

# Evaluación de un sistema de captación de agua de lluvia en una empresa de León, Guanajuato

## *Evaluation of a rainwater harvesting system in a company in Leon, Guanajuato*

DOI: <https://doi.org/10.32870/rvcs.v0i12.212>.

### **DANIEL TAGLE ZAMORA**

Universidad de Guanajuato, México / ORCID: 0000-0002-6203-7429  
Correo electrónico: [datagle@ugto.mx](mailto:datagle@ugto.mx)

### **ALEX CALDERA ORTEGA**

Universidad de Guanajuato, México / ORCID: 0000-0002-7609-8724  
Correo electrónico: [arcaldera@ugto.mx](mailto:arcaldera@ugto.mx)

### **JUAN ANTONIO RODRÍGUEZ GONZÁLEZ**

Universidad de Guanajuato, México / ORCID: 0000-0003-3409-1951  
Correo electrónico: [ja.rodriguezgonzalez@ugto.mx](mailto:ja.rodriguezgonzalez@ugto.mx)

Recepción: 10 de diciembre de 2021. Aceptación: 29 de marzo de 2022.

## **RESUMEN**

**Objetivo:** evaluar los resultados hídricos y económicos de un sistema de captación de agua de lluvia (SCALL) en una empresa de León, Guanajuato.

**Metodología:** consistió en un estudio comparativo del comportamiento del consumo físico del agua y el pago por el servicio de abasto realizado por la empresa en dos fechas de corte entre el año previo a la implementación del SCALL y el primer año de operación del sistema. Previamente se realizó un estudio de prefactibilidad de la inversión (costo-beneficio) para implementar el SCALL en el corporativo.

**Resultados:** el primer año de implementación del SCALL generó una reducción de 38% en el volumen de agua que la empresa consume del servicio municipal, representando un ahorro

económico en el pago del servicio de 42.3%, esto respecto al año previo a la instalación del SCALL; asimismo, el retorno de la inversión para este primer año fue de 72.7%.

**Limitaciones:** el estudio se concentró en la evaluación económica e hídrica del SCALL, describiendo de manera limitada la parte técnica del sistema.

**Originalidad:** mostrar a través de un caso empírico los beneficios de implementar un SCALL en usuarios del sector económico.

**Hallazgos:** escasez de experiencias documentadas de los SCALL en el sector privado en México. La presente propuesta se enfoca en presentar una experiencia con resultados positivos en la zona de El Bajío.

**Conclusiones:** diseminar los SCALL en usuarios industriales-comerciales-servicios de León como forma alternativa de abasto descentralizada que permita reducir la extracción de agua subterránea.



Palabras clave: captación de agua de lluvia, sector privado, ahorros hídricos y económicos y sustentabilidad.

## ABSTRACT

**Objective:** to evaluate the water and economic results of a Rainwater Harvesting System (SCALL) implemented in a service sector company in the city of Leon, Guanajuato. Environmental Promoter: PASA.

**Methodology:** the study consisted of a comparative study between the physical consumption of water and the payment for the supply service made by PASA between the year prior to the implementation of the SCALL and the first year of operation of the system. Previously, a feasibility study of the return on investment (cost-benefit) was considered to implement the SCALL within the PASA facilities.

**Results:** in the first year of implementation of the SCALL, the company obtained a 38% reduction in the volume of water consumed from the municipal drinking water service, which similarly represented an economic saving in the payment of the service of 42.3%, this with respect to the year prior to the installation of SCALL; likewise, the return on investment for this first year was 72.7%.

**Limitations:** the study focused on the evaluation of the economic and liquid results of the SCALL and described in a limited way the technical part of the system.

**Originality:** show in an empirical case the positive results of implementing SCALLs in users of the productive and commercial sector.

**Findings:** limited documented experiences of SCALL in the economic sector in Mexico were identified.

**Conclusions:** disseminate the implementation of SCALL as an alternative form of supply in industrial-commercial-service users of Leon that add to the rest of the extraction of groundwater.

**Keywords:** rainwater harvesting, private sector, water and economic benefits and sustainability.

## INTRODUCCIÓN

León, Guanajuato en el nuevo milenio está enfrentando el reto de atender un fuerte cuadro de estrés hídrico que se presenta en sus principales fuentes de abastecimiento para garantizar el abasto de líquido entre los diversos usos que conviven en la región (Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León, 2014). Específicamente, se habla de la vulnerable condición de los acuíferos del Valle de León y el Silao-Romita, los cuales de acuerdo con la Comisión Nacional de Agua (2020a, 2020b) tienen una sobreexplotación de forma anual de 51.8 millones de metros cúbicos (Mm<sup>3</sup>) para el primero y de 114 Mm<sup>3</sup> para el segundo.

El deterioro hídrico de las fuentes de abastecimiento citadas se asocia con el modelo de desarrollo adoptado en la región (Tagle y Caldera, 2021), el cual ha promovido en los últimos 30 años la lógica del crecimiento económico y el aumento poblacional, incidiendo ambos en la expansión de la mancha urbana que demanda mayores volúmenes de agua dentro de una región clasificada como semiárida (Instituto Municipal de Planeación, 2019).

Este rumbo marcado por la dinámica poblacional y económica en la región es una constante dentro de la estructura de la organización de las políticas públicas locales, las cuales mantienen inflexiblemente una configuración del territorio enfocado en el proceso intenso de industrialización orientado al mercado exterior, mismo que demanda del sostén del abasto de agua para los distintos usos económicos presentes en León (Comisión Estatal del Agua de Guanajuato, 2014, 2018).

Como parte del contexto de la organización socioeconómica en León, el Instituto Municipal de Planeación (2019: 23) informó que el Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León (SAPAL), organismo operador encargado de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento de la ciudad, se encontraba dando servicio a 1.72 millones de habitantes en el municipio en 2019, representando el 30% del total de la población en el estado de Guanajuato, a la par de abastecer a 82,022 unidades económicas establecidas en la

ciudad, lo cual contribuye dentro de la lógica e interés de la política económica del estado a que Guanajuato se coloque directamente como el quinto estado a nivel nacional en mayor aportación al producto interno bruto (PIB), y de manera análoga, que León ocupe el noveno lugar a nivel municipal en el mismo indicador, y el tercero en cantidad poblacional (DENUE-INEGI, 2021; INEGI, 2020). En la tabla 1 se destaca la evolución del consumo de los distintos usos y consumos del agua presentes dentro de la mancha urbana.

La información oficial muestra que el volumen facturado total en León entre 2010 y 2018, que concentra todos los usos abastecidos por SAPAL, ha aumentado en 19.4%, mientras que el ritmo de crecimiento por tipo de uso ha sido dispar; en el caso del uso doméstico el crecimiento ha sido apenas de 1.66%, mientras para el uso comercial fue de 51.5%, 10.5% para el uso industrial y 41% para el uso mixto, este último comparado entre 2011 y 2018. Aunque la proporción del uso doméstico respecto al uso comercial es de siete a uno, es el uso comercial el que está mostrando mayor dinamismo y crecimiento en comparación con la estabilidad mostrada por el uso doméstico, es decir, se tiene presente una tendencia al alza de la presión que están ejerciendo los usos económicos del agua abastecidos por los acuíferos en déficit arriba señalados.

Bajo este contexto de la dinámica socioeconómica en expansión para la región, es que el organismo operador (SAPAL) tuvo como estrategia desde hace casi tres décadas buscar concretar nuevas fuentes de abastecimiento, trasvases, que le permitan sostener el patrón creciente de consumo de agua por parte de todos los usuarios de la mancha urbana (la búsqueda de trasvase de agua desde la cuenca del Río Verde en Jalisco se remonta a los primeros años de la década de los noventa). No obstante, los constantes retrasos y oposiciones político-sociales en Jalisco (Casillas, 2019) afectaron a León para concretar el proyecto de la presa El Zapotillo.

