentar sus experiencias para que sirvieran de insumo para Querétaro.
Objetivo específico 2	Este objetivo a su vez se dividió en tres partes, técnica, social e institucional. La primera parte se abordó en el capítulo cuatro, donde se analizaron diversos factores técnicos de la MCSJ. La segunda parte se abordó en el capítulo cinco, donde se realizó un análisis de distintos factores sociales mediante entrevistas a actores locales y representantes de A.C. Por último, la tercera parte se abordó en el capítulo seis donde analizaron diferentes factores institucionales a través de entrevistas a funcionarios de instituciones públicas gubernamentales.
Objetivo específico 3	Este objetivo se trabajó y alcanzó en los capítulos cuatro, cinco y seis, ya que una vez que se analizaron los factores mencionados se determinó si existiría o no una viabilidad para implementar SUDS en la zona de estudio desde las dimensiones técnica, social e institucional.
Objetivo general	Este objetivo engloba todos los anteriores, por lo que su alcance se trabajó desde el primer capítulo uno hasta el sexto, sin embargo, fue en los capítulos tres, cuatro, cinco y seis donde se abonó más a su cumplimiento.

Fuente: Elaboración propia.

En lo sucesivo, cabe mencionar cómo fueron probadas las hipótesis en relación con los hallazgos de cada capítulo, para esto es necesario recordar ambas. La hipótesis principal menciona que el análisis de los factores técnicos, sociales e institucionales desde el enfoque de la RU es un elemento clave para conocer la interrelación entre estas dimensiones y determinar si existe o no una viabilidad para implementar SUDS en la zona de estudio. Mientras que la hipótesis de trabajo supone que la implementación de los SUDS en la microcuenca San José es viable en diferentes zonas, bajo las dimensiones técnica, social e institucional, teniendo un impacto en el aumento de la infiltración y reducción de los escurrimientos a nivel local pudiéndose reducir las inundaciones y permitiendo un aprovechamiento del agua de lluvia. En el cuadro siguiente se resume la prueba de estas hipótesis presentadas.

Cuadro 7.2. Prueba de hipótesis.

Objetivo	Prueba
Hipótesis principal	Esta primera hipótesis fue probada al concluir todos los capítulos de este trabajo al comprobar que el análisis de factores de diferentes dimensiones como la técnica, social e institucional es un elemento clave para conocer la interrelación entre estos y su importancia para conocer el contexto de una manera integral, y así poder determinar si la implementación de un nuevo tipo de infraestructura es viable o no.
Hipótesis de trabajo	La segunda hipótesis de igual manera fue probada al concluir todos los capítulos de este trabajo, una vez que se determinara que existe una viabilidad técnica, social e institucional para implementar SUDS en la zona de estudio. Aunque la última parte de la hipótesis de trabajo se comprobó desde el primer capítulo donde los hallazgos sugieren que los SUDS tendrían un impacto positivo en la reducción de la escorrentía y en el aprovechamiento del agua de lluvia.

Fuente: Elaboración propia.

Ahora, se presentan las conclusiones generales que se tuvieron en los diferentes capítulos del trabajo, desde el primero hasta el sexto.

El crecimiento urbano acelerado de las ciudades ha traído como consecuencia cambios en la cobertura y ocupación del suelo, esto a través de la pérdida de cubierta natural, erosión e impermeabilización de superficies para nuevos desarrollos urbanos y vialidades. Una de las consecuencias más inmediatas es la reducción de la permeabilidad del suelo con lo que las aguas de lluvia limitan su capacidad de infiltración y recarga de los mantos acuíferos locales. Por otro lado, al reducirse la capacidad de infiltración del agua de lluvia, se pueden generar eventos de inundación de mayor o menor intensidad, tal y como ha ocurrido en la zona de estudio.

La resiliencia urbana (RU) orientó la presente investigación desde dos enfoques. Por un lado, reducir o mitigar las inundaciones asociadas a lluvias intensas en la zona de estudio, como un mecanismo para proteger a los residentes del lugar y aumentar su capacidad adaptativa. Por otro lado, la resiliencia urbana está vinculada al mantenimiento y mejoramiento de las capacidades naturales de la cuenca hidrográfica que ocupa la ciudad de Querétaro, para lo cual, se propusieron estrategias para fomentar la infiltración y el aprovechamiento del agua de lluvia.

Los sistemas de drenaje urbano sostenible, los SUDS, representan opciones para cumplir con los dos enfoques arriba señalados sobre la RU, ya que ofrecen soluciones basadas en la naturaleza, y forman parte de la denominada infraestructura verde (I.V.). La discusión

presentada en el Capítulo 1, demostró que su implementación ofrece alternativas a diversos problemas que actualmente experimentan las ciudades con un alto crecimiento urbano, tales como, la reducción del riesgo de desastres asociados a inundaciones, la recarga de los acuíferos para contar con una mayor disponibilidad de agua para diferentes usos (vivienda, áreas verdes, industria, etcétera) y el aprovechamiento del agua de lluvia mediante su captación y almacenamiento. De esta forma, en esta investigación se analizaron los principales factores sociales, técnicos e institucionales que se relacionan con la implementación de los SUDS en la microcuenca San José, en la ciudad de Querétaro.

La ciudad de Querétaro, y en particular la microcuenca San José, representa desafíos y oportunidades para la implementación de algunas técnicas de SUDS, ya que, en la zona urbanizada la distribución espacial limita la disponibilidad de espacios para estos sistemas, sin embargo, en zonas altas de la cuenca aún existen áreas con cubierta natural (vegetación local), en las cuales se pueden realizar obras como diques y presas filtrantes, los cuales al estar ocupando la parte alta de la cuenca, puede generar ventajas en la medida en que se fomente la infiltración del agua de lluvia, reduciendo la cantidad de agua que se desplaza por las calles y canales pluviales, con lo que se reduciría el riesgo de inundación en las colonias de esta zona de la ciudad.

Los casos donde se han implementado algunos ejemplos de SUDS justifican el diseño y construcción de este tipo de estrategias en la MCSJ. Como las ciudades de Hermosillo y Ciudad Juárez, ciudades que experimentan problemas para el abastecimiento de agua para sus habitantes al estar situadas en regiones semidesérticas, pero, que su vez presentan problemas con eventos de lluvia de corta duración con alta intensidad, ofrecen ejemplos de cómo se podrían implementar los SUDS en la zona de estudio, además ofrecen la experiencia de cómo se fueron constituyendo, desde la necesidad de crear una norma técnica para su diseño y construcción hasta los problemas de seguimiento y mantenimiento de las obras. Sin lugar a duda, para poder implementar algún tipo de estrategias asociadas a los SUDS, se deberán considerar las condiciones locales, tomando en cuenta a residentes de la zona, a las autoridades encargadas de obras públicas, agua, planeación urbana y protección civil, además de los grupos de la sociedad civil cuya estructura y organización puede ayudar en su diseño, construcción y mantenimiento.

El trabajo de campo realizado en las ciudades del norte del país y en Querétaro, así como la estancia de investigación en el IMTA fueron fructíferas y fungieron como la base de la obtención de la información necesaria para este trabajo permitiendo conocer el contexto de cada lugar, conocer diferentes sitios y sus características, relacionarse con los diferentes actores, así como aprender a usar diferentes herramientas con el uso de softwares.

El modelo hidrológico-hidráulico de la MCSJ representa una herramienta técnica diseñada para simular dos condiciones de esta, la primera con su estado actual y la segunda con una propuesta de algunas técnicas de SUDS. Este tipo de modelos son necesarios para estimar el potencial de la implementación de SUDS en la zona de estudio mediante la comparación de escenarios y conocer resultados de diferentes parámetros tales como infiltración, escorrentía y almacenamiento al simular una tormenta. De igual forma estos modelos pueden ser de gran ayuda para la socialización de las ventajas de construir SUDS en la zona, además que justifica de manera clara las condiciones de mejora que pueden entender no solo los funcionarios públicos relacionados con el tema, sino que los propios residentes que se verían beneficiados por estos sistemas. Cabe mencionar que, aunque este tipo de modelos pueden ser funcionales, hay que tomar en cuenta que para su construcción se requiere de una gran cantidad de insumos de información, de horas de simulación y comprensión de las variables, del conocimiento y manejo adecuado del software, además de la obtención de una licencia para su uso.

El uso de descripciones cuantitativas y gráficas (sin representación estadística) permitió resaltar los factores más relevantes mencionados por los actores locales e institucionales. Mientras que con la descripción cualitativa se lograron resaltar comentarios e ideas relevantes emitidas por estos, que ayudaron a entender mejor el contexto de la zona. Es decir, que la combinación de ambas descripciones resultó ser muy útil para responder a las variables y alcanzar los objetivos. A manera de lista a continuación se presentan las principales conclusiones y algunas recomendaciones específicas con sustento en la presente investigación.

1. La MCSJ presenta una densidad de población importante de aproximadamente 4738 habitantes por kilómetro cuadrado, con un total aproximado de 46470 viviendas y una población total aproximada de 137400 personas. Esto representa un aspecto importante en los diferentes factores mencionados, ya que, esta cantidad de personas puede potencializar o afectar la implementación de los SUDS.

2. Los factores técnicos, como las características físicas de la cuenca, la disponibilidad de espacio, las condiciones hidrológicas e hidráulicas y la vegetación son factores relevantes para conocer la viabilidad de implementar SUDS.
3. La MCSJ presenta una distribución espacial con poca disponibilidad de lugares para implementar SUDS en la zona urbana. Conforme a la propuesta presentada en este trabajo, menos del cinco por ciento de su área puede ser ocupada para estos sistemas (contemplando áreas potenciales públicas y privadas).
4. Con base en el estudio hidrológico-hidráulico realizado para los dos escenarios (condiciones actuales y con propuesta de SUDS), se obtuvo como resultado de la comparación de estos que a nivel cuenca hay una reducción del 10 por ciento de la escorrentía máxima. A nivel local, en diferentes microcuencas se tuvo un impacto mayor, como es el caso de la microcuenca S86 (con mayor área propuesta de SUDS) donde se tuvo como resultado un aumento del 21 por ciento en la infiltración máxima y una disminución del 48 por ciento en la escorrentía máxima. Véanse cuadros 4.5 y 4.6, y gráficas 4.3 y 4.4.
5. De acuerdo con la comparación de escenarios del modelo hidrológico-hidráulico se puede concluir que existe un impacto mayor a nivel local (microcuencas) que nivel cuenca completa. Esto indica que los SUDS tienen mayor beneficio a ese nivel al ser intervenciones puntuales, sin embargo, si las intervenciones se plantean como una red interconectada de mayor área, los impactos a nivel macro podrían incrementar significativamente.
6. El factor del diseño y vegetación juega un papel importante, dado que diversas técnicas de SUDS basan su funcionamiento en la interacción suelo-vegetación, por lo que el uso de guías, publicaciones, paletas vegetales y consultas con expertos en el tema es necesario.
7. En la MCSJ puede existir una viabilidad técnica para implementar SUDS de manera puntual, con un posible impacto positivo a nivel local; pudiendo ayudar al aumento de la infiltración de agua de lluvia y a la disminución de la escorrentía máxima. Esto, tomando en cuenta aspectos limitantes como lo son la distribución espacial, el adecuado diseño de las intervenciones considerando lo ya construido, y el correcto funcionamiento de las obras pluviales existentes.
8. Los factores sociales como la experiencia previa con las inundaciones, el compromiso y participación de la comunidad, la cohesión social y redes comunitarias, la coordinación con el gobierno, la existencia de asociaciones civiles y su conocimiento, la respuesta y

recuperación ante inundaciones, el conocimiento de los SUDS, así como el interés en participar en su implementación, cuidado y mantenimiento son factores relevantes para conocer la viabilidad de implementar SUDS.

9. Con base en las entrevistas realizadas a los actores locales se obtuvieron hallazgos importantes como que la mayoría de estos han tenido experiencias previas con las inundaciones, lo cual, según la distribución de las colonias en donde residen los entrevistados, confirma que en gran parte de la cuenca existen estos problemas. La participación y compromiso de los colonos, la cohesión social, la coordinación entre colonos y autoridades con el gobierno, así como el interés en participar en alguna etapa de la implementación de los SUDS (incluido el cuidado y mantenimiento) pueden considerarse adecuados y favorables, por lo cual, se podría facilitar la implementación de estos sistemas dados los problemas de capacidad financiera por parte de las instituciones de gobierno, pudiendo trabajar de manera conjunta en estas tareas. colonos y autoridades.
10. Existen áreas de oportunidad en la comunicación entre la sociedad con autoridades de gobierno, ya que hay colonias donde la atención hacia los ciudadanos es carente y limitada, de igual manera, hay aspectos a mejorar respecto a la existencia de programas que fomenten la capacidad comunitaria ante inundaciones. Por otro lado, el conocimiento de la existencia de asociaciones civiles relacionadas con temas de agua o medio ambiente por parte de los actores locales es casi nulo, por lo que al aumentar su difusión podría traer colaboraciones en beneficio de la población de la MCSJ.
11. Con base en las entrevistas realizadas a los representantes de asociaciones civiles se obtuvieron conclusiones importantes como que en los últimos años ha habido un incremento en el interés de la sociedad en general acerca de temas de agua, lo cual se refleja en participación en diferentes actividades y movilización ante problemáticas en torno a esta, por otro lado, la colaboración de las asociaciones con el gobierno ha sido poca, por lo que existe un área de oportunidad en este punto para realizar trabajos en conjunto.
12. En la MCSJ puede existir una viabilidad social para implementar SUDS, ya que, de manera general los factores analizados resultan favorables, particularmente, la cohesión social y redes comunitarias, la coordinación con el gobierno y el interés en participar en su implementación. No obstante, deben tomarse en cuenta las áreas de oportunidad mencionadas, como lo son la brecha de comunicación entre sociedad y gobierno, la

socialización de los proyectos, el fortalecimiento de la cohesión social y de la capacidad de respuesta comunitaria ante eventos de inundación.

