

Laboratorios vivientes escolares ecotecnológicos para la gestión sustentable del agua en comunidades rurales de México

*School living labs and ecotechnologies for sustainable
water management in rural communities of Mexico*

DOI: <https://doi.org/10.32870/rvcs.v0i20.339>

ARMANDO RANGEL ARCEO

Universidad de Guadalajara, México. ORCID: 0009-0003-5503-0821
Correo electrónico: <mailto:armando.rangel8281@alumnos.udg.mx>

MARIANA VILLADA CANELA

Universidad Autónoma de Baja California, México. ORCID: 0000-0003-1282-3250
Correo electrónico: mwilladac@uabc.edu.mx

JAIME FRANCISCO GÓMEZ GÓMEZ

Universidad de Guadalajara, México. ORCID: 0000-0002-8515-6738
Correo electrónico: jaime.gomez@academicos.udg.mx

Recepción: 29 de septiembre de 2025. Aceptación: 13 de abril de 2026

RESUMEN

El acceso al agua en comunidades rurales de México constituye un desafío estructural que impacta en la salud, la educación y la equidad social, por lo que este artículo presenta los resultados del Proyecto Piloto de Investigación e Incidencia en la Escuela Primaria Rural Multigrado “Cuauhtémoc”, en El Chivatillo, Cocula, Jalisco, donde se diseñó e implementó un Sistema Comunitario de Captación de Agua de Lluvia (SCCALL), bajo el enfoque de un Laboratorio Viviente orientado al agua. A través de un enfoque mixto que integró balances hídricos, eficiencia de almacenamiento y análisis de turbidez con Investigación-Acción Participativa y etnografía crítica, se evaluaron tanto el desempeño técnico como los procesos de gobernanza comunitaria. Los resultados muestran un potencial anual de captación de 91,738 litros (equivalente al 59.4% de la demanda escolar), aunque limitado por una capacidad de alma-

ABSTRACT

Access to water in rural communities in Mexico remains a structural challenge with direct implications for health, education, and social equity. This article presents the outcomes of a Pilot Research and Incidence Project at the “Cuauhtémoc” Rural Multigrade School in El Chivatillo, Cocula, Jalisco, where a Community Rainwater Harvesting System (SCCALL) was co-designed and implemented within a Water-Oriented Living Lab framework. Using a mixed-methods approach that combined hydrological assessments (water balance, storage efficiency, turbidity analysis) with participatory action research and critical ethnography, the study evaluated both technical performance and community governance processes. Results show an annual harvesting potential of 91,738 liters-covering 59.4% of school demand-but also highlight storage limitations (1,300 L) as a tech-



cenamiento de 1,300 L identificada como “cuello de botella técnico”. Más allá de lo hidráulico, el SCCALL se consolidó como un bien común gestionado colectivamente mediante la creación de un Comité Comunitario Escolar del Agua, estrategias de autofinanciamiento y su integración pedagógica en actividades escolares, por lo que la experiencia demuestra que las ecotecnologías modestas pueden transformarse en artefactos sociotécnicos que articulan tecnología, comunidad y territorio, y cuyos hallazgos posicionan a los laboratorios vivientes escolares como modelos replicables para fortalecer la resiliencia hídrica, la participación social y la gestión sustentable en contextos rurales.

Palabras clave: ecotecnología; participación comunitaria; laboratorios vivientes; gobernanza del agua; escuelas rurales.

INTRODUCCIÓN

El acceso al agua en contextos rurales de México constituye uno de los desafíos estructurales para garantizar derechos fundamentales como salud y educación. De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (2020), más de un tercio de las localidades rurales presenta dificultades en la provisión de agua entubada, situación que impacta directamente en las escuelas: condiciona la continuidad educativa, incrementa la carga doméstica para mujeres y niñas, y limita el desarrollo comunitario. Esta realidad demanda enfoques innovadores que combinen soluciones técnicas con procesos de gobernanza participativa capaces de fortalecer la resiliencia local. En este marco, las ecotecnologías orientadas a la gestión sustentable del agua, como los sistemas de captación pluvial, se consolidan como alternativas viables y replicables en entornos vulnerables (Jalife Acosta et al., 2018). Su efectividad, sin embargo, no depende únicamente del desempeño hidráulico, sino también de su apropiación comunitaria y de su inserción en dinámicas locales de organización y aprendizaje. Autores como Fals-Borda (1987) destacan la importancia de la investigación-acción participativa para construir soluciones socialmente

relevantes. Más allá de lo hidráulico, el SCCALL se consolidó como un bien común gestionado colectivamente mediante la creación de un Comité Comunitario Escolar del Agua, estrategias de autofinanciamiento y su integración pedagógica en actividades escolares, por lo que la experiencia demuestra que las ecotecnologías modestas pueden transformarse en artefactos sociotécnicos que articulan tecnología, comunidad y territorio, y cuyos hallazgos posicionan a los laboratorios vivientes escolares como modelos replicables para fortalecer la resiliencia hídrica, la participación social y la gestión sustentable en contextos rurales.