Como estrategia inicial para gestionar el agua en la región, el organismo operador tendió a desarrollar un esquema tarifario de contención de la demanda de agua en el uso doméstico; dándole con ello un margen de maniobra para reasignar volúmenes de agua, con un esquema tarifario escalonado, para abastecer los usos económicos de agua en la ciudad que así lo demandaban, esto mientras se estaba a la espera de concretar el proyecto de El Zapotillo (Casillas, 2019).

En la tabla 2 se presenta el esquema tarifario por rangos escalonados que tienen que cubrir los empresarios ubicados en León por el abastecimiento exclusivo de agua potable; esto sin considerar los costos de tratamiento de sus descargas, los cuales se suman a los recibos mensuales.

TABLA 1

Evolución de los consumos de agua de los principales usos de SAPAL (2010-2018)

Año	Volumen total extraído (Mm <sup>3</sup> )	Volumen facturado total (Mm <sup>3</sup> )	Volumen facturado doméstico (Mm <sup>3</sup> )	Volumen facturado comercial (Mm <sup>3</sup> )	Volumen industrial (Mm <sup>3</sup> )	Volumen mixto (Mm <sup>3</sup> )
2010	78.5	46.8	42.1	3.8	0.8	-
2011	81.4	52	41.9	4.4	0.8	2.9
2012	80.1	51.2	40.5	4.4	0.8	3.2
2013	80.2	53.5	40.7	4.7	0.9	3.7
2014	79.7	51.4	39.8	4.9	0.8	3.6
2015	80.7	52.4	40.3	5.3	0.8	3.7
2016	82.9	54.2	41.5	5.7	0.8	3.8
2017	86.9	55.9	42.9	5.8	0.9	3.9
2018	86	55.9	42.8	5.8	0.9	4.1

Fuente: elaboración propia con información de la Comisión Estatal del Agua de Guanajuato (CEAG) (2014, 2018).

Como indica la tabla, las tarifas en cada uno de los rangos de consumo han tenido un crecimiento constante; aunque se aprecia que para los rangos de consumo inferiores a 100 y 200 m<sup>3</sup> se han presentado incrementos sensibles comparados con rangos superiores de consumo (mayores a 300, 400 y 500 m<sup>3</sup>).

**TABLA 2**

Costo del servicio de abastecimiento de agua potable para usos comerciales y de servicios en León de acuerdo con el rango de consumo (\$)

Año	0-100 m <sup>3</sup>	0-200 m <sup>3</sup>	0-300 m <sup>3</sup>	0-400 m <sup>3</sup>	0-500 m <sup>3</sup>
2010	2,754	5,936	9,365	12,420	15,475
2011	2,994	6,454	10,184	13,506	16,828
2012	3,256	7,017	11,073	14,685	18,297
2013	3,540	7,630	12,039	15,996	18,893
2014	3,849	8,820	13,090	17,360	21,630
2015	4,271	8,998	13,398	17,798	22,198
2016	4,642	9,781	14,565	19,349	24,133
2017	5,012	10,562	15,728	20,894	26,060
2018	5,439	11,462	17,068	22,674	28,280
Crecimiento de las tarifas entre 2010-2018	97%	93%	82%	82%	82%

Fuente: elaboración propia con información del IMTA (2019).

Esta información muestra hasta el momento que los mecanismos actuales con los que cuenta el organismo operador de agua de León para gestionar la escasez del recurso son reducidos, centrándose exclusivamente en implementar un esquema tarifario que gestione la demanda con altos costos de oportunidad para el derecho humano al agua en la parte doméstica, así como elevados costos económicos para las empresas comerciales e industriales instaladas en León (Tagle y Caldera, 2021). Por el lado de la oferta, el organismo se ha enfocado en proyectos de infraestructura que posibiliten ampliar la capacidad de abasto para los consumos crecientes en la ciudad (Ins-

tituto Municipal de Planeación, 2020). No obstante, para atender los retos hídricos en León y Guadalajara (Jalisco), la más reciente apuesta institucional por el proyecto conocido como la presa y el acueducto El Zapotillo, fue modificado en agosto de 2021 por el Gobierno federal, dejando fuera del proyecto a León, lo cual deja a la ciudad con un elevado estrés hídrico, que requeriría de nuevas estrategias que sumen a enfrentar el reto por el agua en la principal ciudad de El Bajío.

Frente a la incertidumbre hídrica que presenta León para sostener el abasto futuro en sus distintos usos, y ante la falta de un plan posterior a la exclusión de León del proyecto El Zapotillo, es que el objetivo del presente documento se centró en evaluar los resultados, hídricos y económicos, de una estrategia alternativa de pequeña escala como son los sistemas de captación de agua de lluvia (SCALL), de los cuales se implementó uno de estos sistemas en una empresa de servicios asentada en la ciudad de León: Promotora Ambiental (PASA) S. A. de C. V.

El estudio consistió en realizar un análisis comparativo de dos cortes de los resultados económicos e hídricos, esencialmente en ahorros, a partir de la información obtenida tras el monitoreo de un año posterior a la implementación del SCALL, y compararlos con los datos de consumo físico del agua y de pago económico del servicio durante el año anterior a la implementación del SCALL. Para ello, previamente se registró un proceso de vínculo y colaboración entre universidad, asociación civil y sector privado, quienes conjuntamente diseñaron e implementaron la práctica de la captación de agua de lluvia en PASA, la cual finalmente aceptó financiar en sus instalaciones un SCALL como parte del resultado positivo del análisis de prefactibilidad que la universidad realizó, mostrando en éste las ventajas (retorno de la inversión) que el SCALL le representaría a la empresa al sustituir agua potable proporcionada por el organismo operador municipal, por agua de lluvia para el proceso del lavado de sus unidades recolectoras (camiones) de residuos sólidos urbanos.

Finalmente, se pretende que los resultados positivos obtenidos del SCALL en el corporativo sirvan como aliciente para que lo repliquen otros usuarios del sector productivo y comercial de la ciudad, y con ello sumar de forma colectiva a disminuir la presión que actualmente se ejerce sobre las principales fuentes de abastecimiento de la ciudad.

Este tipo de estrategias se les puede integrar en un componente de la política pública estatal y municipal de la gestión del agua y medioambiental, pues la suma de varias de estas experiencias en el sector industrial se agregaría a una estrategia mayor de gestión de la demanda del recurso hídrico en el territorio.

El documento está estructurado de la siguiente manera: el apartado introductorio consistió en la formulación de la problemática en estudio y la pertinencia del SCALL como una propuesta viable para disminuir el estrés hídrico en León. En la segunda sección se describe la parte metodológica con la que se realizó la presente investigación. Detallando el estudio de prefactibilidad, la descripción breve del diseño del SCALL y la obtención de los datos de monitoreo que fueron evaluados. En la tercera sección se aborda el enfoque de la captación de agua de lluvia, realizando una breve revisión y el interés centrado en usuarios dentro del sector servicios. La cuarta sección muestra el proceso seguido para la implementación del SCALL en PASA, desde el estudio de prefactibilidad, el diseño del SCALL y el análisis comparativo del consumo físico y el pago del servicio de agua entre el periodo sin SCALL y con el sistema. En la quinta sección se aborda la discusión y conclusiones de manera conjunta.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1. DEFINICIÓN DEL ENTORNO ANALÍTICO

Coincidente con el interés de implementar acciones económicas y ambientales mediante el ahorro y eficiencia del agua por parte de los usuarios, se identificó pertinente el enfoque de la captación de agua de lluvia, el cual derivó en la forma de

sumar a la figura de cogestor del agua (Castilla, García, Mesa, Quintero y Rapp, 2009). Esto para el ámbito empresarial mediante la incorporación de la práctica de la captación de agua de lluvia para el sector comercial, industrial y de servicios en la economía del municipio de León.