13. Los factores institucionales como el conocimiento de los SUDS o sistemas homólogos, la capacidad técnica y financiera para su implementación, la coordinación entre instituciones gubernamentales, la respuesta y recuperación ante inundaciones, y la voluntad política son factores relevantes para conocer la viabilidad de implementar SUDS.
14. Con base en las entrevistas realizadas a los actores institucionales se obtuvieron hallazgos importantes, tales como que el conocimiento de los SUDS por parte de los funcionarios, la coordinación entre instituciones de gobierno, el nivel de respuesta y recuperación después de un evento de inundación, y la voluntad política pueden considerarse como adecuados en términos generales, por lo tanto, esto facilitaría la propuesta de este tipo de alternativas para su inclusión en programas de obra por medio de instrumentos normativos, y de forma paralela su difusión tanto en el sector público, como en el sector privado y con la sociedad. Por otro lado, la capacidad técnica y financiera son factores que están en proceso, por lo que serían retos para la implementación de SUDS en la cuenca.
15. En la MCSJ puede existir una viabilidad institucional para implementar SUDS, ya que, de manera general hay factores que resultan favorables, particularmente, el conocimiento de este tipo de infraestructura, la coordinación entre instituciones y la voluntad política. No obstante, deben tomarse en cuenta las áreas de oportunidad y limitantes mencionadas, como lo son la capacidad técnica y financiera, y las brechas de comunicación entre instituciones.

Recomendaciones

1. Antes de ejecutar un proyecto con SUDS a mediana o gran escala, realizar los estudios técnicos necesarios, así como también una socialización previa con la población impactada, tomando en cuenta el conocimiento local de las personas.
2. Documentar casos de estudio donde ya se realizaron proyectos de SUDS para entender los casos de éxito y sus principales retos en el ámbito social, institucional, ambiental, normativo, etcétera, para enriquecer los nuevos proyectos.
3. Realizar trabajos de difusión colaborativos, donde se busque la integración de todos los sectores (social, gubernamental, privado y academia).

4. Ejecutar proyectos piloto de SUDS de construcción sencilla (como los jardines de lluvia) buscando la participación e involucramiento de las personas impactadas en el proceso, así como la apropiación de las obras.
5. Aprovechar los espacios públicos potenciales para la implementación de SUDS, como lo son parques, áreas verdes, camellones, glorietas, edificios públicos, escuelas, entre otros.
6. Buscar apoyos económicos de agencias nacionales e internacionales que buscan promover el uso de alternativas más sustentables.
7. Hacer usos de la estructura de organización social que existe en diferentes colonias en la MCSJ para organizar los trabajos de cuidado y mantenimiento.
8. Buscar la inclusión de estos sistemas en normas, reglamentos, leyes o códigos existentes en el estado y municipio, o bien, la creación de una norma particular, con el fin de que su implementación sea prioritaria y regulada.
9. Incluir a los SUDS como parte de la gama de obras para control y aprovechamiento de aguas pluviales, y mitigación de inundaciones.
10. Trabajar en la rehabilitación, mantenimiento y correcciones de las obras pluviales existentes, principalmente en las de almacenamiento y regulación.
11. Generar conciencia del cambio de paradigma en la gestión de aguas pluviales, haciendo uso de infraestructura diversa, buscando el aprovechamiento del recurso y otros beneficios ecosistémicos, sociales y económicos. Replanteando las soluciones convencionales basadas en el desalojo inmediato del agua de lluvia.
12. Para realizar este tipo de trabajos de investigación donde se aborden diferentes dimensiones que requieran de diferentes actividades como visitas de campo, entrevistas, estancias, cálculos, simulaciones, entre otras, es recomendable elaborar planes de trabajo claros para prever las fechas, acercamientos, colaboraciones y recursos suficientes.

Es preciso señalar que este trabajo tiene limitaciones en la dimensión ambiental y económica, mismas que son relevantes en la implementación de los SUDS, pero que para los alcances de esta investigación no fueron abordadas. Por lo que se propone sean líneas de investigación en trabajos futuros, con el fin de analizar sus factores y determinar si existe una viabilidad ambiental y económica.

BIBLIOGRAFÍA

- Arreguín, F. I., y López, M. (2016). Las inundaciones en un marco de incertidumbre climática. *Tecnología y Ciencias del Agua*, VII, 5-13.
- Arreola, J. (5 de Febrero de 2010). Querétaro evacúa a 500 personas . *El Universal* .
- ARUP. (2014). *City Resilience Index*. Obtenido de ARUP: <https://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/city-resilience-index>
- ARUP. (2019). The City Water Resilience Approach.
- Ashley, R., Lundy, L., Ward, S., Shaffer, P., Walker, L., Morgan, C., . . . Moore, S. (2013). Water-sensitive urban design: opportunities for the UK. *Proceedings of the ICE-Municipal Engineer*, 65-76.
- Assessing the Effectiveness of Sustainable Drainage Systems (SuDS): Interventions, Impacts and Challenges. (2020). *water*, 1-21.
- Bereciartua, P. (2008). Estrategias de control de inundaciones y la gestión integrada del agua la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. *World Engineering Congress (WFEO)*.
- Bertilsson, L., Wiklund, K., De Moura, I., Moura, O., Pires, A., y Gomes, M. (2018). Urban flood resilience – a multi-criteria index to integrate flood resilience into urban planning. *Journal of Hydrology*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.06.052>
- Bitrán, D. (2000). *Características del impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México*. México: CENAPRED.
- Boogard, F. (2015). *Stormwater characteristics and new testing methods for certain sustainable urban drainage*. Delft: Technische Universiteit Delft.
- Cabañas, L. (2020). *Propuesta para la planeación de un sistema urbano de captación de agua pluvial como alternativa de abastecimiento para la ciudad de Aguascalientes*. Aguascalientes : Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Carrizosa, M., Cohen, M., Gutman, M., Leite, F., López, D., Nesprias, J., . . . Versace, I. (2018). *Enfrentar el riesgo. Nuevas prácticas de resiliencia urbana en América Latina*. Nueva York: The New School.
- Castillo , O., y De Alba, F. (2017). Estrategias sociales de adaptación frente a las inundaciones en la metrópolis de México. *Ponto Urbe*, 1-23. doi:10.4000/pontourbe.3471
- Chávez, M. (28 de septiembre de 2017). Inundadas, 44 colonias de Querétaro; 3 drenes se desbordaron por la lluvia. *La Jornada*.
- CIRIA. (2007). *The SuDS manual*. London: CIRIA.
- CIRIA. (2015). *The SuDS Manual*. London: CIRIA.
- Comisión Nacional del Agua [Conagua]. (julio de 2021). *Sistema Nacional de Información del Agua*. Obtenido de Acuíferos: <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=acuiferosyver=mapa>
- Córdova, A. (2015). Infraestructura Verde como enfoque emergente de planeación ambiental. En M. Rodríguez , y S. Peña , *Planeación Urbana y Regional: Teoría y Práctica* (págs. 155-186). Ciudad Juárez: Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.
- Cotterill, S., y Bracken, L. (2020). Assessing the Effectiveness of Sustainable Drainage Systems (SuDS): Interventions, Impacts and Challenges. *water*, 1-21.
- Fletcher, T., Shuster , W., Hunt, W., Ashley , R., Butler , D., Arthur , A., . . . Viklander, M. (2015). SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*, 525-542. doi:10.1080/1573062X.2014.916314

- Folke, C. (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. *Global Environmental Change*, 253–267.
- Garnica , R., y Alcántara , I. (2004). Riesgos por inundación asociados a eventos de precipitación extraordinaria en el curso bajo del río Tecolutla, Veracruz. *Investigaciones Geográficas*, 23-45.
- Giner, M.-E., Córdova, A., Vázquez-Gálvez, F., y Marrufo, J. (2019). Promoting green infrastructure in Mexico's northern border: The Border Environment Cooperation Commission's experience and lessons learned. *Journal of Environmental Management*.
- González Correa, D., Becerril Piña, R., Mastchi Loza, C., Cervantes Jiménez, M., Guevara Escobar , A., Romo Aguilar , M., y González Sosa, E. (2018). El riesgo de inundación suscrito a los cambios de uso de suelos de cuencas periurbanas. En J. M. Rodríguez Esteves, C. M. Welsh Rodríguez, M. Romo Aguilar, y A. C. Travieso Bello, *Riesgo de desastres en México: eventos hidrometeorológicos y climáticos* (págs. 354-379). Jiutepec,, Morelos: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- González, E. (2018). Propensión de las inundaciones históricas de los últimos 100 años en Querétaro. *DIGITAL CIENCIA UAQRO*, 178-192.
- H. Ayuntamiento de Hermosillo. (2018). *Norma Técnica que establece las características y requerimientos para la Infraestructura Verde en el municipio de Hermosillo*. Hermosillo: H. Ayuntamiento de Hermosillo.
- Hernández, M., Suri, D., y Morote, A. (2020). La gestión de las aguas pluviales en áreas urbanas: de riesgo a recurso. En U. d. Alicante, *Riesgo de inundación en España: análisis y soluciones para la generación de territorios resilientes* (págs. 531-547). Orihuela: Universidad de Alicante .
- Hernández, R., Barrios, H., y Ramírez, A. (2017). Análisis de riesgo por inundación: metodología y aplicación a la cuenca Atemajac. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 5-25.
- IMIP. (2016). *Atlas de Riesgos Naturales* (Vol. I). Ciudad Juárez, Chihuahua: Instituto Municipal de Investigación y Planeación de Juárez.
- IMPLAN Hermosillo. (2017). *Manual de Lineamientos de Diseño de Infraestructura Verde para municipios Mexicanos*. Hermosillo: IMPLAN Hermosillo.
- IMPLAN Querétaro. (2019). *Delegación Epigmenio González*. Obtenido de http://implanqueretaro.gob.mx/im/c/2/3/2/Del-Adm02_DelegacionEG_colonias.pdf
- INEGI. (Junio de 2016). *Marco Geoestadístico*. Obtenido de Cartografía Geoestadística Urbana y Rural Amanzanada. Junio 2016. Querétaro: <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825218898>
- INEGI. (2017). *Uso de suelo y vegetación*. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463598459>
- INEGI. (2020). Obtenido de Mapas: <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/default.html?t=193yag=20>
- INEGI. (2021). *Censo de Población y Vivienda 2020*. Obtenido de https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Resultados_generales
- INEGI. (2021b). *Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas*. Obtenido de https://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/#
- Instituto de Planificación Física, y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2015). *Manual técnico de resiliencia urbana: Instrucción metodológica resiliencia urbana*. La Habana: Instituto de Planificación Física.
- Johnson, D. (5 de Julio de 2021). *Hermosillo no está hecho para las lluvias, ¿sabes por qué?* Obtenido de <https://www.elsoldehermosillo.com.mx/local/hermosillo-no-esta-hecho->

- para-la-lluvia-por-que-afectaciones-causas-inundaciones-6927574.html
- Liao, K. (2012). A Theory on Urban Resilience to Floods - A Basis for Alternative Planning Practices. *Ecology and Society*, 1-15. Obtenido de Ecology
- Martínez, C. (2015). *Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible SUDS: Infraestructura hidráulica urbana para el control y aprovechamiento del agua de lluvia*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Martínez, G. (2013). *Sistemas Urbanos de Drenaje "SuDS" como alternativa de control y regulación de las aguas lluvias en la Ciudad de Palmira*. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.
- Martínez, J. (2014). *Impacto de la urbanización en el escurrimiento pluvial en Tuxtla Gutiérrez Chiapas*. Zacatepec: Instituto Tecnológico de Zacatepec.
- Matías, L., Oropeza, O., Lugo, J., Cortéz, M., y Jáuregui, E. (2007). Análisis de las principales causas de las inundaciones de septiembre de 2003 en el sur del estado de Guanajuato, México. *Investigaciones Geográficas*, 7-25.
- Maya, W. (2 de octubre de 2021). Fuerte lluvia azota a Querétaro por tercer día consecutivo. *El Sol de México*.
- Meerow, S., Newell, J., y Stults, M. (2015). Defining urban resilience: A review. *Landscape and Urban Planning*, 38-49.
- Molina-Prieto, L. (2016). Resiliencia a inundaciones: nuevo paradigma para el diseño urbano. *Revista de Arquitectura*, 82-94.
- Morgan, C., Bevington, C., Levin, D., Robinson, P., Davis, P., Abbott, J., y Simkins, P. (2013). *Water Sensitive Urban Design in the UK - Ideas for built environment practitioners*. London: CIRIA.
- Muñoz, S. (1 de octubre de 2021). Inundaciones y cierre de vialidades. *Noticias*.
- National Research Council. (2009). *Urban Stormwater Management in The United States*. Washington, D.C.: The National Academies Press.
- Navarro, M., y Gómez, A. (28 de septiembre de 2017). Estiman 400 casas inundadas y 300 familias damnificadas. *El Universal Querétaro*.
- Núñez, G. (2020). *Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible (SUDS), Caso de Estudio: Avenida Manuela Sáenz, Ambato, Ecuador*. Alcalá de Henares: Universidad de Alcalá y Universidad Rey Juan Carlos.
- Oficina de Resiliencia CDMX (ORCDMX). (2016). *Estrategia de resiliencia CDMX. Transformación adaptativa, incluyente y equitativa*. Ciudad de México. Obtenido de <https://www.resiliencia.cdmx.gob.mx/storage/app/media/Estrategia%20de%20Resiliencia%20CDMX.pdf>
- Parada, P. C., Suárez, A. I., Jiménez, J., Cervantes, J., y Silva, L. A. (2020). Drenaje urbano sostenible: una alternativa para Xalapa, Veracruz, México. *Sociedad y ambiente*, 1-23.
- Patagua, Fundación Legado Chile, y Pontificia Universidad Católica de Chile. (2021). *Ciudades sensibles al agua. Guía de drenaje Urbano Sostenible para la Macrozona Sur de Chile*.
- Peña, A. (2017). *Estrategia de manejo para la mitigación del riesgo por inundaciones en la microcuenca San José El Alto, Querétaro*. Querétaro: Universidad Autónoma de Querétaro.
- Perales, S., y Andrés, I. (2008). Los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible: Una Alternativa a la Gestión del Agua de Lluvia. *Revista Técnica de Medio Ambiente*.
- Poleto, C., y Tassi, R. (2012). Sustainable Urban . *Drainage Systems*, 55-72.
- Qi, Y., Shun, F., Thorne, C., O'Donnell, E., Quagliolo, C., Comino, E., . . . Feng, M. (2020). Addressing Challenges of Urban Water Management in Chinese Sponge Cities via