En este sentido, como contexto de la colaboración para incorporar un scall en el sector servicios, en julio de 2018 la Universidad de Guanajuato tuvo contacto con pasa, a quien se le propuso la implementación de un proyecto de captación de agua de lluvia para evitar el derroche de agua potable en un uso no esencial, tal como es el lavado de las unidades de recolección, esto como parte del servicio de aseo que ofrece a la ciudad. Tras una primera valoración por parte de la gerencia, ésta solicitó un estudio de pertinencia del scall para sus instalaciones. En este sentido, el cac-179 realizó el estudio de prefactibilidad para implementar un proyecto de captación en las instalaciones correspondientes a la empresa.

### 2.2. ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD DEL SCALL EN PASA

Se realizó una evaluación para determinar la pertinencia de instalar un SCALL en las instalaciones de la empresa Promotora Ambiental S. A. de C. V. Para este punto fue necesario realizar una propuesta bajo el enfoque análisis costo-beneficio que consideró los puntos enlistados en la tabla 3, esto siguiendo la sugerencia de Gleason (2014).

**TABLA 3**

Pasos para la determinación de la pertinencia del SCALL bajo el enfoque costo-beneficio

Acciones	Especificaciones
Calcular la capacidad de captación de la empresa [estudio de las instalaciones (superficie de captación)].	Se determinó el área de captación en las instalaciones de PASA. Se obtuvo información de la precipitación pluvial proporcionada por las estaciones meteorológicas de Conagua (para el histórico) y de SAPAL (debido a su proximidad al corporativo). Se aplicó la fórmula "potencial de captación de agua de lluvia" obtenida en Gleason (2014a).

Acciones	Especificaciones
Revisión de la demanda de agua de la empresa.	Se solicitaron los recibos mensuales de agua emitidos a la empresa por parte del SAPAL (los recibos indican el volumen físico mensual consumido de agua).
Análisis costo-beneficio del SCALL.	Se solicitó la cotización de un proyecto de captación de agua de lluvia a la asociación civil del Consejo Técnico de Aguas (Cotas) del Valle de León para determinar el monto de la inversión; así como el costo de mantenimiento en el periodo de vida del proyecto. Se estimó el valor económico de la capacidad de captación de agua de lluvia (que sirvió como insumo para determinar el monto de retorno de la inversión). Con los datos arriba señalados se aplicó la tasa interna de retorno (TIR), con la que se decidió implementar el proyecto.

Fuente: elaboración propia.

### 2.3. DISEÑO DEL SCALL PARA PASA

Este paso fue de corte técnico-ingenieril, el cual no se detalla extensamente en el presente documento, dado que el objetivo se ha centrado exclusivamente en los resultados hídricos y económicos que se han derivado en un año posterior a su instalación y no en el interés de detallar la parte técnica. No obstante, se señala que el SCALL implementado estuvo a cargo de la asociación civil Cotas, quien diseñó, instaló y verificó el correcto funcionamiento del SCALL en la empresa.

### 2.4. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS HÍDRICOS Y ECONÓMICOS

Se realizó el análisis de los datos obtenidos del monitoreo del primer año de operación del SCALL (septiembre 2019-agosto-2020). La principal fuente de información provino de los datos emitidos en el recibo del servicio de agua potable y saneamiento que SAPAL hace llegar de manera mensual a PASA por el cobro total del servicio municipal. En este sentido, se decidió proceder al análisis comparativo de los datos obtenidos a través de tres vías:

a. Análisis comparativo del volumen físico consumido de agua potable registrado cada

mes del primer año de operación del SCALL respecto al mismo mes del año previo a la instalación de ese sistema (dato disponible en el recibo).

- b. Análisis comparativo del costo monetario (cobro) mensual acotado al consumo de agua potable registrado cada mes del primer año en operación del SCALL respecto al mismo mes del año previo a su instalación (dato disponible en el recibo).
- c. Análisis comparativo a partir del costo monetario total del recibo emitido por SAPAL a PASA cada mes del primer año en operación del SCALL respecto al mismo mes del año previo a su instalación. Se señala que el costo total abarca el consumo de agua potable, el servicio de saneamiento y el IVA (dato disponible en el recibo).

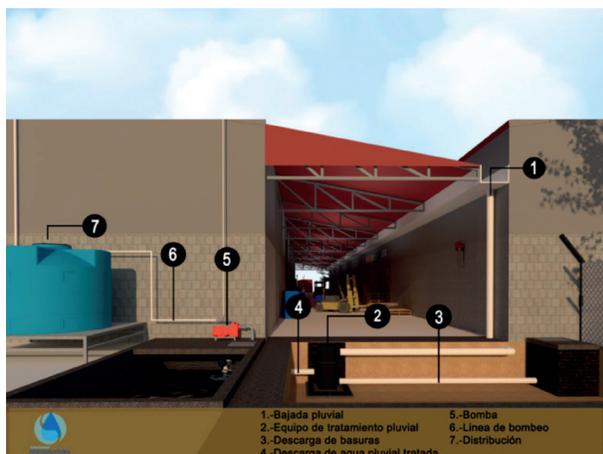
El análisis comparativo se realizó con los datos del consumo físico y el pago del servicio de agua potable entre el año anterior al SCALL (agosto 2018-julio 2019) y el primer año de implementación del sistema (agosto 2019-julio 2020).

## 3. CAPTACIONES DE AGUA DE LLUVIA: CONTRIBUCIONES ECONÓMICAS Y AMBIENTALES

La captación de agua de lluvia (CALL) es el proceso sociotécnico que consiste en capturar, almacenar y aprovechar las precipitaciones pluviales para su aplicación en múltiples usos (Ortiz, Maser y Fuentes, 2014), ya sea a nivel doméstico, agrícola, comercial o industrial. Esta práctica forma parte de la familia ecotecnológica, la cual busca resolver necesidades sociales tangibles a sus usuarios con empatía ambiental (Ortiz, Maser y Fuentes, 2014), o bien, como señalan Peniche y Chávez (2021), éstas representan un elemento central dentro de la construcción para aportar a la sustentabilidad con equilibrio económico.

**FIGURA 1**

Captación de agua de lluvia en espacios no habitacionales



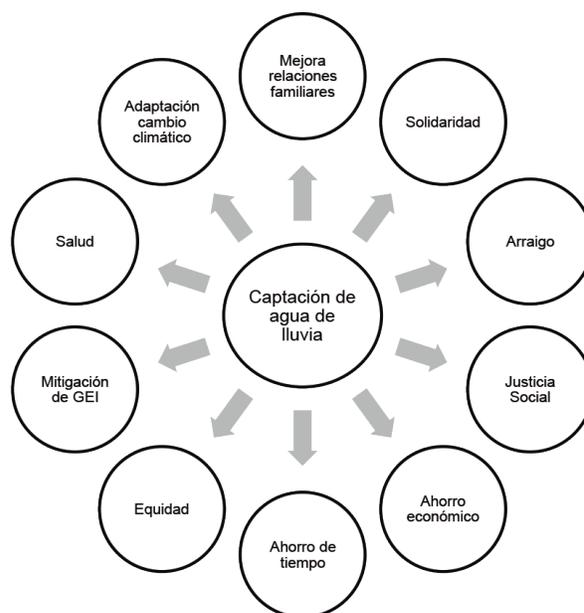
Fuente: Hidropluviales (sitio web).

Si bien la CALL ha sido milenaria en diversas culturas y sociedades, fue el proceso de modernización del abasto municipal de agua potable el principal responsable de su abandono en el último siglo; contradictoriamente, también ha sido a su vez la palanca para su retorno como forma alternativa de acceso ante la incapacidad institucional de garantizar de manera segura el acceso universal al agua potable (Gleason, 2020).

La atención que recientemente ha recibido la CALL se encuentra ampliamente vinculada con sus múltiples beneficios, tanto directos —acceso al agua potable y el ahorro económico— como indirectos —reducir la fatiga de los acuíferos por sobreexplotación; promover educación ambiental respecto al uso y manejo del agua; así como mejorar la calidad de vida entre las sociedades en riesgo hídrico (Concha, Campis, Lall y Ennenbach, 2020; Gleason, Corona y Casino, 2020; Kniffen, 2020; Ortiz et al., 2014; Ortiz, Malagón y Masera, 2015; Tagle, Azamar y Caldera, 2018; Vargas y Lomnitz, 2020).

**FIGURA 2**

Beneficios asociados con la captación de agua de lluvia



Fuente: elaboración propia.

Resulta pertinente señalar que el estudio y análisis sobre la CALL se ha dado de manera transversal, enfocándose esencialmente en la reinserción de esta práctica en las múltiples dinámicas sociales y culturales como respuesta a la ausencia institucional del abasto del agua, ya sea por escasez socialmente construida o por escasez de tipo física.

Como señalan Sosa-Martínez, Narchi, Leal-Bautista, Fraustro-Martínez y Casas-Beltrán (2020), los estudios sobre la CALL se han centrado en aspectos históricos, desarrollo de manuales técnicos e informativos, planteamientos alternativos, estudios de pertinencia y factibilidad, análisis de la calidad, así como en el reporte de los beneficios asociados.

Siguiendo esta línea de intereses por la revisión de la CALL, se suma el estudio de los aspectos conductuales que motivan a las personas a implementar esta práctica social (Herrera, Tagle y Rodríguez, 2018; Sosa-Martínez et al., 2020). En específico, las principales motivaciones son la carencia del recurso hídrico, los usos y costumbres, los discursos pro-ambientales, el ahorro econó-

mico, el ahorro de tiempo, así como la eficiencia por el recurso (Sosa-Martínez et al., 2020).

Dentro de los estudios enfocados en la CALL se ha identificado en la presente revisión que existe una preponderancia por estudiar los SCALL a escala doméstica (vivienda), dejando poco explorada y narrada la experiencia de los SCALL en usos productivos (Karim et al., 2021), aspecto que viene siendo lentamente considerado desde la economía circular (Perero, 2019), pero que debe ser ampliamente considerado en la lógica de sumar a todos aquellos actores y sus conductas que motiven el ahorro de agua para hacer frente a los retos que plantea el estrés hídrico y el escenario de cambio climático en las diferentes urbes.

#### 4. DESARROLLO

Este apartado se distribuye mediante tres secciones acorde con el proceso para la implemen-

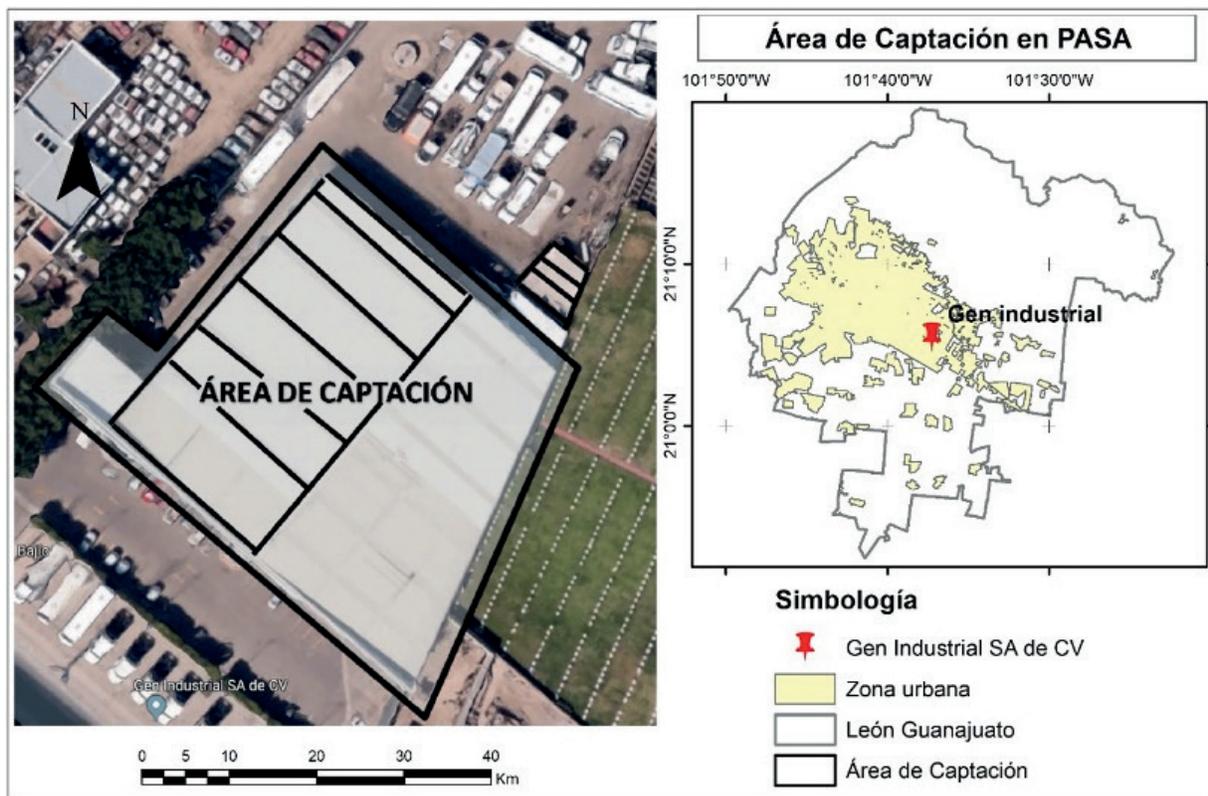
tación y funcionamiento del SCALL en PASA: el estudio de prefactibilidad; el diseño técnico del SCALL; y la obtención de los datos del consumo físico y del pago del servicio de agua potable que posibilitaron la comparación en dos cortes de tiempo, anterior y posterior al SCALL, para evaluar el sistema.

##### 4.1. ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD DEL SCALL

###### 4.1.1. CAPACIDAD DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA EN LA EMPRESA

El primer paso consistió en conocer la información sobre el nivel de precipitación anual, tomando el histórico de 1995 a 2018 para León. Los datos obtenidos correspondieron a la estación 11040 de la Red de Estaciones Climatológicas de la Conagua (2018), con la que se logró obtener dicho histórico. De acuerdo con la clasificación del nivel de precipitación de lluvia de la Organización Mundial Meteorológica (OMM), que con-

**FIGURA 3**  
Área de captación en instalaciones de PASA



Fuente: elaboración propia con Google Maps (2019).

sidera el rango 500-1,000 mm para la pertinencia de la captación (Gleason, 2014b), se obtuvo que los años 1999 (376 mm), 2000 (441 mm), 2005 (361 mm), 2011 (300 mm) y 2012 (419 mm) estaban por debajo del rango señalado, el resto de los años mostraron información de la pertinencia para considerar un SCALL.

En un segundo paso se definió el área de captación y el potencial de captación. Para la primera parte se determinó un área de 475 metros cuadrados (figura 3), que corresponde a una parte del techado de la zona de oficinas administrativas y del techo de la zona de limpieza de las unidades recolectoras de PASA construidas en 2013.

Para conocer el volumen potencial de captación del área seleccionada en el corporativo, se aprovechó la información proporcionada por la estación meteorológica Cerrito de Jerez del SAPAL (figura 7), la cual tiene datos de registro desde 2010 y es la estación más próxima a PASA (2.1 kilómetros), lo que permite tener una mejor aproximación del cálculo de la precipitación en el área donde están las instalaciones de la empresa.

Para calcular el volumen potencial de captación de agua de lluvia en las instalaciones de PASA se siguió la fórmula de potencial de captación de agua de lluvia sugerida por Gleason (2014a: 177):

Capacidad de captación = área de captación x nivel de precipitación x 0.001 x coeficiente de escorrentía.