- Nature-Based Solutions. *Water*, 1-24. doi:10.3390/w12102788
- Ribeiro , P., y Gonçalves , L. (2019). Urban Resilience: a conceptual framework. *Sustainable Cities and Society*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101625>
- Robles-Morua, A., y Hinojosa , E. (2021). Sesión 1. Mejorando los servicios ecosistémicos a través de infraestructura verde en la ciudad de Hermosillo. En IMTA, *Memoria del Seminario: Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión hídrica en Latinoamérica*. (págs. 9-15). Jiutepec: IMTA.
- Rodríguez, J., Alcocer-Yamanaka, V., Albornoz, P., Santos , R., y Llaguno, O. (2014). *Estudio de riesgo de inundaciones en zonas urbanas de la República Mexicana*. Jiutepec: Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo sobre el Agua, Conagua, CONACYT, IMTA.
- Rosales, M. S., Salas, J. A., y Rodríguez, A. (2015). Manejo del drenaje pluvial mediante control de la fuente de escurrimientos superficiales. *CULCyT*, 5-14.
- Rosenzweig, B., McPhillips, L., Chang, H., Cheng, C., Welty, C., Matsler, M., . . . Davidson, C. (2018). Pluvial flood risk and opportunities for resilience. *WIREs Water*, 1-18. doi:<https://doi.org/10.1002/wat2.1302>
- Ruiz, B., Rivera , P., y Salas, M. (2016). *Mapa nacional de números de escurrimiento (N)*. Jiutepec: IMTA.
- Russo, B., Velasco , M., Locatelli, L., Sunyer , D., Yubero , D., Monjo , R., . . . González, A. (2020). Assessment of Urban Flood Resilience inBarcelona for Current and Future Scenarios. The RESCCUE Project. *Sustainability*, 1-25. doi:<https://doi.org/10.3390/su12145638>
- Sánchez, E., Hernández , M., Chávez , R., y Hernández J. (2007). *Ausencia de flora ideas para alinear el pensamiento con la naturaleza*. Santiago de Querétaro: CONCyTEQ.
- Sandoval, D., Córdova , A., Reyes, A., y González, C. (s.f.). Esquema de co-gobernanza en un proyecto de infraestructura verde para la gestión de un parque urbano en Ciudad Juárez, México. *Espacialidades*.
- Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana , y Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2020). *Impacto Socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana*. Ciudad de México: CENAPRED.
- Secretaría de Desarrollo Agrario, T. y., México, P. C., y HABITAT, O. (2016). *Guía de Resiliencia Urbana 2016*. CDMX: Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU).
- Serfilippi, E., y Ramnath, G. (2018). Resilience measurement and conceptual frameworks: A review of the literature. *Annals of Public and Cooperative Economics CIRIEC*, 1-19.
- Sharifi, A. (2020). Urban Resilience Assessment: Mapping Knowledge Structure and Trends. *Sustainability*, 1-18.
- Shun , F., Griffiths, J., Higgitt, D., Xu, S., Zhu, F., Tang, Y., . . . Thorne, C. (2018). “Sponge City” in China—A breakthrough of planning and flood risk management in the urban context. *Land Use Policy*, 772-778.
- sigema. (2015). *Atlas de Riesgos del municipio de Querétaro 2015*. Querétaro: Municipio de Querétaro.
- Sorensen, J., Persson, A., Sternudd, C., Aspegren , H., Nilsson, J., Nordstrom, J., . . . Shifteh, M. (2016). Re-Thinking Urban Flood Management - Time for a Regime Shift. *Water*, 1-15. doi:doi:10.3390
- Soria , H., Camarasa, A., y Carmona, P. (2015). Riesgo de inundación de la ciudad de Iquitos, Perú. *Ciencia amazónica*, 11-24.
- Unidas, N. (2009). *Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres*. Ginebra: Estrategia

- Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas (UNISDR).
- Woods Ballard, B., Wilson , S., Ilman , S., Ashley , R., y Kellagher , R. (2015). *The SuDS Manual*. London: CIRIA.
- Woods, B., Wilson, S., Udale-Clarke, H., Illman, S., Scott, T., Ashley, R., y Kellagher, R. (2015). *The SuDS Manual*. London, UK: CIRIA.
- Zúñiga, L. (2018). Resiliencia urbana ante inundaciones por intensas lluvias en contribución al desarrollo urbano equilibrado. *Arquitectura y Urbanismo*, XXXIX(1), 39-50.

ANEXOS

Anexo 1: Guiones de entrevistas

1.1. Guion de entrevista para responsables operativos y colaboradores en la implementación de Infraestructura Verde en ciudades de la frontera norte de México.

Folio: XX_000			Fecha: XX/XX/XXXX	Hora: 00:00
Proyecto: <i>Resiliencia urbana y reducción de inundaciones a través de Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible (SUDS): la microcuenca San José, Querétaro.</i>				
Nota aclaratoria: <i>La información que pueda compartir será para fines académicos y su identidad se mantendrá en anonimato.</i>				
Guion de entrevista para responsables y colaboradores en implementación de los SUDS e IV.				
Introducción				
<ul style="list-style-type: none">• Saludo al entrevistado• Agradecimiento por el tiempo y disposición• Explicación de los objetivos de la investigación, de la importancia de su entrevista y del uso de la información proporcionada				
Objetivo de la entrevista: Conocer las opiniones y lecciones aprendidas de los responsables o colaboradores en la implementación de SUDS/IV o relacionados, con el fin indagar sobre factores técnicos, sociales e institucionales con base en su conocimiento y experiencia.				
Objetivo general de la investigación: Analizar los factores técnicos, sociales e institucionales que pueden intervenir en la implementación de los SUDS y su viabilidad en la microcuenca San José, Qro., desde el enfoque de la resiliencia urbana.				
Sección 1. Datos del entrevistado				
Nombre				
Organización/Empresa				
Cargo				

1

Sección 2. Opinión de los SUDS e Infraestructura Verde (IV) y su funcionamiento

1. Para usted, ¿qué son los SUDS/ IV?
2. ¿Para qué se emplean?
3. ¿Cuál es su opinión de los SUDS/IV?
4. ¿Cómo fue que se enteró de este tipo de alternativas?
5. ¿Qué fue lo que le motivó y le llamó la atención de este tipo de alternativa para empezar a trabajar con ella?
6. ¿Sabe cuál es la historia de la adopción e implementación de los SUDS o IV en su ciudad (historia del proyecto)? (Concepción, diseño y ejecución)
7. ¿Sabe qué tipo de técnicas de SUDS o IV se han implementado en su ciudad y cuántas intervenciones hay? (jardines de lluvia, drenaje francés, zanja de infiltración, etc.)
8. ¿Sabe si existen nuevos proyectos de SUDS o IV para la ciudad?
9. ¿Podría comentarme quiénes son los encargados de su implementación y cuáles son sus responsabilidades? (mapeo institucional actores, dependencias, etc)?
10. ¿Podría comentarme cómo es el proceso para la implementación de estos sistemas? (ubicación, estudios requeridos, selección de tipo de técnica, diseño, ejecución)
11. ¿Sabe cuáles han sido los montos de inversión necesarios para la implementación de estos proyectos?
12. ¿Conoce cuál es la opinión de las personas beneficiadas con SUDS e IV?
13. ¿Podría platicarme cómo es el proceso de mantenimiento de estos sistemas?
14. ¿Cuáles considera que han sido los mayores aportes y resultados que han tenido en estos proyectos de SUDS/IV en su ciudad?
15. ¿Sabe qué ha pasado después de su colaboración? (seguimiento)

Sección 3. Factores de éxito, obstáculos y lecciones aprendidas de la implementación de SUDS/IV

16. Desde de su punto de vista, ¿Cuáles son los principales retos para mantener los SUDS/IV en su ciudad? (recursos económicos, materiales, personal, etc.)
17. ¿Cuáles considera que son los principales retos para fortalecer los SUDS/IV en su ciudad? (mantenimiento, inversión, etc.)
18. En su opinión, ¿Cuáles han sido hasta ahora los principales factores **sociales** que han intervenido la implementación de este tipo de infraestructura? (participación ciudadana, apropiación, cohesión social, etc.)
19. ¿Cuáles han sido hasta ahora los principales factores **institucionales** que han intervenido en la implementación de este tipo de infraestructura? (temas burocráticos, coordinación entre dependencias, asuntos políticos, etc.)
20. ¿Cuáles han sido hasta ahora los principales factores **técnicos** que han intervenido en la implementación de este tipo de infraestructura? (físicos, espaciales y ambientales)
21. ¿Cuáles considera usted que han sido los **obstáculos** para la implementación de estos proyectos (social, institucional, administrativos, técnicos)?
22. ¿Cuáles considera usted que han sido los **factores de éxito** para la implementación de estos proyectos?
23. ¿Cuáles considera usted que son las **lecciones aprendidas** más importantes de la implementación de estos proyectos en su ciudad?
24. ¿Qué sector de la sociedad cree usted debe promover y desarrollar este tipo de infraestructura? (sociedad civil, empresarios, academia, gobierno local, estatal o federal).
25. ¿Desea agregar algo más sobre el tema? (desde su área de colaboración y experiencia)

Muchas gracias por su tiempo y colaboración para el cumplimiento de los objetivos de este proyecto de investigación.

Hora de finalización: 00:00 hrs

1.2. Guion de entrevista para expertos en Infraestructura Verde en ciudades de la frontera norte de México.

Folio: XX_000



Fecha: XX/XX/XXXX Hora: 00:00

Proyecto: *Resiliencia urbana y reducción de inundaciones a través de Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible (SUDS): la microcuenca San José, Querétaro.*

Nota aclaratoria:

La información que pueda compartir será para fines académicos y su identidad se mantendrá en anonimato.

Guion de entrevista para expertos en SUDS e IV.

Objetivo de la entrevista: Conocer las opiniones y lecciones aprendidas de expertos en los temas de SUDS/IV o relacionados, con el fin indagar sobre factores técnicos, sociales e institucionales con base en su conocimiento y experiencia.

Objetivo general de la investigación: Analizar los factores técnicos, sociales e institucionales que pueden intervenir en la implementación de los SUDS y su viabilidad en la microcuenca San José, Qro., desde el enfoque de la resiliencia urbana.

Sección 1. Datos del entrevistado

Nombre	
Organización/Empresa	
Cargo	

Sección 2. Opinión de los SUDS e Infraestructura Verde (IV) y su funcionamiento

1. Para usted, ¿qué son los SUDS/ IV?
2. ¿Para qué se emplean?
3. ¿Cuál es su opinión de los SUDS/IV?
4. ¿Cómo fue que se enteró de este tipo de alternativas?
5. ¿Qué fue lo que le motivó y le llamó la atención de este tipo de alternativa para empezar a trabajar con ella?
6. ¿Sabe cuál es la historia de la adopción e implementación de los SUDS o IV en su ciudad (historia del proyecto)? (Concepción, diseño y ejecución)
7. ¿Sabe qué tipo de técnicas de SUDS o IV se han implementado en su ciudad y cuántas intervenciones hay? (jardines de lluvia, drenaje francés, zanja de infiltración, etc.)
8. ¿Sabe si existen nuevos proyectos de SUDS o IV para la ciudad?
9. ¿Podría comentarme cómo es el proceso para la implementación de estos sistemas? (ubicación, estudios requeridos, selección de tipo de técnica, diseño, ejecución)
10. ¿Conoce cómo es el proceso de mantenimiento de estos sistemas?
11. ¿Sabe qué ha pasado después de su colaboración? (seguimiento)
12. ¿Conoce cuál es la opinión de las personas impactadas con los SUDS/IV?

Sección 3. Factores de éxito, obstáculos y lecciones aprendidas de la implementación de SUDS/IV

13. ¿Cuáles considera que han sido los mayores aportes y resultados que han tenido en su ciudad referentes a los proyectos de IV?
14. Desde de su punto de vista, ¿Cuáles son los principales retos para mantener los SUDS/IV en su ciudad? (recursos económicos, materiales, personal, etc.)

15. ¿Cuáles considera que son los principales retos para fortalecer los SUDS/IV en su ciudad? (mantenimiento, inversión, etc.)
16. En su opinión, ¿Cuáles han sido hasta ahora los principales factores **sociales** que han intervenido la implementación de este tipo de infraestructura? (participación ciudadana, apropiación, cohesión social, etc)
17. ¿Cuáles han sido hasta ahora los principales factores **institucionales** que han intervenido en la implementación de este tipo de infraestructura? (temas burocráticos, coordinación entre dependencias, asuntos políticos, etc)
18. ¿Cuáles han sido hasta ahora los principales factores **técnicos** que han intervenido en la implementación de este tipo de infraestructura? (físicos, espaciales y ambientales)
19. ¿Cuáles considera usted que han sido los **obstáculos** para la implementación de estos proyectos (social, institucional, administrativos, técnicos)?
20. ¿Cuáles considera usted que han sido los **factores de éxito** para la implementación de estos proyectos?
21. ¿Cuáles considera usted que son las **lecciones aprendidas** más importantes de la implementación de estos proyectos en su ciudad?
22. ¿Qué sector de la sociedad cree usted debe promover y desarrollar este tipo de infraestructura? (sociedad civil, empresarios, academia, gobierno local, estatal o federal).
23. ¿Desea agregar algo más sobre el tema? (desde su área de colaboración y experiencia)

Muchas gracias por su tiempo y colaboración para el cumplimiento de los objetivos de este proyecto de investigación.

Hora de finalización: 00:00 hrs

1.3. Guion de entrevista para actores sociales: informantes clave y presidentes de comités comunitarios de colonias dentro de la microcuenca San José, Querétaro.



Folio: QRO_S_000

Fecha, lugar y hora: XX/XX/XXXX, Querétaro, Qro., las a las 00:00 hrs

Guion de entrevista para actores sociales (presidentes de comités comunitarios, presidentes de colonos e informantes clave) para el análisis de factores sociales para la implementación de SUDS.

Objetivo: Indagar sobre diferentes factores sociales que pueden intervenir en la implementación de SUDS desde el enfoque de la RU, por medio de entrevistas semiestructurada a actores clave.