El coeficiente de escorrentía depende de la textura y material de la superficie de captación. Siguiendo a Gleason (2014a), el coeficiente de escorrentía para el caso particular de PASA es de 0.9, al tener ésta una cubierta de lámina de hierro que corresponde al techo de sus instalaciones. De igual forma, la estimación del potencial de captación se realizó a partir de 2013, año en que fue construido el edificio donde actualmente opera el corporativo.

**TABLA 4**

Capacidad de captación de agua de lluvia en PASA

Año	Precipitación anual Estación meteorológica Cerrito de Jerez (mm)	Capacidad de captación m <sup>3</sup> /año
2013	699	298
2014	595	254
2015	706	301
2016	648	277
2017	573	244
2018	867	370
2019	673	287

Fuente: elaboración propia.

**FIGURA 4**

Estaciones meteorológicas en el municipio de León, Guanajuato



Fuente: SAPAL (2019).

#### 4.1.2. CÁLCULO DE LA DEMANDA DE AGUA

En lo que respecta a la demanda de agua por parte de la empresa (tabla 5), se solicitaron a ésta los recibos de agua emitidos por el organismo operador SAPAL para conocer el volumen físico consumido el año previo a la consideración del SCALL. En este caso los datos para la revisión de la demanda de agua de la empresa consideraron el periodo agosto 2018 a julio 2019.

TABLA 5

Compatibilidad entre demanda mensual de agua y volumen potencial de captación (agosto 2018-julio 2019)

Mes	Precipitación mensual (mm)	Capacidad de captación mensual en PASA (m <sup>3</sup> )	Registro del consumo (demanda) mensual de agua en PASA (m <sup>3</sup> /mes)
2018			
Agosto	138	58.9	304
Septiembre	284	121.4	278
Octubre	26	11.1	232
Noviembre	41	17.5	213
Diciembre	0	0	216
2019			
Enero	0	0	179
Febrero	0	0	328
Marzo	0	0	384
Abril	2	0.8	398
Mayo	33	14.1	393
Junio	119	50.8	531
Julio	163	69.6	433
Total	806	343.4	3,889

Fuente: elaboración propia.

Como muestra la tabla 5, el volumen de capacidad de captación representó el 8.8% del volumen total de los requerimientos de PASA entre agosto de 2018 y julio de 2019, es decir, la proporción porcentual del total anual de la capacidad de captación, entre la demanda anual de PASA.

#### 4.1.3. VALOR ECONÓMICO DE LA CAPACIDAD DE CAPTACIÓN

Previo a conocer el costo económico del SCALL, se estimó el monto económico de ahorro en el pago del servicio municipal de agua potable que podría derivarse de la implementación del SCALL, calculado en: \$17,903 anuales (tabla 6). Este dato se obtuvo de multiplicar la tarifa de agua con fines comerciales —establecido por SAPAL— por el volumen de la capacidad de captación mensual que se podría obtener en ésta. La información de la tarifa comercial se obtuvo del Sistema de Información de Tarifas de Agua Potable del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA, 2019), considerando las tarifas de acuerdo con los diferentes rangos de consumo.

TABLA 6

Valor económico de la capacidad de captación

Mes	Capacidad de captación mensual en PASA (m <sup>3</sup> )	Valor económico de la capacidad de captación (\$)
2018		
Agosto	58.9	3,171
Septiembre	121.4	6,171
Octubre	11.1	566
Noviembre	17.5	892
Diciembre	0	0
2019		
Enero	0	0
Febrero	0	0
Marzo	0	0
Abril	0.8	42
Mayo	14.1	740
Junio	50.8	2,667
Julio	69.6	3,654
Total	343.4	\$17,903

Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.4. DISEÑO Y COSTO DE INVERSIÓN DEL SCALL

Tras los cálculos hídricos y económicos del ahorro que podría generar el SCALL para el corporativo, se contactó a la asociación civil (AC) “Cotas del Valle de León”, la cual ha implementado más de 70 SCALL en viviendas de la zona periurbana de León. Tras el diálogo universidad-asociación civil-empresa, el Cotas diseñó y estimó el costo de inversión del proyecto (figura 5).

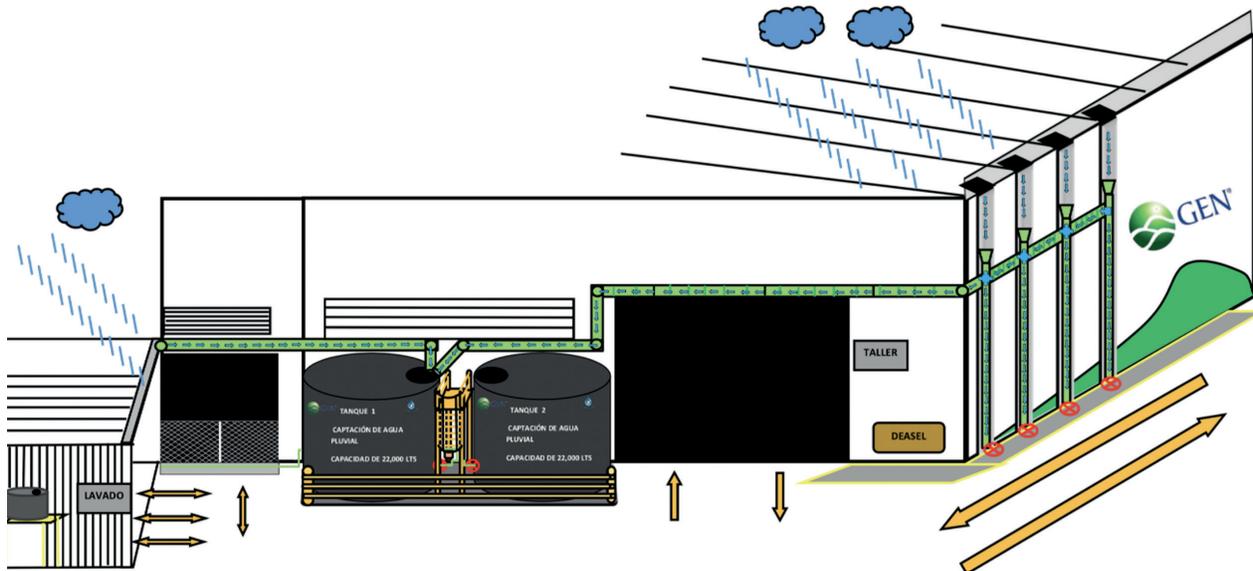
implicó un monto de inversión de \$210,000 pesos para instalar todo el sistema a precios de 2019.

#### 4.1.5. CÁLCULO DEL RETORNO DE LA INVERSIÓN DEL PROYECTO

Con el conocimiento de la inversión inicial para instalar el SCALL se procedió a calcular la tasa interna de retorno (TIR) del proyecto (Concha et al., 2020). En este caso la fórmula aplicada fue:

FIGURA 5

Diseño del Sistema de Captación de Agua de Lluvia en PASA



Fuente: elaboración propia del Cotas.

El diseño propuesto por el Cotas consideró la implementación de dos sistemas de almacenamiento para captar el agua de lluvia con capacidad de 22 mil litros de agua cada uno, para un total de 44 m<sup>3</sup>.

Cabe señalar que la decisión de la capacidad instalada obedeció prioritariamente a la cuestión de la disponibilidad de espacio del área donde fueron colocados los sistemas de almacenamiento, esto más que a la información obtenida de la capacidad de captación, la cual indicaba la posibilidad de extender la capacidad instalada.

Finalmente, la cotización calculada por el Cotas de acuerdo con el diseño de captación definido

$$TIR = 0 = -C + \frac{FNC_1}{(1 + TIR)^1} + \frac{FNC_2}{(1 + TIR)^2} + \dots + \frac{FNC_n}{(1 + TIR)^n}$$

Donde:

C: es el desembolso inicial de la inversión.