Datos del entrevistado

Nombre	
Cargo (si aplica)	
Tiempo en el cargo (si aplica)	
Colonia/Fraccionamiento/etc.	
Edad	
Escolaridad	

Sección 1. Experiencia sobre el riesgo de inundación

1. ¿Ha sido testigo de algún evento de inundación en la zona?
2. ¿Ha tenido usted o su familia afectaciones a causa de las inundaciones?
3. ¿Tiene usted conocimiento de las áreas que se inundan en su zona? ¿Podría mencionarlas?
4. ¿Ubica las obras de protección contra inundaciones en su zona?
5. ¿Sabe usted en qué autoridades recae la responsabilidad del tema de inundaciones (prevención, acción y recuperación)?

Sección 2. Compromiso y participación activa de la comunidad

6. ¿Cuál es su percepción acerca del compromiso y participación de la comunidad en torno a los problemas de inundaciones?

Sección 3. Cohesión social y redes comunitarias

7. ¿De manera general cuál es su percepción sobre la cohesión social (nivel de unión, confianza, redes) en la zona?
8. ¿Considera que existe apoyo para el fortalecimiento de la cohesión social y redes comunitarias sólidas por parte de los comités comunitarios, gobierno u otros?

Sección 4. Comunicación entre sociedad y autoridades

9. ¿Considera que existe una comunicación efectiva de los programas y políticas gubernamentales en torno a las inundaciones?
10. ¿Considera que existe una comunicación efectiva entre sociedad civil y gobierno?
11. ¿Cree que existe una incorporación del conocimiento y la cultura locales en la toma de decisiones?
12. ¿Considera que hay coordinación adecuada entre gobierno, sector privado y sociedad civil?
13. ¿Considera que se hay fomento de roles y responsabilidades claros de las partes interesadas en temas de inundaciones?
14. ¿Considera que hay una adecuada coordinación entre colonos de aguas arriba con los de zona baja (en torno a los impactos aguas abajo)?

Sección 5. Organizaciones civiles

15. ¿Sabe de la existencia de organizaciones civiles en la ciudad o en el estado?
16. ¿Sabe de la existencia de organizaciones civiles relacionados con temas de medioambiente, agua o inundaciones en la ciudad o en el estado?
17. ¿Considera que hay apoyo y colaboración a las instituciones de la sociedad civil que trabajan en temas de agua por parte del gobierno, sector privado, sociedad u otros?

Sección 6. Respuesta y recuperación efectivas ante desastres

18. ¿Sabe si en la zona cuentan con sistemas integrales de vigilancia, previsión y/o alerta temprana de inundaciones? Si es así, ¿sabe cómo funciona?
19. ¿Cómo evaluaría la coordinación de la respuesta ante desastres y la preparación para la recuperación en la zona?
20. ¿Considera que hay un fomento de la capacidad comunitaria para la preparación y respuesta a las inundaciones?

Sección 7. Conocimiento y opinión de los SUDS

21. ¿Había usted escuchado antes sobre los SUDS o tecnologías similares?
22. ¿Le parecen una alternativa útil para reducir las inundaciones?
23. ¿Le parecen una alternativa útil para el aprovechamiento del agua de lluvia?
24. ¿En caso de que se instalaran en su zona le gustaría ser tomado en cuenta para la implementación de este tipo de alternativa?
25. ¿En caso de que se instalaran en su zona le gustaría participar en una o más etapas de su implementación?
26. ¿En caso de que se instalaran y operaran tendría usted interés en participar en actividades de cuidado y mantenimiento?
27. ¿Tiene algún comentario general que me quiera compartir?

Fin de la entrevista

Hora de finalización: 00:00

1.4. Guion de entrevista para representantes de asociaciones civiles en Querétaro relacionadas con temas de agua.



Folio: QRO_SA_000

Fecha, lugar y hora: XX/XX/XXXX, Querétaro, Qro., a las 00:00

Guion de entrevista para representantes de organizaciones civiles relacionadas con temas de agua para el análisis de factores sociales para la implementación de SUDS.

Objetivo: Indagar sobre diferentes factores sociales que pueden intervenir en la implementación de SUDS desde el enfoque de la RU, por medio de entrevistas semiestructurada a actores clave.

Datos del entrevistado

Nombre	
Cargo	
Tiempo en el cargo	
Asociación/organización	
Edad	
Escolaridad	

1. ¿Podría comentarme de manera general a qué se dedica esta asociación/organización?
2. ¿Qué tipo de proyectos han realizado? ¿Podría platicarme de ellos?
3. ¿Cuál es su percepción acerca de la participación activa de la comunidad en los proyectos que han llevado a cabo?
4. ¿Considera que hay apoyo y colaboración a las instituciones de la sociedad civil que trabajan en temas de agua por parte del gobierno, sector privado, sociedad u otros?
5. ¿Sabe de la existencia de otras organizaciones de la sociedad civil relacionadas con temas de agua/medioambiente en el estado?
6. ¿Cuál es su opinión acerca del impacto que tienen las organizaciones de la sociedad civil y de la población en la solución de problemáticas en las ciudades?
7. ¿Cuál es su opinión general acerca del tema de agua en Querétaro (aspectos destacables e importantes)?

8. ¿Cuál es su opinión acerca del tema de inundaciones en la ciudad? ¿Conoce la situación en la microcuenca San José?
9. ¿Cómo considera que es el nivel de respuesta y recuperación ante inundaciones en la ciudad y en la zona de estudio?
10. ¿Conoce de alternativas y/o medidas para el control de inundaciones?
11. ¿Conoce o ha escuchado hablar de los Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible (SUDS)?
12. ¿Considera que pueden ser una alternativa viable para reducir las inundaciones y aprovechar el agua de lluvia en la ciudad?
13. De manera general, ¿cuáles cree que serían los principales retos para la implementación de este y otro tipo de alternativas?
14. ¿Tiene algún comentario general que me quiera compartir?

Fin de la entrevista

Hora de finalización: 00:00 hrs

1.5. Guion de entrevista para actores institucionales de diferentes secretarías y dependencias de gobierno relacionadas con el tema de inundaciones e infraestructura para gestión de aguas pluviales.



Folio: QRO_I_000

Fecha, lugar y hora: XX/XX/XXXX, Querétaro, a las 00:00 hrs

Guion de entrevista para representantes de organizaciones gubernamentales relacionadas el tema de las inundaciones, planeación urbana y/o infraestructura) para el análisis de factores institucionales para la implementación de SUDS.

Objetivo: Indagar sobre diferentes factores institucionales que pueden intervenir en la implementación de SUDS desde el enfoque de la RU, por medio de entrevista semiestructurada a actores clave.

Introducción

- Saludo al entrevistado.
- Agradecimiento por el tiempo y disposición.
- Explicación de los objetivos de la investigación, de la importancia de su entrevista y del uso de la información proporcionada.

Datos del entrevistado

Nombre	
Cargo	
Tiempo en el cargo	
Formación	
Dependencia/organización/agencia gubernamental.	

Sección 1. Conocimiento y opinión de los SUDS

1. ¿Había usted escuchado acerca de los Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible (SUDS) o algún tipo de tecnología similar?
2. ¿Conoce usted los beneficios de este tipo de infraestructura?
3. ¿Sabe si estos sistemas u otros parecidos se han instalado en la ciudad o el estado? Si es así, ¿qué sabe al respecto (cuándo, dónde, funcionamiento, etc.)?
4. ¿Qué opina de estos? ¿Considera que pueden ser una alternativa viable para la reducción inundaciones y el aprovechamiento de las aguas pluviales?
5. En caso de su implementación, ¿Cuáles cree que serían los principales retos para llevar a cabo su ejecución, operación y mantenimiento?

Sección 2. Capacidad técnica

6. ¿Considera usted que se cuenta con la capacidad técnica y humana para poder llevar a cabo la implementación de SUDS? (Incorporación de conocimientos técnicos y expertos en el tema) ¿Por qué?
7. De acuerdo de con el actual monitoreo y mantenimiento de la infraestructura hidráulica para inundaciones, ¿cómo considera que sería para el caso de los SUDS (si es que estos se implementaran)?
8. ¿Considera que existe fomento de infraestructura diversa para la protección contra inundaciones en el estado y municipio?

Sección 3. Capacidad financiera

9. ¿Considera que se cuenta con una provisión de recursos financieros suficientes para el mantenimiento de la infraestructura hidráulica actual y en su caso para el mantenimiento y de SUDS?

Sección 4. Planeación

10. ¿Considera que se aplican correctamente las regulaciones de uso de suelo y zonificación o existe algún inconveniente con esto?
11. ¿Sabe si se realiza un seguimiento activo y evaluación de programas en torno al agua y las inundaciones?
12. ¿Considera que se hace una evaluación holística de los impactos sociales y ambientales de los programas de agua, específicamente los relacionados con las inundaciones?

Sección 5. Coordinación entre sectores y partes interesadas

13. ¿Considera que existe coordinación proactiva entre gobierno, sector privado y sociedad civil? ¿Por qué?
14. ¿Considera que hay fomento de roles y responsabilidades claros entre instituciones gubernamentales?
15. ¿Considera que se toma en cuenta el enfoque de cuenca en los proyectos (zonas altas y bajas y los impactos aguas abajo)?

Sección 6. Coordinación entre agencias gubernamentales

16. ¿Cómo considera que es la coordinación proactiva entre y dentro de las agencias gubernamentales?

Sección 7. Organizaciones de la sociedad civil

17. ¿Sabe de la existencia de organizaciones civiles relacionados con temas de agua o medioambiente en la ciudad o en el estado?
18. ¿Considera que hay apoyo y colaboración a las organizaciones de la sociedad civil que trabajan en temas de agua o medio ambiente por parte del gobierno, sector privado, sociedad u otros?

Sección 8. Visión estratégica

19. ¿Podría comentarme cómo es el desarrollo de estrategias y planificación de acciones en torno al agua? (a corto, mediano o largo plazo)
20. ¿Existe incorporación de beneficios sociales, ambientales y económicos en la toma de decisiones en torno a las inundaciones?

Sección 9. Respuesta y recuperación efectivas ante desastres

21. ¿Sabe si en la zona cuentan con sistemas integrales de vigilancia, previsión y/o alerta temprana de inundaciones? Si es así, ¿sabe cómo funciona?
22. ¿Cómo evaluaría la coordinación de la respuesta ante desastres y la preparación para la recuperación en la zona de estudio?
23. ¿Considera que hay un fomento de la capacidad comunitaria para la preparación y respuesta a las inundaciones?

24. ¿Sabe si se cuenta con los fondos adecuados para la recuperación de desastres?

Sección 10. Voluntad política

25. ¿Sabe si está contemplada este tipo de infraestructura en los planes de desarrollo urbano del municipio o en los de esta agencia/dependencia/organización?

26. ¿Estaría dispuesto(a) a considerar la implementación de estos sistemas u otro tipo de alternativas en la microcuenca de estudio u otras zonas con problemas de inundaciones?

27. ¿Estaría interesado(a) en promover y/o impulsar este tipo de infraestructura u otras alternativas para la reducción de inundaciones, aprovechamiento del agua pluvial y fortalecimiento de la resiliencia urbana?

28. En caso de estar interesado(a), ¿De qué manera impulsaría y/o promovería su implementación?

Comentarios adicionales:

Fin de la entrevista.

Hora de finalización: 00:00 hrs

Anexo 2: Reportes fotográficos

2.1. Reporte fotográfico de la estancia en la frontera norte.

Fotografía 1. Ciudad de Hermosillo, Sonora.



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 17 de octubre de 2021.

Fotografía 2. Jardín microcuena, Av. Reforma, Hermosillo Sonora.



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 17 de octubre de 2021.

Fotografía 2b. Jardín microcuenca, Av. Reforma, Hermosillo Sonora.



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 17 de octubre de 2021.

Fotografía 3. Presa filtrante, Cerro Johnson, Hermosillo Sonora.



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 19 de octubre de 2021

Fotografía 4. Cerro Johnson, Hermosillo Sonora.



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 19 de octubre de 2021

Fotografía 5. Pavimento permeable, Walmart Progreso, Hermosillo Sonora.



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 19 de octubre 2021

Fotografía 6. Zona de infiltración, Walmart Progreso, Hermosillo Sonora.



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 19 de octubre de 2021

Fotografía 7. Presa filtrante, Parque La Esperanza, Hermosillo Sonora.



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 21 de octubre de 2021.

Fotografía 8. Vaso de captación/infiltración en Parque Central, Ciudad Juárez, Chihuahua.



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 27 de octubre de 2021.

Fotografía 8b. Vaso de captación/infiltración en Parque Central, Ciudad Juárez, Chihuahua.



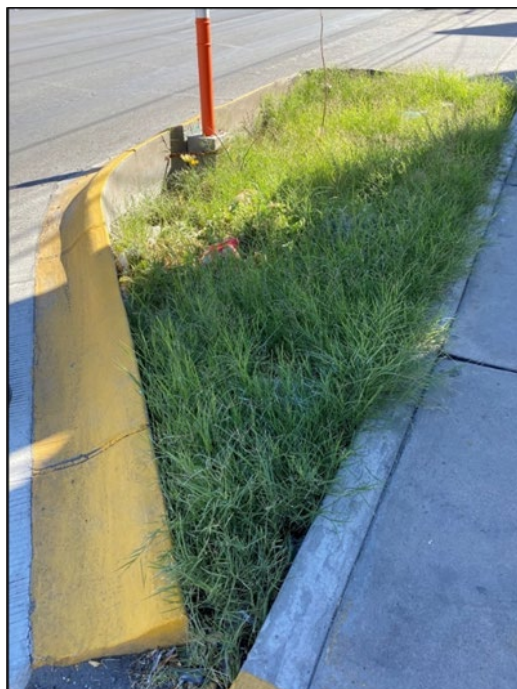
Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 27 de octubre de 2021.

Fotografía 9. Vaso de infiltración en colonia Pradera Dorada, Ciudad Juárez, Chihuahua.



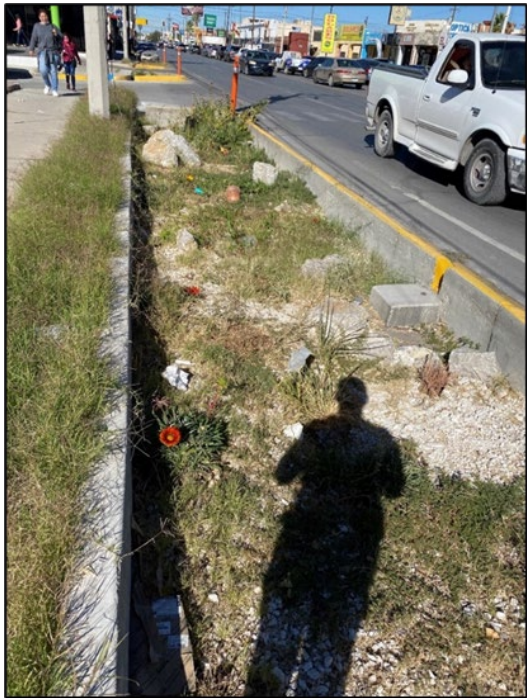
Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 29 de octubre de 2021.