FNC: los flujos netos de caja.

TIR: la tasa interna de retorno.

n: el número de periodos de vida del proyecto.

Para el caso concreto del SCALL se ajustó la siguiente fórmula como sigue:

$$C = \$210,000$$

FNC = ahorros económicos anuales asociados con la disminución del pago en el servicio municipal de agua potable derivado de la captación. Se consideró de arranque el volumen de capa-

cidad de captación anual de 340 m<sup>3</sup> y su valor en ahorro económico de \$17,900 (tabla 6). A este valor de ahorro económico inicial se le incorporó una tasa de crecimiento de 3%, esto asociado con los ajustes anuales de las tarifas de SAPAL en sus múltiples servicios de agua potable en León, Guanajuato.

TIR: tasa interna de retorno.

n: 25 años (periodo de durabilidad del proyecto).

Pagos: se consideraron cuatro pagos asociados con el mantenimiento del SCALL cada cinco años por un monto total de 60 mil pesos.

Con la información desplegada se tuvo como resultado del análisis de prefactibilidad una TIR de 8.64% para el SCALL, con un retorno de la inversión inicial en el año 11. La TIR obtenida definió este proyecto como altamente rentable, considerando la capacidad de captación de 340 m<sup>3</sup> al año y un incremento sostenido de las tarifas comerciales de agua potable por parte del organismo operador de 3% anual.

Compartida la información con la gerencia de PASA, ésta dio el visto bueno para implementar a la brevedad el proyecto debido a las aportaciones ambientales y económicas calculadas.

#### 4.2. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA

La instalación del SCALL en PASA inició el lunes 2 de septiembre, concluyendo el viernes 15 de septiembre de 2019 (figura 9). La aplicación del agua de lluvia captada es exclusivamente destinada para el lavado de las 41 unidades que brindan diariamente el servicio de recolección de residuos sólidos urbanos (RSU) en el municipio de León (figura 10), por lo que no resulta importante la calidad del líquido captado. No obstante, el sistema cuenta con un filtro para retener sedimentos que el agua de lluvia transporta desde el techo al SCALL, la función del filtro es evitar averiar la bomba que distribuye el agua a un tinaco de menor capacidad que es usado para alimentar las dos hidrolavadoras consideradas para el lavado de los camiones recolectores de RSU.

FIGURA 9

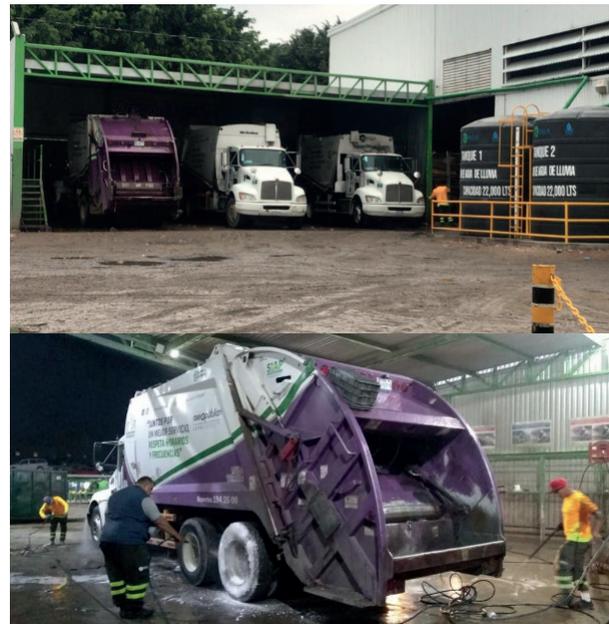
Proceso de implementación del SCALL



Fuente: elaboración propia.

FIGURA 10

Aplicación del SCALL en PASA



Fuente: elaboración propia.

Con la instalación del SCALL en septiembre de 2019 se procedió a monitorear los datos registrados en el recibo del servicio de agua potable y alcantarillado, considerando: volumen físico consumido, valor económico de los posibles ahorros hídricos obtenidos, así como el ahorro económico total (englobando saneamiento e IVA).

#### 4.3. OBTENCIÓN DE DATOS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL SCALL

##### 4.3.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL CONSUMO FÍSICO DEL AGUA CON SCALL

La tabla 7 registra los consumos mensuales de agua plasmados en el recibo del servicio de agua potable emitido a PASA. Se comparó el rango de un año, con los datos de los meses de consumo previos a la instalación del SCALL (septiembre 2018-agosto 2019) y los datos de los meses con el SCALL operando en PASA (septiembre de 2019-agosto de 2020).

El ahorro total en un año de monitoreo fue de 1,558 m<sup>3</sup> de agua, es decir, el consumo registrado en los recibos disminuyó 38%, lo cual significa un ahorro sensible de agua para la empresa. La misma tabla indica que en los meses abril-agosto fue cuando se registraron los ahorros más significativos. El mes de junio es en específico el mes de monitoreo que registró la mayor brecha a favor del ahorro de agua.

**TABLA 7**

Comparación de los consumos físicos de PASA con SCALL y sin SCALL

	Consumo de agua municipal de PASA con SCALL (m <sup>3</sup> )	Consumo de agua municipal de PASA sin SCALL (m <sup>3</sup> )	Diferencia (m <sup>3</sup> ) [(-) ahorro]
	<b>2019</b>	<b>2018</b>	
Septiembre	364	278	86
Octubre	325	232	93
Noviembre	160	213	(-) 53
Diciembre	164	216	(-) 52
	<b>2020</b>	<b>2019</b>	
Enero	229	179	50
Febrero	247	328	(-) 81
Marzo	222	384	(-) 162
Abril	247	398	(-) 151
Mayo	94	393	(-) 299
Junio	112	531	(-) 419
Julio	172	433	(-) 261
Agosto	202	511	(-) 309
Consumo físico acumulado anual	2,538 m <sup>3</sup>	4,096 m <sup>3</sup>	(-) 1,558 m <sup>3</sup>

Fuente: elaboración propia con los recibos de agua potable y saneamiento municipal.

##### 4.3.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL AHORRO ECONÓMICO CON SCALL

Considerando exclusivamente el costo económico del servicio de agua potable, se tiene que éste presenta la misma tendencia que el comportamiento del consumo físico. La tabla 8 registra el costo económico del consumo de agua potable reportado en el recibo municipal. Se aprecia que el ahorro económico considerando el uso del SCALL en el primer año de aplicación fue de \$62,591. Este dato señala que el ahorro económico en el primer año del artefacto permitió la recuperación del 29.8% de la inversión respecto a la inversión total desembolsada (\$210,000). Dicho resultado supera significativamente el periodo de retorno de la inversión calculado en 11 años, ya que tan sólo en un año se logró el retorno equivalente a 3.5 años.

**TABLA 8**

Comparación del costo monetario del consumo de agua por parte de PASA con SCALL y sin SCALL

	Cobro por el servicio de agua con SCALL sin IVA (\$)	Cobro por el servicio de agua sin SCALL sin IVA (\$)	Diferencia (\$) [(-) ahorro]
	<b>2019</b>	<b>2018</b>	
Septiembre	18,514	14,542	3,972
Octubre	16,974	12,726	4,248
Noviembre	9,460	11,975	(-) 2,515
Diciembre	9,743	12,094	(-) 2,351
	<b>2020</b>	<b>2019</b>	
Enero	13,259	10,221	3,038
Febrero	14,064	16,730	(-) 2,666
Marzo	13,442	19,052	(-) 5,610
Abril	14,158	19,667	(-) 5,509
Mayo	5,506	25,122	(-) 19,616
Junio	6,663	19,556	(-) 12,893
Julio	10,529	21,227	(-) 10,698
Agosto	12,456	24,447	(-) 11,991
Costo acumulado anual del consumo de agua potable y ahorro económico acumulado	\$144,768	\$207,359	(-) \$62,591

Fuente: elaboración propia con los recibos de agua potable y saneamiento municipal.