Fotografía 10. Jardín de lluvia en Av. Las Américas, Ciudad Juárez, Chihuahua.



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 29 de octubre de 2021.

Fotografía 10b. Jardines de lluvia en Av. Las Américas, Ciudad Juárez, Chihuahua.



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 29 de octubre de 2021

Fotografía 10c. Jardines de lluvia en Av. Las Américas, Ciudad Juárez, Chihuahua.



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 29 de octubre de 2021

Fotografía 11. Jardines de lluvia en calle Niños Héroes, Ciudad Juárez, Chihuahua.



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 29 de octubre 2021.

Fotografía 12. Jardín de lluvia en calle Simona Barba, Ciudad Juárez, Chihuahua.



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 29 de octubre de 2021.

Fotografía 12b. Jardín de lluvia en calle Simona Barba, Ciudad Juárez, Chihuahua.



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 29 de octubre de 2021.

Fotografía 13. Jardines de lluvia en calle Texcoco, Ciudad Juárez, Chihuahua.



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 29 de octubre de 2021.

Fotografía 13b. Jardines de lluvia en calle Texcoco, Ciudad Juárez, Chihuahua.



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 29 de octubre de 2021.

Fotografía 13c. Jardines de lluvia en calle Texcoco, Ciudad Juárez, Chihuahua.



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 29 de octubre de 2021.

Fotografía 14. Parque, Fraccionamiento Villas del Sol, Ciudad Juárez, Chihuahua.



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 30 de octubre de 2021.

Fotografía 14b. Parque, Fraccionamiento Villas del Sol, Ciudad Juárez, Chihuahua.



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 30 de octubre de 2021.

Fotografía 14c. Parque, Fraccionamiento Villas del Sol, Ciudad Juárez, Chihuahua.



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 30 de octubre de 2021.

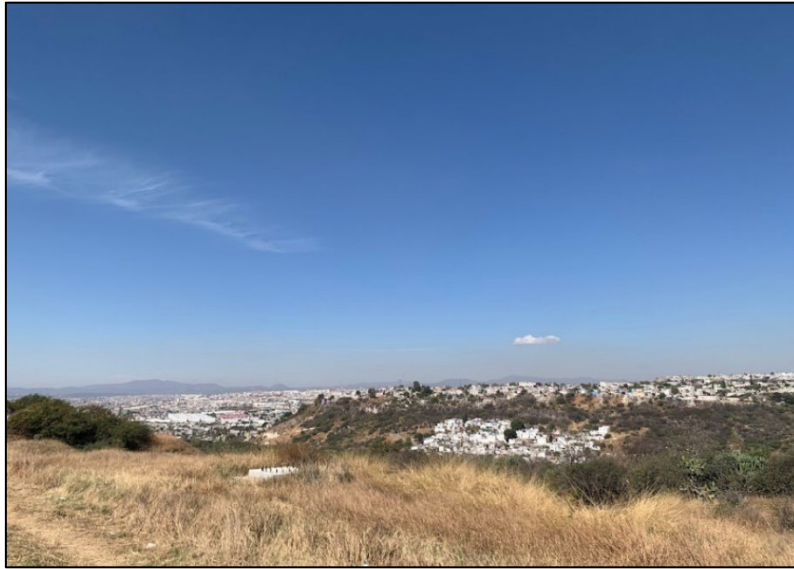
2.2. Reporte fotográfico de la microcuenca San José

Fotografía 15. Zona oeste de la microcuenca San José, Querétaro.



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 28 de enero de 2022.

Fotografía 16. Cañada en zona sur de la microcuenca San José, Querétaro.



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 28 de enero de 2022.

Fotografía 17. Área no urbanizada en zona centro de la microcuenca San José, Querétaro.



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 28 de enero de 2022.

Fotografía 18. Área urbanizada en zona noreste de la microcuenca San José, Querétaro.



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 28 de enero de 2022.

Fotografía 19. Cerro no urbanizado en zona norte de la microcuenca San José, Querétaro.



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 28 de enero de 2022.

Fotografía 20. Área potencial para SUDS sobre Av. Constitución.



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 28 de enero de 2022.

Fotografía 21. Áreas potenciales para SUDS sobre Blvd. de la Nación y Av. Pie de la Cuesta.



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 28 de enero de 2022.

Fotografía 22. Área potencial para SUDS sobre Anillo vial fray Junípero Serra (zona sureste).



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 28 de enero de 2022.

Fotografía 23. Área potencial para SUDS en colonia Real de España, San José el Alto, Qro.



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 28 de enero de 2022.

Fotografía 24. Área potencial para SUDS sobre Prol. Eurípides y calle Cedro.



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 28 de enero de 2022.

Fotografía 25. Área potencial para SUDS sobre Carretera a Chichimequillas.



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 28 de enero de 2022.

Fotografía 26. Cauce principal de la microcuenca San José en área no urbanizada zona sur.



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 9 de octubre de 2021.

Fotografía 27. Dren pluvial Cuauhtémoc (cauce principal) en área urbana zona sur.



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 9 de octubre de 2021.

Fotografía 28. Dren pluvial Peñuelas sobre calle Obreros dentro de la microcuenca San José



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 9 de octubre de 2021.

Fotografía 29. Confluencia de drenes pluviales Cuauhtémoc (izquierda) y Peñuelas (derecha).



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 9 de octubre de 2021.

Fotografía 29b. Confluencia de drenes pluviales Cuauhtémoc (izquierda) y Peñuelas (derecha).



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 9 de octubre de 2021.

Fotografía 29c. Confluencia de drenes Cuauhtémoc y Peñuelas hacia punto de desfogue.



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 9 de octubre de 2021.

Fotografía 30. Disipadores de energía sobre calle Río Culiacán, colonia Menchaca I.



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 9 de octubre de 2021.

Fotografía 31. Muros de contención de escorrentía en calle Jardineros, colonia Menchaca I.



Fuente: Luis Ricardo Sarabia Sánchez, 9 de octubre de 2021.

Anexo 3: Matrices de comparación

3.1. Matriz 1: Hermosillo, parte 1.

Cuadro 1. Matriz de comparación de opiniones de actores clave (expertos en el tema y responsables/colaboradores en la implementación de I.V) sobre su conocimiento en SUDS/I.V., así como sus lecciones aprendidas.								
No.	Variable	Hermosillo, Sonora						
		Sujeto 1	Sujeto 2	Sujeto 3	Sujeto 4	Sujeto 5	Sujeto 6	Sujeto 7
1	Significado de los SUDS	ALT_APLU+	ALT_APLU+	ALT_APLU+	ALT_APLU+	ALT_APLU+	ALT_APLU+	ALT_APLU+
2	Uso	APLU+	APLU+	APLU+	APLU+	APLU+	APLU+	APLU+
3	Implementación	PRACT	PRACT	PRACT	PRACT	S/R	CONV	CONV
4	Mantenimiento	MIX	MIX	MIX	MIX	S/R	GOB	MIX
5	Población beneficiada	BNA	BNA	BNA	NS	NS	VAR	BNA
6	Retos para mantenerlos	MTO	RH_RF	RH_RF	RH_RF MTO VP REG	RH_RF SC	SC	RH_RF SC VP
7	Retos para fortalecerlos	REG	REG SOC	CP	VP REG SOC	VP RH_RF REG	SOC VP	REG
8	Factores sociales para su implementación	CULT	PART CULT	CULT	CULT PART COH	PART	PART COH	PART
9	Factores institucionales en la implementación	VIS COORD	VIS LID COORD	LID COORD	VP REG CT	AP VIS	COORD VIS	VP CT
10	Factores técnicos en la implementación	DIS	CT	VEG_I	DIS VEG_I	DIS VEG_I EST	VEG_I CT	VEG_I DIS
11	Obstáculos para la implementación	COORD CP CULT RH_RF SC	CP REG	CT	VP CULT	AP VP CULT	CT RH_RF VEG_I	REG
12	Factores de éxito para la implementación	ED_CAP COLAB	REG ED_CAP SC	PERS	VIS LID CT	SC	VP LID	VP
13	Lecciones aprendidas	IMP_CP	IMP_CULT IMP_REG IMP_PART IMP_VIS IMP_LID	CONO	IMP_REG IMP_CULT IMP_CP	IMP_CULT IMP_SC	CONO	IMP_VP IMP_REG IMP_SC CONO IMP_VIS
14	Sector clave en la implementación	TOD	TOD_A	TOD	TOD_A	TOD	TOD	TOD

Matriz 1 (continuación): Ciudad Juárez, parte 2.

Cuadro 1b. Matriz de comparación de opiniones de actores clave (expertos en el tema y responsables/colaboradores en la implementación de I.V) sobre su conocimiento en SUDS/I.V., así como sus lecciones aprendidas.						
No.	Variable	Ciudad Juárez, Chihuahua				
		Sujeto 1	Sujeto 2	Sujeto 3	Sujeto 4	Sujeto 5
1	Significado de los SUDS	ALT_APLU+	ALT_APLU+	ALT_APLU+	ALT_APLU+	ALT_APLU+
2	Uso	APLU+	APLU+	APLU+	APLU+	APLU+
3	Implementación	CONV	CONV	PRACT	PRACT	PRACT
4	Mantenimiento	GOB	GOB	MIX	MIX	MIX
5	Población beneficiada	VAR	VAR	VAR	VAR	VAR
6	Retos para mantenerlos	RH_RF MTO SC	SC REG COOI	MTO RH_RF SC COOI	MTO COOI	MTO
7	Retos para fortalecerlos	SOC REG	CP	MTO RH_RF SC COOI	SOC	SOC
8	Factores sociales para su implementación	PART CULT	CP	PART CP	PART COH	PART
9	Factores institucionales en la implementación	COORD AP REG VP	COORD	AP COORD VIS	COORD	COORD
10	Factores técnicos en la implementación	DIS VEG_I	CT	EST CT DIS	CT DIS EST VEG_I	DIS VEG_I
11	Obstáculos para la implementación	CULT CP AP	AP COORD	COORD CT AP SC	CULT SC COORD CP	SC CULT
12	Factores de éxito para la implementación	PERS	COLAB PERS CT	VIS COLAB LID	ED_CAP SC CT	ED_CAP SC
13	Lecciones aprendidas	CONO	CONO IMP_SC	IMP_SC CONO IMP_LID IMP_COORD	CONO IMP_SC IMP_COORD	CONO IMP_PART
14	Sector clave en la implementación	TOD	TOD	TOD_A	TOD	TOD

Categorías de respuesta para la matriz 1 (parte 1 y 2)

Categoría de respuesta	Significado
ALT_APLU+	Alternativa para gestión de aguas pluviales y otros beneficios (ambientales, sociales y/o económicos)
APLU+	Para gestionar y aprovechar las aguas pluviales, además de brindar otros servicios
CONV	El convencional para cualquier obra: con un conjunto de estudios previos y proyecto ejecutivo
PRACT	Más sencillo, con pocos estudios previos (más empírico, con sentido común y observación)
GOB	Por parte de gobierno municipal u otra dependencia
MIX	Mixto: Por parte de la comunidad, gobierno y privado (si es el caso)
BNA	Buena o positiva
VAR	Variada: de algunas personas es positiva y de otras es negativa
NS	No sé
MTO	Mantenimiento y cuidado adecuado
RH_RF	Recurso Humano y/o recursos financieros
VP	Voluntad Política
SC	Socialización: concientización, participación, involucramiento de la sociedad y privados. Además de generación de conocimiento.
REG	Regulación en normas, leyes y/o planes de desarrollo
COOI	Coordinación Institucional: comunicación, coordinación y atribuciones claras entre dependencias
CP	Cambio de paradigma: pasar de las ideas convencionales aprendidas a otras alternativas y/o nuevas.
CULT	Cultura, educación y conciencia de las problemáticas en torno al agua
PART	Participación y compromiso de la sociedad.
COH	Cohesión social y redes comunitarias
COOR	Coordinación entre sectores y dependencias
VIS	Visión estratégica y planeación
CT	Capacidad técnica y conocimiento
LID	Liderazgo por parte de un actor, dependencia o ente
AP	Asuntos políticos: intereses, cooptación, etc.
VEG_I	Vegetación endémica o regional y otros insumos como acolchado
DIS	Diseño y ubicación adecuada de la intervención
EST	Estudios de características del suelo, hidrológicos, topográficos, entre otros
ED_CAP	Educación, capacitaciones, talleres y difusión de información
COLAB	Colaboraciones, vínculos y trabajos con agencias nacionales e internacionales
PERS	Perseverancia, constancia, dedicación y aprendizaje iterativo
IMP_CP	Importancia del cambio de paradigma
IMP_CULT	Importancia de la cultura, educación y conciencia de las problemáticas en torno al agua
IMP_REG	Importancia de la regulación en normas, leyes y/o planes de desarrollo
IMP_LID	Importancia del liderazgo por parte de un actor, dependencia o ente

IMPVIS	Importancia de la visión estratégica y planeación
CONO	Conocimiento en la implementación estas alternativas en todas sus etapas (planeación, ejecución y mantenimiento)
IMP_COORD	Coordinación entre sectores y dependencias
IMP_PART	Importancia de la participación y compromiso de la sociedad y partes interesadas
IMP_VP	Importación de la voluntad política
IMP_SC	Importancia de la socialización: concientización, participación, involucramiento de la sociedad y privados. Además de la generación de conocimiento.
TOD	Todos
TOD_A	Todos pero que algún actor o ente tome el liderazgo (de la sociedad, gobierno, academia o privado)
S/R	Sin respuesta

Actores entrevistados de la matriz 1 (parte 1 y 2)