#### 4.3.3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL AHORRO ECONÓMICO TOTAL CON SCALL

En la tabla 9 se comparó el costo total del recibo de agua, el cual considera los servicios de abasto y saneamiento que recibe PASA del organismo operador. En este caso podemos apreciar que la diferencia de la sumatoria del costo del recibo entre el periodo septiembre 2018 a agosto 2019 respecto a septiembre 2019 a agosto 2020, fue económicamente significativo. El ahorro económico registrado en el primer año con el uso del SCALL fue de \$152,735, es decir, generó un ahorro promedio mensual de \$12,700.

**TABLA 9**

Comportamiento del costo total del recibo de agua potable y saneamiento de PASA con SCALL y sin SCALL

	Cobro total del recibo con SCALL con IVA (\$)	Cobro total del recibo sin SCALL con IVA (\$)	Diferencia (\$) [(-) ahorro]
	2019	2018	
Septiembre	25,257	19,839	5,418
Octubre	23,156	17,360	5,796
Noviembre	12,238	23,280	(-) 11,042
Diciembre	13,290	23,550	(-) 10,260
	2020	2019	
Enero	18,087	19,984	(-) 1,897
Febrero	19,187	34,300	(-) 15,113
Marzo	26,025	39,535	(-) 13,510
Abril	19,315	40,885	(-) 21,570
Mayo	8,154	26,678	(-) 18,524
Junio	9,835	53,251	(-) 43,416
Julio	15,445	28,958	(-) 13,513
Agosto	18,246	33,350	(-) 15,104
Costo acumulado anual del servicio de agua potable y alcantarillado y ahorro económico acumulado	\$208,235	\$360,970	(-) \$152,735

Fuente: elaboración propia con los recibos de agua potable y saneamiento municipal.

Considerando que el monto total que se presenta en el recibo de agua potable y saneamiento es el instrumento empleado entre empresa y organismo operador, el ahorro económico total que tuvo la empresa fue del 42.3% en su primer año,

es decir, el resultado económico ha sido marcadamente positivo dado que en el primer año de aplicación se logró el retorno de la inversión equivalente a ocho años definidos en la obtención de la TIR.

## 5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las circunstancias de presión hídrica que vive León, como son el deterioro de sus principales fuentes de abastecimiento, su reciente exclusión del proyecto de abastecimiento de la presa El Zapotillo y la falta de estrategias institucionales en el corto y mediano plazo que den certeza en el abasto futuro del agua a la urbe, pueden colocar en riesgo el desarrollo del tercer municipio más poblado a nivel nacional. En este sentido fue que se generó la presente investigación, misma que revisó los resultados que se derivaron de implementar un SCALL en una empresa del sector servicios de la ciudad; experiencia con la cual se busca expandir el uso de este sistema en un mayor número de actores económicos que participan en el sector productivo de la ciudad. De lograrse la diseminación de los SCALL en las unidades económicas de los diversos sectores y ramas de la economía local, se generarían beneficios ambientales hídricos, estableciendo una opción para enfrentar los riesgos hídricos de la región, sumando además en la prevención de conflictos socioambientales tales como el ocasionado por el proyecto El Zapotillo.

La captación es considerada en el documento como una vía para diluir la verticalidad de las decisiones monopolizadas por el organismo operador del municipio (SAPAL), y dar apertura a la participación de los actores estableciendo nuevos códigos de consumo y prácticas que sumen al buen manejo del agua en una estrategia de agregación de medidas que vayan ajustando la demanda de agua en el propio territorio. Por consiguiente, la captación se ve desde esta propuesta como una vía pertinente y necesaria para transitar del papel pasivo que han tenido los usuarios del agua, vistos exclusivamente como clientes

por el organismo operador, y encaminarse a un rol de cogestor del agua, independientemente del tipo de uso (Castilla et al., 2009).

El sector empresarial, en este caso el industrial y muy posiblemente el de servicios, pueden sumar a reducir consumos de agua que vienen directamente de las extracciones de las fuentes subterráneas de agua, sistema provisto por el organismo municipal, o bien son extracciones directas de concesiones en este tipo de usuarios. Se plantea que la política pública deba ser flexible en un cambio necesario de patrón de su modelo de gestión del agua dirigido a la oferta (construcción de infraestructura hidráulica como presas y acueductos), por otro dirigido al ajuste de la demanda, integrando incentivos para replicar este tipo de experiencias a una escala significativa y, en ese sentido, colaborar a disminuir las extracciones provenientes de los acuíferos de los que depende el suministro actual.

Los más claros beneficios de la eco-práctica implementada por el corporativo hasta el momento son el ahorro en el consumo físico del agua y los consecuentes costos económicos asociados a la prestación municipal del servicio de agua potable. Las contribuciones de la implementación del SCALL para la empresa fueron significativas en su primer año de funcionamiento, alcanzando un ahorro de 42% en el pago del servicio y una reducción del consumo en la parte física proveniente de la red de SAPAL de 39% (1,553 metros cúbicos de agua potable).

Si bien las razones de la empresa para valorar positivamente la estrategia están claramente en el plano económico, ésta también puede presentarse como una empresa socialmente responsable con el medio ambiente, comprometida con el entorno donde opera. Se trata de un primer paso, además de las que la organización asuma de otro tipo de eco-prácticas en su gestión operativa y éstas se conviertan más integralmente en un componente estructural del ethos institucional.

Este caso estudiado aquí se plantea para que la autoridad municipal y el organismo operador den espacio a la apertura de permitir la convivencia de casos de éxito y ayudar a promover la

réplica de la estrategia para otras empresas privadas, y evitar resistencias institucionales para que se generen ciertos niveles de autonomía de los actores para encontrar sus propias formas de abastecerse; asimismo, se busca con este caso que la captación sea aplicada también para los propios procesos de producción de bienes y servicios públicos que el mismo municipio genera, sumando también al ahorro del agua y a su buen manejo, como por ejemplo la captación de agua de lluvia en superficies aprovechables de la infraestructura urbana que sirva tanto para el riego de parques y jardines, limpieza de los espacios públicos, o incluso para el abastecimiento de las propias instalaciones de los edificios de gobierno en ciertas zonas donde se requiera.

La idea para el sector público municipal también es que asuma una estrategia integral de cosecha de agua de lluvia como un componente de una política pública comprometida con un ajuste de la demanda de agua en la cuenca y la sustentabilidad medioambiental del territorio. El Gobierno municipal como principal promotor de estas iniciativas, y el sector privado sumándose a ellas, debe ayudar a visualizar las eco-prácticas como una base esencial de la educación ambiental para una responsabilidad hídrica de parte de todos los actores en la región. Asimismo, el SCALL serviría para el ahorro en el pago por la prestación del agua en empresas, lo cual además de representar dicha disminución, colocaría a la empresa con posibilidades de incrementar su competitividad en un mercado global cada vez más exigente con la responsabilidad empresarial medioambiental.

Los resultados conseguidos aquí resaltan la necesidad de continuar colaborando con el sector empresarial facilitando la incorporación de prácticas ahorradoras de agua, tal como sucede a través de los SCALL, especialmente en las zonas áridas y semiáridas del país, aprovechando la capacidad de las instalaciones de los parques industriales y comerciales para captar el agua de la precipitación pluvial de cada región.

Finalmente, es claro que el escenario futuro en materia hídrica reclama de nuevas conductas para atender la parte ambiental, y la CALL pue-

de representar una estrategia hídrica que empuje hacia comportamientos de sostenibilidad que permitan sortear la complejidad hídrica, así como una herramienta importante para afrontar el cambio climático de forma local y para otras regiones en México.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Casillas, M. (2019). Regiones y desarrollo sustentable El Zapotillo: Agua, desarrollo y reconfiguraciones regionales. *Regiones y Desarrollo Sustentable*, XIX(37): 169-195. [https://www.academia.edu/41242465/Regiones\\_y\\_Desarrollo\\_Sustentable\\_El\\_Zapotillo\\_agua\\_desarrollo\\_y\\_reconfiguraciones\\_regionales](https://www.academia.edu/41242465/Regiones_y_Desarrollo_Sustentable_El_Zapotillo_agua_desarrollo_y_reconfiguraciones_regionales)
- Castilla, J., García, L., Mesa, A., Quintero, N., y Rapp, R. (2009). Agua y políticas de posdesarrollo. Saberes sometidos y gestión de la demanda. AECID.
- Comisión Nacional del Agua (Conagua). (2018). Base de datos climatológica estación 11040. <https://smn.conagua.gob.mx/tools/resources/diarios/11040.txt>
- . (2020a). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Silao-Romita (1110), estado de Guanajuato. [https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/edos\\_acuiferos\\_18/guanajuato/dr1110.pdf](https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/edos_acuiferos_18/guanajuato/dr1110.pdf)
- . (2020b). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero del Valle de León (1113), estado de Guanajuato. [https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos\\_Acuiferos\\_18/guanajuato/dr\\_1113.pdf](https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/guanajuato/dr_1113.pdf)
- Comisión Estatal del Agua de Guanajuato. (2014). Diagnóstico sectorial de agua potable y saneamiento. [https://agua.guanajuato.gob.mx/pdf/publicaciones/diagnostico\\_cea\\_2014.pdf](https://agua.guanajuato.gob.mx/pdf/publicaciones/diagnostico_cea_2014.pdf)
- . (2018). Diagnóstico sectorial de agua potable y saneamiento. <https://agua.guanajuato.gob.mx/pdf/publicaciones/diagnostico-cea-2018.pdf>
- Concha, P., Campos, J. P., Lall, U., y Ennenbach, M. (2020). A city-wide assessment of the financial benefits of rainwater harvesting in Mexico City. *Journal of American Water Resources Association*, 56(2): 247-269. <https://doi.org/10.1111/1752-1688.12823>
- Gleason, J. A. (2014a). Household model of rainwater harvesting system in Mexican urban zones. *Journal Southeast University*, 30(2): 175-180. doi: 10.3969/j.issn.1003-7985.2014.02.007
- . (2014b). *Sistemas de agua sustentables en las ciudades*. México: Trillas.
- Gleason, J. A., Corona, Y., y Casiano, C. (2020). Mexican rainwater harvesting movement in recent years. En: J. A. Gleason (Coord.), *International rainwater catchment systems experiences* (pp. 73-82). IWA Publishing. <https://doi.org/10.2166/9781789060584xix>
- Gleason, J. A., y Corona, Y. (2020). The importance of rainwater catchment systems. En: J. A. Gleason (coord.), *International rainwater catchment systems experiences* (pp. 3-11). IWA Publishing. [https://doi.org/10.2166/9781789060584\\_xix](https://doi.org/10.2166/9781789060584_xix)
- Herrera, J., Tagle, D., y Rodríguez, J. A. (2018). La adopción de ecotecnologías: Una revisión desde la economía conductual. En: D. Tagle y J. Herrera (coord.), *Análisis multidimensional en la implementación de ecotecnias. Reflexiones teórico-prácticas* (pp. 73-81). Fontamara.
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. (2019). *Sistemas de información de tarifas de agua potable*. Jiutepec, México.
- Instituto Municipal de Planeación. (2019). Diagnóstico del municipio de León, Guanajuato, 2019. Recuperado el 20 de enero de: [https://www.implan.gob.mx/downloads/Diagnostico\\_Municipal\\_de\\_Leon\\_2019.pdf](https://www.implan.gob.mx/downloads/Diagnostico_Municipal_de_Leon_2019.pdf)
- . (2020). Programa Municipal de Desarrollo Urbano y de Ordenamiento Ecológico y Territorial de León, Gto. Versión integral. <https://www.implan.gob.mx/planeacion-estrategica.php#:~:text=Ecol%C3%B3gico%20Territorial%202020-,El%20Programa%20Municipal%20de%20Desarrollo%20Urbano%20y%20Ordenamiento%20Ecol%C3%B3gico%20y,condiciones%20ambientales%20y%20los%20asentamientos>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). Resultados Censo de Población y Vivienda 2020. <https://censo2020.mx/>
- . (s/f). Mexicano de tecnología del agua. <http://187.189.183.90/#>
- Karim, R., Sakib, S., Sakib, B. M., e Imteaz, M. (2021). Rainwater harvesting potentials in commercial buildings in Dhaka: Rehabilitate and Economic Analysis. *Hydrology*, 8(9): 2-16. <https://doi.org/10.3390/hydrology8010009>

- Kniffen, B. (2020). Harvesting the potential. En: J. A. Gleason (coord.), *International rainwater catchment systems experiences* (pp. 31-40). IWA Publishing. [https://doi.org/10.2166/9781789060584\\_xix](https://doi.org/10.2166/9781789060584_xix)
- Ortiz, J., Malagón, S., y Masera, O. (2015). Ecotecnología y sustentabilidad: Una aproximación para el sur global. *Interdisciplina, Revista UNAM*, 3(5): 193-215. <http://dx.doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2015.7.52391>
- Ortiz, J., Masera, O., y Fuentes, A. (2014). La ecotecnología en México. Unidad de Ecotecnologías. Morelia: Imagia/CIECO/UNAM. <https://islaurbana.mx/wp-content/uploads/2017/06/la-ecotecnolog-a-en-m-xico-ene-2015-br.pdf>
- Peniche, S., y Chávez, P. (2021). Las ecotecnias como factor de sustentabilidad. El caso de las biopiscinas municipales en la ciudad de Guadalajara. *Revista de Investigación de Paisajes y Espacio Construido*, 1(1): 4-17. <http://www.revistahatsohnini.com.mx/articulos>
- Perero, E. (2019). Agua y economía circular. España: Conama. <http://www.fundacionconama.org/wp-content/uploads/2019/09/Agua-y-economia%cc%81a-circular.pdf>
- Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León. (2014). Presa El Zapotillo, agua para siempre. Comunicados de prensa. <https://www.sapal.gob.mx/noticia/91#:~:text=La%20Presa%20El%20Zapotillo%2C%20uno,hidr%C3%A1ulica%20de%20la%20actual%20administraci%C3%B3n>
- . (2020). Estaciones meteorológicas. León, México: Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León. <https://www.sapal.gob.mx/est-meteorologicas>
- Sosa-Martínez, A., Narchi, N., Leal-Bautista, R. M., Fraustro-Martínez, O., y Casas-Beltrán, D. (2020). Percepción y uso del agua de lluvia por usuarios en una comunidad del Caribe mexicano. *Ambiente y Sociedad*, núm. 23, pp. 1-27. <https://doi.org/10.31840/sya.vi23.2166>
- Tagle, D., Azamar, A., y Caldera, A. (2018). Cosecha de agua de lluvia como resiliencia hídrica para León, Guanajuato: Una reflexión desde la nueva cultura del agua. *Expresión Económica*, núm. 40, pp. 5-23. <https://agua.org.mx/biblioteca/cosecha-de-agua-de-lluvia-como-alternativa-para-la-resiliencia-hidrica-en-leon-guanajuato-una-reflexion-desde-la-nueva-cultura-del-agua/>
- Tagle, D., y Caldera, A. (2021). Corporativización de tipo neoliberal en la gestión del agua en México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 12(2). doi: 10.24850/j-tyca-2021-02-05
- Vargas, D. M., y Lomnitz, E. (2020). Catalyzing the widespread adoption rainwater harvesting in Mexico City. En: J. A. Gleason (coord.), *International rainwater catchment systems experiences* (pp. 107-118). IWA Publishing. [https://doi.org/10.2166/9781789060584\\_xix](https://doi.org/10.2166/9781789060584_xix)