No.	Sujeto (s)	Institución/Dependencia	Cargo	Lugar
1	Dr. Joaquín Murrieta	Watershed Management Group	Director de ecología cultural	Hermosillo
2	Mtra. Guadalupe Peñúñuri	IMPLAN Hermosillo	Ex directora general	
3	Sergio Muller	Caminantes del desierto	Miembro	
4	M.C. Eduardo Hinojosa	(IMPLAN) Hermosillo World Resources Institute (WRI) *	Coordinador de desarrollo sustentable. * Coordinador de agua e infraestructura verde (2020 - actualidad)	
5	Humberto Ruiz	SEMARNAT	Subdelegado de Planeación y Fomento Sectorial de la SEMARNAT en Sonora	
6	Arq. José Carrillo	IMPLAN Hermosillo	Director general	
7	Arq. Joaquín Marrufo	COCEF Agencia de Calidad Ambiental del estado de Arizona*	Ex gerente de programas ambientales *Coordinador de programas fronterizos	
8	Arq. Ana Mancinas	JMAS Juárez	Supervisora de obra en el departamento de drenaje pluvial	Ciudad Juárez
9	Dr. Óscar Ibáñez	JCAS Gobierno del estado de Chihuahua*	Ex director general *Representante de gobernación sector norte	
10	Dra. Ana Córdova	COLEF	Profesora investigadora	
11	Dr. Diego Sandoval	Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez	Profesor investigador	
12	Mónica y Octavio	Residentes de Ciudad Juárez	Colonia Valle del Sol	

3.2. Matriz 2: Social (residentes) microcuenca San José, parte 1.

Cuadro 2. Matriz de comparación de opiniones de actores clave (presidentes de comités comunitarios y colonos) de la microcuenca San José sobre factores sociales en su comunidad y acerca de los Sistemas de Drenaje Urbano Sostenibles (SUDS)									
No.	Variable	Colonia							
		Colonia 1	Colonia 2	Colonia 3	Colonia 4	Colonia 5	Colonia 6	Colonia 7	Colonia 8
1	Experiencias con inundaciones	S	S	S	S	S	S	S	N
2	Afectaciones por inundaciones	S	S	S	S	S	S	S	N
3	Autoridades con atribución en tema de inundaciones	MPIO	CEA SOP	SOP SSP	ESTA MPIO CEA SSP	MPIO	SOP	MPIO	PC
4	Compromiso y participación de la comunidad	R	R	R	M	B	R	R	B
5	Cohesión social y redes comunitarias	B	B	B	M	E	B	B	B
6	Fortalecimiento de la cohesión social y redes comunitarias	S	S_MEJ	S_MEJ	N	S	S	S	S_MEJ
7	Comunicación de los programas sobre inundaciones	NH_P	NH_P	NH_P	S_MEJ	NH_P	N	NH_P	S
8	Comunicación entre sociedad y gobierno	R	M	B	M	M	P	B	E
9	Incorporación de conocimiento y cultura local	N	C_N	E_O	N	N	C_N	E_O	E_O
10	Coordinación entre sociedad y gobierno	B	R	MB	R	M	M	B	B
11	Roles y responsabilidades claros	S_MEJ	S_MEJ	S	N	N	S_MEJ	N	S
12	Coordinación entre colonos en zona alta y zona baja	PH	N	PH	PH	S	PH	S	COM
13	Conocimiento de asociaciones/grupos en temas de agua o medioambiente	N	N	N	N	N	N	N	N
14	Sistemas de previsión o alerta temprana ante inundaciones	N	N	N	N	N	N	NS	S
15	Respuesta y recuperación ante inundaciones	S_MEJ	S_MEJ COM_B_R	GOB_B_R COM_B_R	COM_B_R S_MEJ	COM_B_R GOB_M	GOB_B_R COM_B_R	S_MEJ	GOB_B_R COM_B_R
16	Fortalecimiento de capacidad comunitaria para respuesta y recuperación ante inundaciones	N	N	N	N	N	S_MEJ	N	N
17	Conocimiento de los SUDS o sistemas homólogos	N	S	S	S_D	S_D	N	N	S
18	Alternativa para la reducción inundaciones y aprovechamiento de agua pluvial	S	S	S	S	S	S	S	S
19	Interés en participar en su implementación, cuidado y mantenimiento	S	S	S	S	S	S	S	S

Matriz 2: Social (residentes) de la microcuenca San José, parte 2

Cuadro 2b. Matriz de comparación de opiniones de actores clave (presidentes de comités comunitarios y colonos) de la microcuenca San José sobre factores sociales en su comunidad y acerca de los Sistemas de Drenaje Urbano Sostenibles (SUDS)									
No.	Variable	Colonia							
		Colonia 9	Colonia 10	Colonia 11	Colonia 12	Colonia 13	Colonia 14	Colonia 15	Colonia 16
1	Experiencias con inundaciones	S	S	S	S	S	S	S	S
2	Afectaciones por inundaciones	S	S	S	S	S	S	S	S
3	Autoridades con atribución en tema de inundaciones	CEA CEI PC MPIO SOP	PC DEL	SOP DEL CEA	CEA CONAGUA	ESTA MPIO	MPIO PC	MPIO	ESTA MPIO DEL SOP
4	Compromiso y participación de la comunidad	R	R	B	R	R	M	E	E
5	Cohesión social y redes comunitarias	R	E	E	B	B	R	E	E
6	Fortalecimiento de la cohesión social y redes comunitarias	S_MEJ	S	S_MEJ	N	S	S	S	S_MEJ
7	Comunicación de los programas sobre inundaciones	S_MEJ	NH_P	NS	NH_P	NH_P	S_MEJ	NH_P	NH_P
8	Comunicación entre sociedad y gobierno	R	B	R	M	E	E	R	M
9	Incorporación de conocimiento y cultura local	S	S	C_N	S	S	S	S	N
10	Coordinación entre sociedad y gobierno	B	MB	B	B	MB	B	B	B
11	Roles y responsabilidades claros	S_MEJ	S	S_MEJ	N	S	S	S_MEJ	N
12	Coordinación entre colonos en zona alta y zona baja	PH	S	COM	PH	PH	PH	COM	PH
13	Conocimiento de asociaciones/grupos en temas de agua o medioambiente	N	N	N	N	S	N	N	N
14	Sistemas de previsión o alerta temprana ante inundaciones	N	N	N	NS	NS	NS	N	NS
15	Respuesta y recuperación ante inundaciones	GOB_B_R COM_B_R	GOB_B_R COM_B_R	COM_B_R S_MEJ	COM_B_R GOB_M	GOB_B_R COM_B_R	GOB_B_R COM_B_R	GOB_B_R COM_B_R	COM_B_R S_MEJ
16	Fortalecimiento de capacidad comunitaria para respuesta y recuperación ante inundaciones	S_MEJ	N	N	N	N	N	N	S_MEJ
17	Conocimiento de los SUDS o sistemas homólogos	S	S_D	N	N	N	S	N	S
18	Alternativa para la reducción inundaciones y aprovechamiento de agua pluvial	S	S	S	S	S	S	S	S
19	Interés en participar en su implementación, cuidado y mantenimiento	S	S	S	S	S	S	S	S

Categorías de respuesta para la matriz 2 (parte 1 y 2)

Categoría de respuesta	Significado
S	Sí
N	No
NS	No sé
MPIO	El gobierno municipal en general
ESTA	El gobierno estatal en general
CEA	Comisión Estatal del Agua
SOP	Secretaría de Obras Públicas del Mpio.
SSP	Secretaría de Servicios Públicos Municipales
PC	Protección Civil
CEI	Comisión Estatal de Infraestructura
DEL	Delegación Epigmenio González
E	Excelente
MB	Muy buena
B	Buena
M	Mala
R	Regular
P	Pésima
S_MEJ	Se puede mejorar
NH_P	No hay programas
E_O	En ocasiones
C_N	Casi nunca
PH	Podría haberla
COM	Complicado
GOB_B_R	Buena y rápida por parte del gobierno
COM_B_R	Buena y rápida por parte de la comunidad
GOB_M	Mala por parte del gobierno
S_MEJ	Se puede mejorar
S_MEJ	Se puede mejorar
S_D	Sí, pero desconozco de qué se trata o en qué consisten

Actores entrevistados de la matriz 2 (parte 1 y 2)

Colonia	Nombre de la colonia	Sujeto	Cargo
Colonia 1	El Parque	Sujeto_S1	Pdte. Comité comunitario
Colonia 2	El Vergel	Sujeto_S2	Pdte. Comité comunitario
Colonia 3	El Sabino	Sujeto_S3	Pdte. Comité comunitario
Colonia 4	Independencia	Sujeto_S4	Pdte. Comité comunitario
Colonia 5	Jardines de San José IV sección	Sujeto_S5	Pdte. Comité comunitario
Colonia 6	Lomas de San Pedrito Sección Portales	Sujeto_S6	Pdte. Comité comunitario
Colonia 7	Lomas de Menchaca	Sujeto_S7	Pdte. Comité comunitario
Colonia 8	Los Pinos	Sujeto_S8	Pdte. Comité comunitario
Colonia 9	Menchaca II	Sujeto_S9	Colono
Colonia 10	Menchaca III	Sujeto_S10	Pdte. Comité comunitario
Colonia 11	Misión Bucareli Sur	Sujeto_S11	Pdte. Comité comunitario
Colonia 12	Monarcas II	Sujeto_S12	Pdte. Comité comunitario
Colonia 13	Rancho quemado	Sujeto_S13	Pdte. Comité comunitario
Colonia 14	San Pedrito Peñuelas I	Sujeto_S14	Pdte. Comité comunitario
Colonia 15	San Pedrito Peñuelas IV	Sujeto_S15	Pdte. Comité comunitario
Colonia 16	Villas de Santiago	Sujeto_S16	Pdte. Comité comunitario

3.3. Matriz 3: Social (representantes de asociaciones civiles).

Cuadro 3. Matriz de comparación de opiniones de representantes de organizaciones civiles sobre su organización, temas relacionados con el agua y sobre los SUDS				
No.	Variable	Asociación		
		Asociación 1	Asociación 2	Asociación 3
1	Incidencia en tema de inundaciones	S	S	S
2	Incidencia en implementación de SUDS	S	S	S
3	Colaboración de la asociación con la sociedad	B	B	NH
4	Colaboración de la asociación con el gobierno	NH	B	NH
5	Colaboración de la asociación con otras asociaciones/organizaciones	B	B	R
6	Problemáticas del agua en Querétaro	CO_CA EA GA AI REG URB_PL CP	EA INU URB_PL	INU EA URB_PL CP
7	Causas de las inundaciones en la ciudad y en la microcuenca	URB_PL	URB_PL	URB_PL
8	Conocimiento de los SUDS o sistemas homólogos	S	S	S
9	Opinión de los SUDS o sistemas homólogos	PER VIA	PER VIA	PER VIA
10	Alternativa para la reducción inundaciones y aprovechamiento de agua pluvial	S	S	S
11	Retos para su implementación	RF VP CULT CP REG	RF CP REG	REG CULT

Categorías de respuesta para la matriz 3

Categoría de respuesta	Significado
S	Sí
B	Buena
NH	No ha habido hasta el momento
R	Regular
CO_CA	Contaminación y calidad del agua
EA	Escasez de agua
GA	Gestión del agua
AI	Acceso a la información en temas de agua
REG	Regulación legal del agua
CP	Cambio de paradigma
INU	Inundaciones
URB_PL	Impactos de la urbanización/Planeación
URB_PL	Impactos de la urbanización/Planeación
PER	Pertinentes
VIA	Viable
RF	Recursos Financieros
VP	Voluntad Política
CP	Cambio de paradigma
CULT	Cultura, educación y conciencia de las problemáticas en torno al agua.

Actores entrevistados de la matriz 3.

No.	Nombre de la Asociación/Organización	Sujeto	Cargo
1	Bajo Tierra A.C.	Sujeto_A1	Coordinación de Divulgación y Comunicación Científica
2	Asociación Mexicana de Hidráulica (AMH) Sección Regional Querétaro	Sujeto_A2	Presidente
3	AMSCALL Querétaro	Sujeto_A3	Representante estatal

3.4. Matriz 4: Institucional (funcionarios)

Cuadro 4. Matriz de comparación de opiniones de actores gubernamentales sobre factores institucionales y los SUDS												
No.	Variable	Municipal				Estatal						
		CMPC	SOP	SEDESO	SSP	CEA	CEI	CEPC Suj_17	CEPC Suj_18	SDUOP Suj_19	SDUOP Suj_110	SDUOP Suj_111
1	Conocimiento de los SUDS o sistemas homólogos	S	S	S	S	S	S	S	N	N	S	S
2	Alternativa para reducir inundaciones y aprovechar el agua pluvial	AMB	S_APR V	AMB	S_APR V	AMB	AMB	AMB	AMB	AMB	AMB	AMB
3	Opinión de los SUDS	VIAB PER	PER NO_PR	VIAB PER	PER	VIAB PER	PER NO_PR	VIAB PER	VIAB PER	NO_PR	PER	VIAB PER
4	Retos para su implementación	RF	DE CULT RF CT REG	DE CP	CT	REG RF CP	RF CULT REG DE	REG	RF REG	CULT RF	DE RF CP	REG RF CP
5	Capacidad técnica para su implementación	N	N	N	NS	EP	S	S	S	N	EP	NS
6	Expectativa de monitoreo y mantenimiento de los SUDS	AD	COM	COM	NS	AD	COM	COM	AD	COM	COM	NS
7	Fomento del uso infraestructura diversa	S	EP	EP	EP	N	S	EP	EP	S	EP	N
8	Capacidad financiera para implementación	N	N	COM	NS	COM	COM	S	NS	S	COM	N
9	Regulaciones de uso de suelo	N	S_MEJ	ACT_S	ACT_S	S_MEJ	ACT_S	S_MEJ	S_MEJ	S_MEJ	S_MEJ	N
10	Seguimiento a los programas en torno a las inundaciones	S	S	S N_A	S	S	S_MEJ N_A	S	S	N	S_MEJ N_A	S N_A
11	Coordinación entre sectores	M	B	S_MEJ	B	B	B	B	B	S_MEJ	S_MEJ	S_MEJ
12	Roles, responsabilidades y atribuciones claras	N	S_MEJ	S_MEJ	S_MEJ	N	S	S_MEJ	S_MEJ	N	S_MEJ	S_MEJ
13	Coordinación entre instituciones/dependencias gubernamentales	M	B	S_MEJ	B	B	B	B	B	M	B	S_MEJ
14	Conocimiento de asociaciones/grupos en temas de agua o medioambiente	N	S	S	S	S	N	S	S	N	S	S
15	Visión estratégica en proyectos y programas	N	S_MEJ	S_MEJ	S	S	S	S	S	S	N	NS
16	Sistemas de previsión o alerta temprana ante inundaciones	N	S	NS	NS	S	S	S	S	N	NS	NS
17	Respuesta y recuperación ante inundaciones	B_R	B_R	B_R	B_R	B_R	S_MEJ	B_R	B_R	B_R	B_R	NS
18	Fortalecimiento de capacidad	N	S	S_MEJ	S_MEJ	S	S	S	S	S	N	NS

	comunitaria para respuesta y recuperación ante inundaciones											
19	Existencia de SUDS o sistemas homólogos en planes de desarrollo	S	N	EP	NS	EP	N	EP	NS	N	N	EP
20	Disposición a considerar y promover este tipo de infraestructura	DIF	PRO_O	PRO_O	PRO_O	PRO_O	PRO_O	PRO_REG	PRO_REG	PRO_O	DIF PRO_REG	DIF PRO_REG

Categorías de respuesta para la matriz 4.

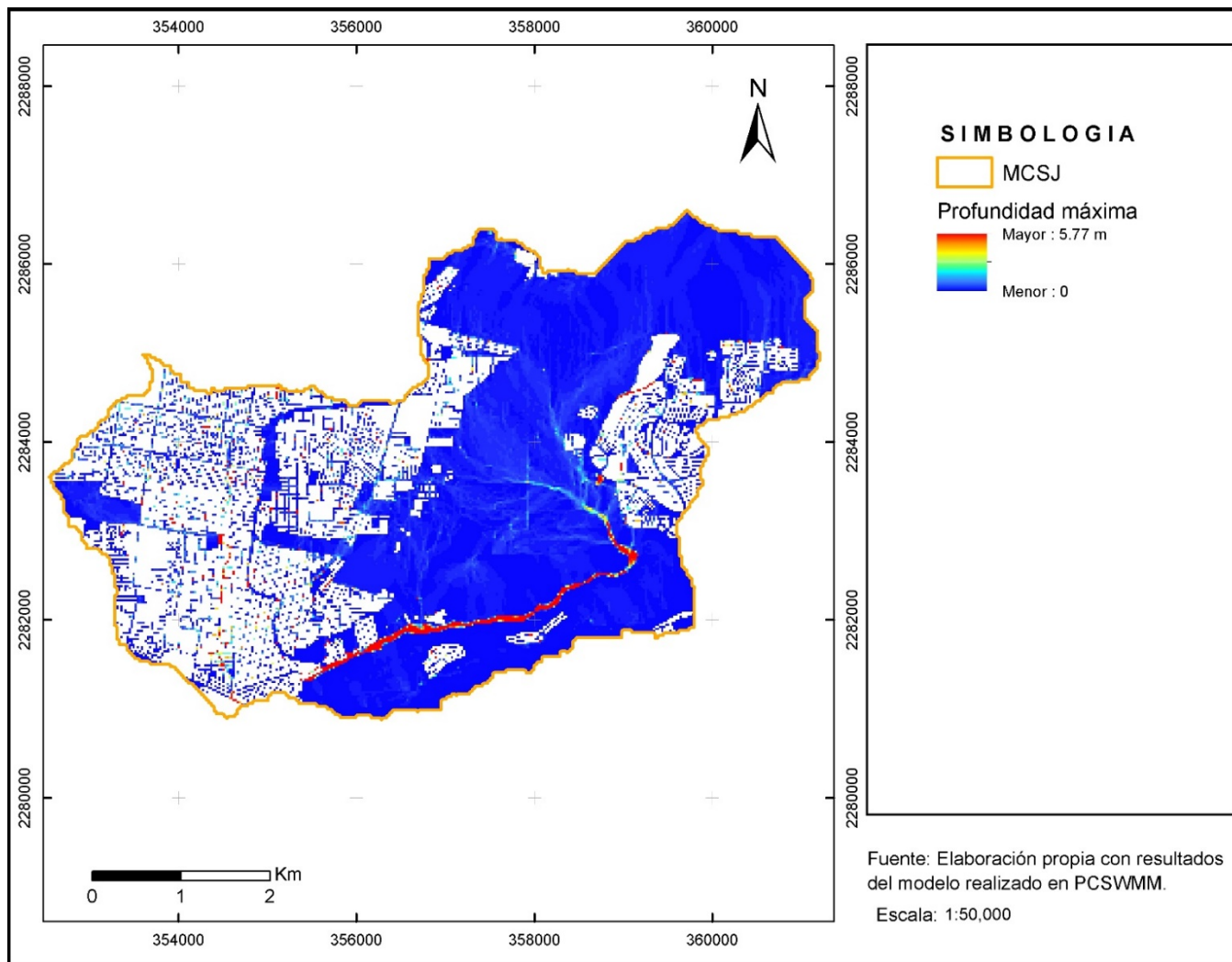
Categoría de respuesta	Significado
S	Sí
N	No
NS	No sé
AMB	Ambas
S_APRV	Sólo aprovechamiento de agua pluvial
VIAB	Viable
PER	Pertinente
NO_PR	No es prioritario
RF	Recursos financieros
CULT	Cultura, educación y conciencia de las problemáticas en torno al agua
DE	Disponibilidad de espacio
CT	Capacidad técnica
REG	Regulación en normas, leyes y/o planes de desarrollo
CP	Cambio de Paradigma
EP	En proceso
AD	Adecuado
COM	Complicado o un reto
S_MEJ	Se puede mejorar
ACT_S	Actualmente sí, pero antes no
N_A	No en esta secretaría, dependencia, etc.
B	Buena o adecuada
M	Mala o carente
S_MEJ	Se puede mejorar
B_R	Buena y rápida
DIF	Difusión
PRO_O	Propuesta de obra o proyecto
PRO_REG	Propuesta en leyes, normas, planes

Actores entrevistados de la matriz 4.

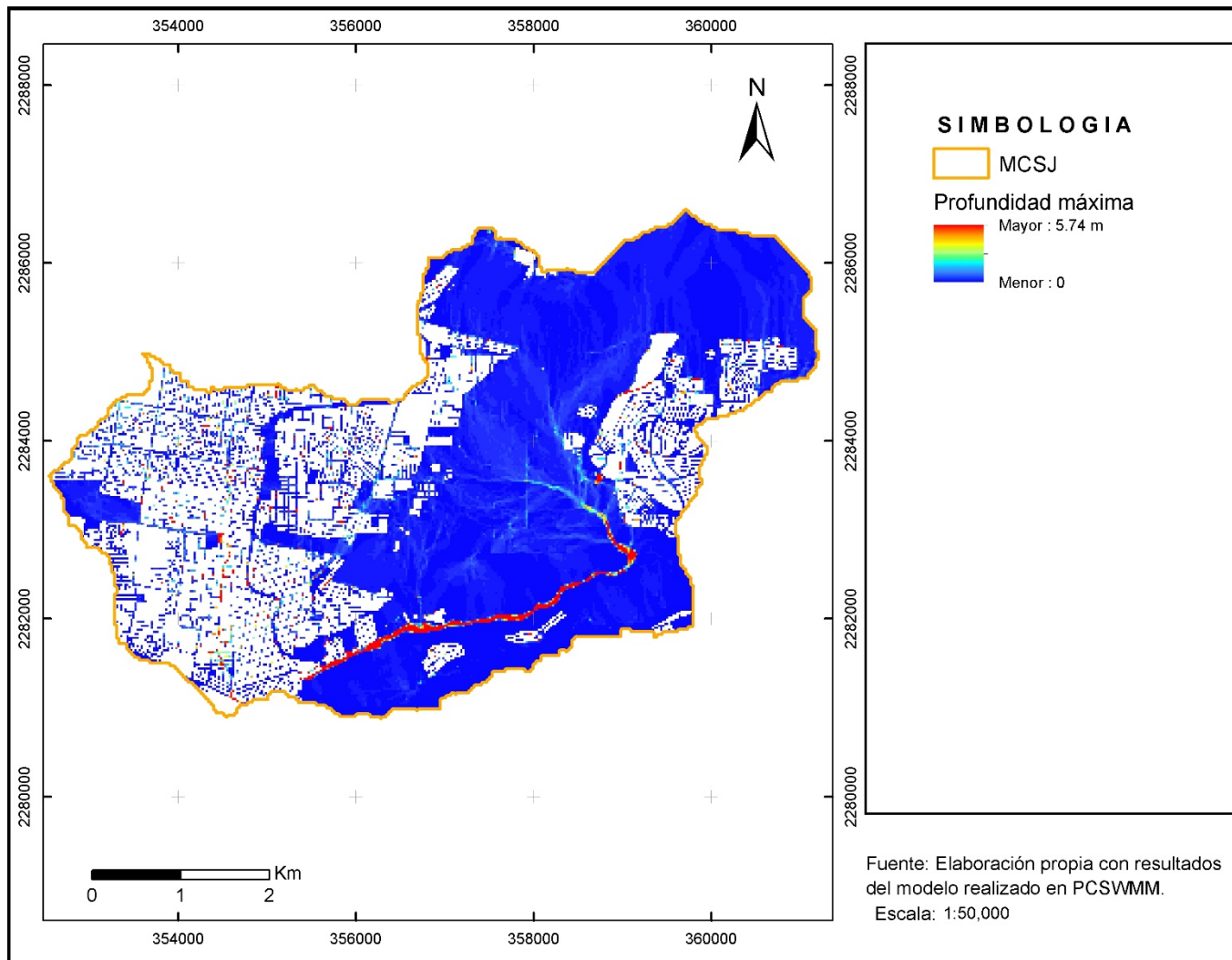
No.	Institución/dependencia	Departamento(s)/Dirección(es)	Sujeto	Cargo	Nivel
1	Coordinación Municipal de Protección Civil del municipio de QRO (CMPC)	Dirección General	Sujeto_I1	Director	Municipal
2	Secretaría de Obras Públicas del municipio de QRO (SOP)	Dirección de Proyectos de Infraestructura Hidráulica	Sujeto_I2	Jefe del departamento de proyectos de infraestructura hidráulica.	
3	Secretaría de Desarrollo Sostenible (SEDESO)	Instituto de Ecología y Cambio Climático	Sujeto_I3	Coordinador de investigación ambiental	
4	Secretaría de Servicios Públicos Municipales (SSP)	Dirección de Mantenimiento de Infraestructura y Áreas Verdes	Sujeto_I4	Director	
5	Comisión Estatal del Agua del Estado de QRO (CEA)	Dirección Divisional de Hidráulica y Construcción	Sujeto_I5	Subgerente de Planeación de Infraestructura Sanitaria y Pluvial	Estatal
6	Comisión Estatal de Infraestructura del Estado de QRO (CEI)	Dirección de Planeación y Construcción de Hidráulica y Pluvial	Sujeto_I6	Supervisor de obra especializada/encargada de trámites hidráulicos	
7	Coordinación Estatal de Protección Civil del estado de Querétaro (CEPC)	Dirección General	Sujeto_I7	Exdirector (anterior inmediato)	
		Dirección de Análisis y Gestión de Riesgos	Sujeto_I8	Director	
8	Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas (SDUOP)	Dirección de Proyectos de Infraestructura	Sujeto_I9	Director	
		Coordinación de Vigilancia Ambiental	Sujeto_I10	Inspectora	
		Dirección de Planeación y Desarrollo Urbano	Sujeto_I11	Director	

Anexo 4: Resultados del modelo hidrológico-hidráulico de la MCSJ.

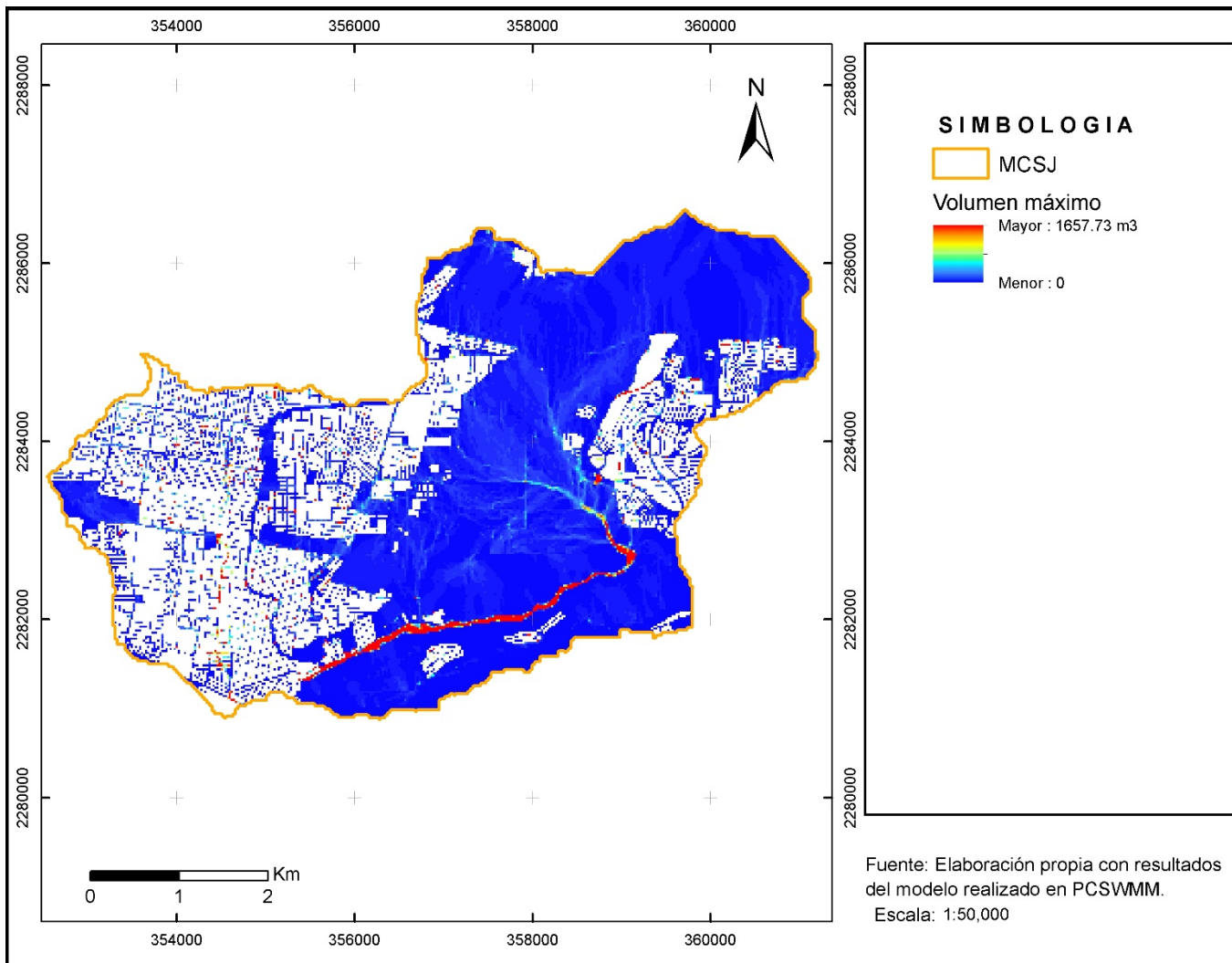
4.1. Mapa de inundación: condiciones actuales asociadas a un periodo de retorno de 2 años y una lluvia de 43.71 mm de dos horas.



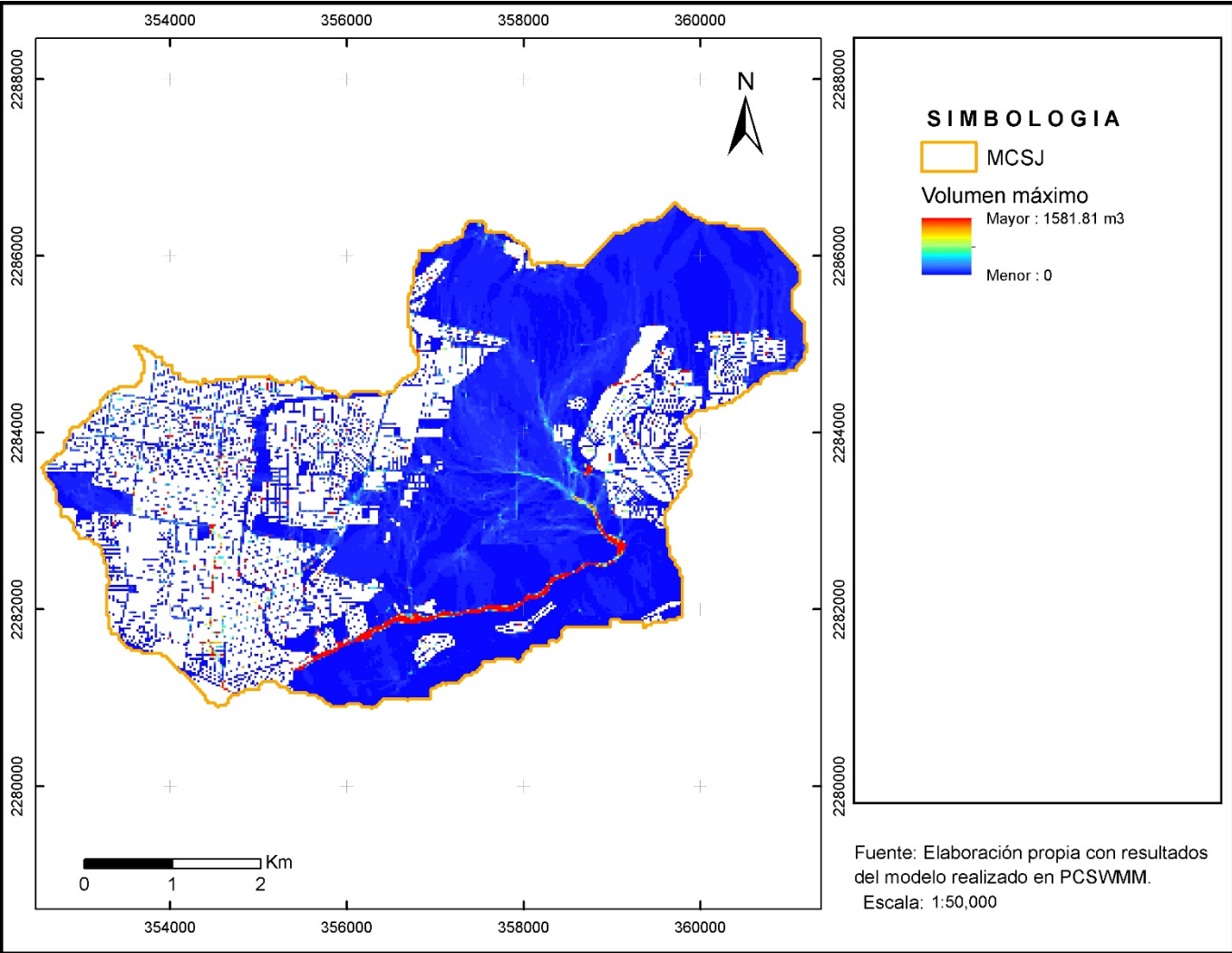
4.2. Mapa de inundación: con propuesta de SUDS asociada a un periodo de retorno de 2 años y una lluvia de 43.71 mm de dos horas.



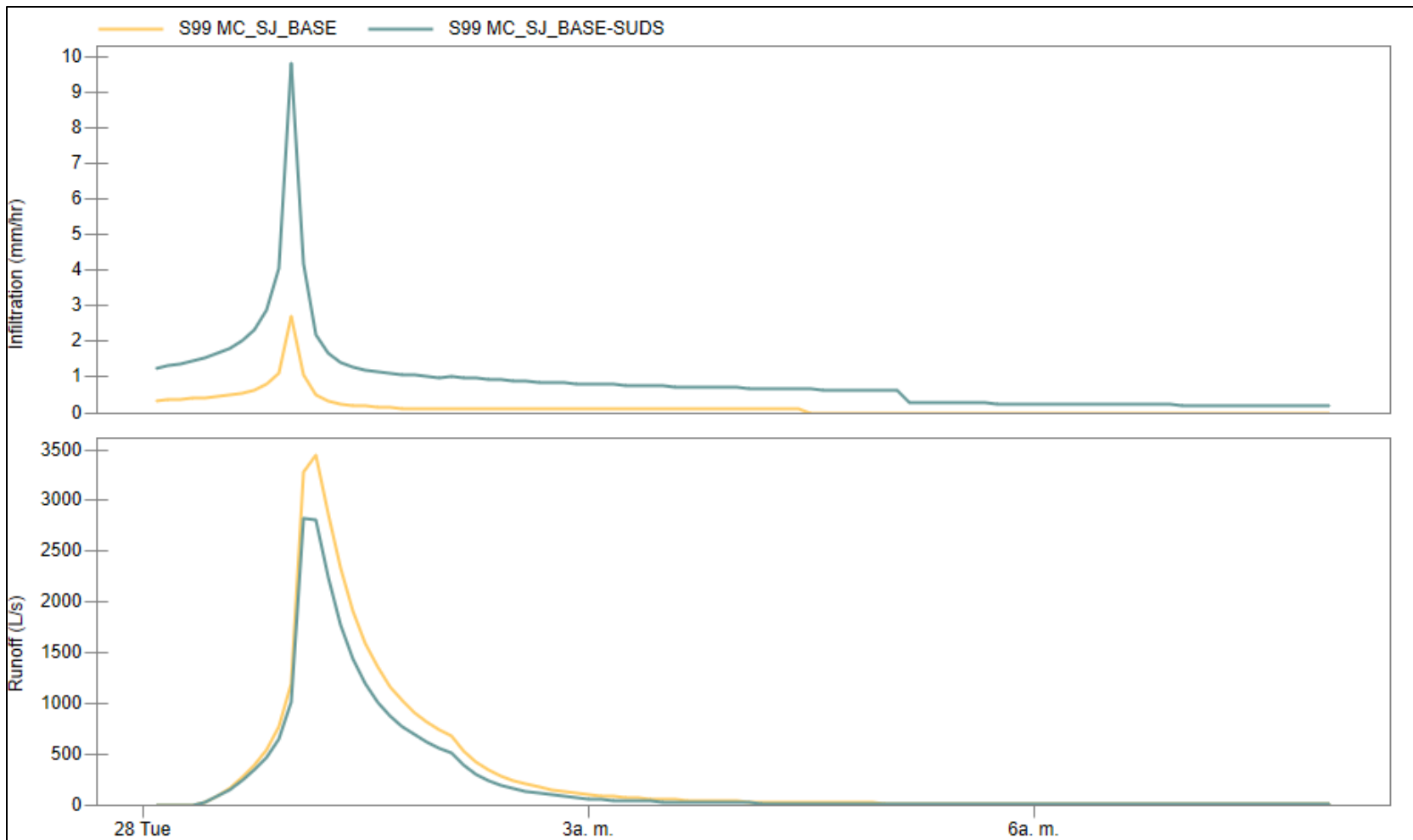
4.3. Mapa de volumen máximo: condiciones actuales asociadas a un periodo de retorno de 2 años y una lluvia de 43.71 mm de dos horas.



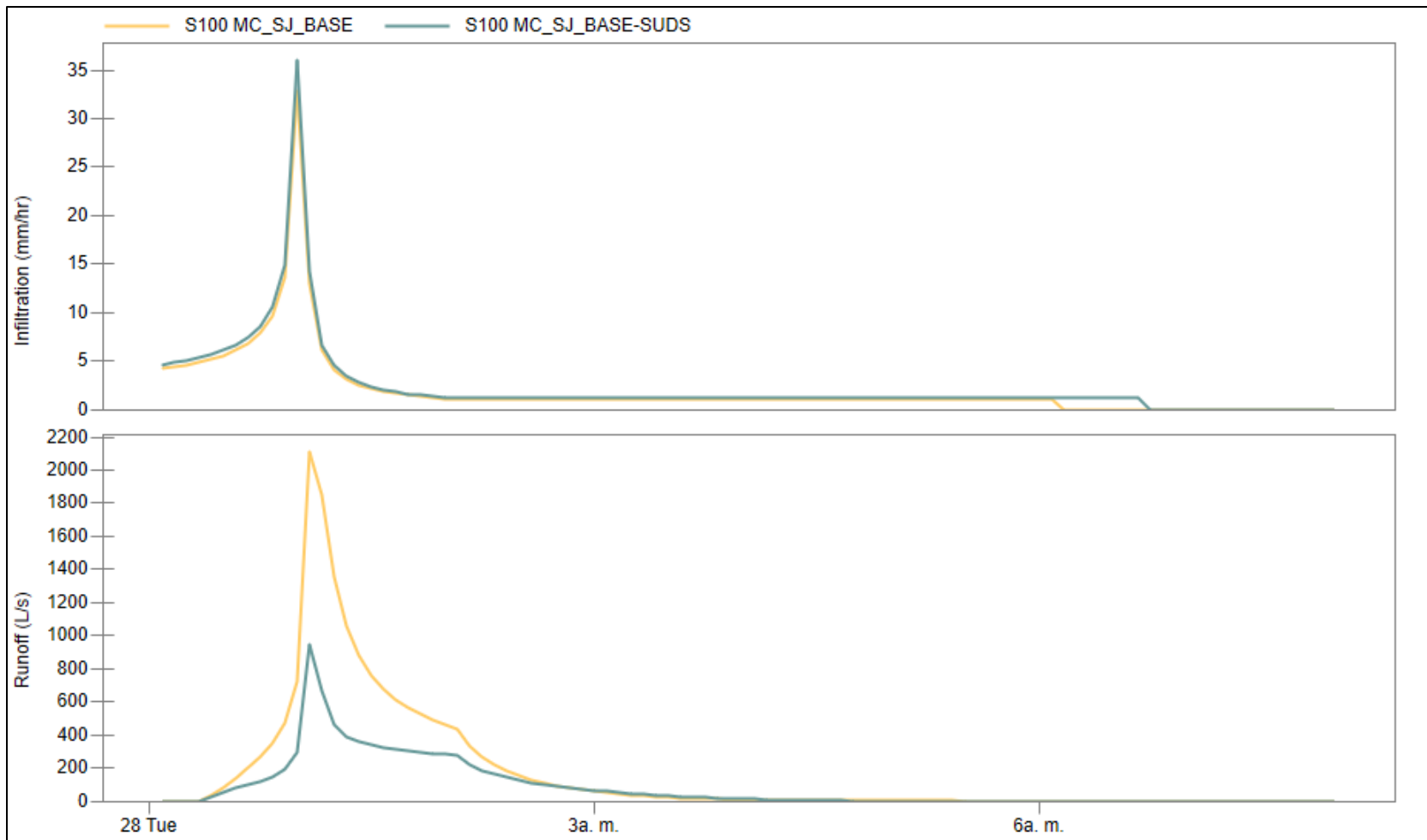
4.4. Mapa de volumen máximo: con propuesta de SUDS asociada a un periodo de retorno de 2 años y una lluvia de 43.71 mm de dos horas.



4.5. Gráficas de infiltración y escorrentía en subcuenca S99: comparación de escenarios



4.6. Gráficas de infiltración y escorrentía en subcuenca S100: comparación de escenarios



ÚLTIMA PÁGINA

El autor es Ingeniero Civil por la Universidad Autónoma de Querétaro. Ha formado parte de asociaciones civiles a nivel nacional, además, ha colaborado en diversos proyectos académicos y sociales como planes maestros pluviales y otros relacionados con la calidad del agua en zonas rezagadas. En el ámbito profesional se ha desempeñado como ingeniero de proyectos hidráulicos e hidrológicos, tales como, redes de agua potable, líneas de conducción, alcantarillado sanitario y pluvial, estudios hidrológicos, así como también en proyectos de topografía aplicados a obras pluviales como canales y bordos. Egresado de la Maestría en Gestión Integral del Agua por El Colegio de la Frontera Norte sede Monterrey.

Correo electrónico: lrsarabia96@gmail.com

© Todos los derechos reservados. Se autorizan la reproducción y difusión total y parcial por cualquier medio, indicando la fuente.

Forma de citar:

Sarabia-Sánchez, Luis R. (2022). “Resiliencia urbana y reducción de inundaciones a través de Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible (SUDS): la microcuenca San José, Querétaro”, Tesis de Maestría en Gestión Integral del Agua. El Colegio de la Frontera Norte, A.C. México.