Keywords: ecotecnología; participación comunitaria; laboratorios vivientes; gobernanza del agua; escuelas rurales.

pertinentes, mientras que Corona Berkin (2020) plantea la producción horizontal del conocimiento como estrategia para transformar realidades con arraigo cultural.

El estudio de caso desarrollado en la escuela de la comunidad de El Chivatillo, se inscribe en esta lógica. Bajo el marco de los Laboratorios Vivientes orientados al agua (European Network of Living Labs, 2023), la escuela se configuró como un nodo articulador entre comunidad, territorio y conocimiento situado. La instalación y evaluación del Sistema Comunitario de Captación de Agua de Lluvia (SCCALL) permitió analizar tanto el desempeño técnico (volúmenes captados, cobertura de la demanda y calidad del agua medida en turbidez), como los procesos sociales de participación, gobernanza y la apropiación.

Este artículo aporta evidencia sobre cómo una solución técnicamente modesta puede transformarse en un artefacto con significado comunitario (Nelson & Stolterman, 2024), trascendiendo su carácter de infraestructura física para constituirse en tecnología con alma. A partir de esta experiencia, se discute la articulación de las dimensiones técnica y social en el fortalecimiento de la gobernanza hídrica, y se plantea el potencial

de los laboratorios vivientes escolares como modelos replicables de resiliencia y sustentabilidad en comunidades rurales.

MARCO TEÓRICO Y REFERENTES CONCEPTUALES

Las problemáticas asociadas al acceso y gestión sustentable del agua en contextos rurales requieren marcos analíticos que permitan comprender la interacción entre dimensiones técnicas, sociales y territoriales. En este sentido, el presente estudio se sustenta en la articulación de tres enfoques complementarios: las transiciones sociotécnicas, la gobernanza de los bienes comunes y los laboratorios vivientes como espacios de cocreación en entornos reales, los cuales, en conjunto, permiten interpretar el caso de estudio como un proceso de cambio territorial situado y no únicamente como una intervención técnica.

Desde la perspectiva de las transiciones sociotécnicas, los procesos de cambio en sistemas como el hídrico no pueden explicarse únicamente a partir de innovaciones tecnológicas aisladas, sino como configuraciones dinámicas donde interactúan distintos niveles: nichos de innovación, regímenes sociotécnicos y contextos estructurales más amplios (Geels, 2002, 2006). Tradicionalmente, estos procesos han sido analizados en entornos urbanos o industriales; sin embargo, los contextos rurales también pueden constituirse como nichos estratégicos de innovación, donde soluciones técnicamente modestas adquieren relevancia al articularse con prácticas sociales y saberes locales. En este sentido, el SC-CALL puede interpretarse como un nicho sociotécnico emergente, cuya viabilidad no depende exclusivamente de su eficiencia técnica, sino de su capacidad de anclaje en el tejido comunitario.

En este marco, la implementación de ecotecnologías para la gestión sustentable del agua, como los sistemas de captación de agua de lluvia, no puede evaluarse únicamente en términos de eficiencia hidráulica, sino en función de su capacidad para integrarse en dinámicas comu-

nitarias y generar procesos de apropiación social. Esta perspectiva permite comprender que las limitaciones técnicas, como la capacidad de almacenamiento, forman parte de sistemas más amplios donde intervienen factores organizativos, culturales y educativos, los cuales condicionan tanto su desempeño como su sustentabilidad en el tiempo.

Por su parte, la teoría de la gobernanza de los bienes comunes aporta elementos fundamentales para analizar la gestión sustentable del agua de manera colectiva en contextos comunitarios. De acuerdo con Ostrom (2000), los recursos compartidos pueden ser gestionados de manera sustentable cuando los usuarios participan en la definición de reglas, el monitoreo y la toma de decisiones. En contextos rurales, donde las capacidades institucionales suelen ser limitadas, la construcción de arreglos locales de gobernanza resulta clave para la sustentabilidad de las intervenciones, particularmente cuando estas se sostienen en procesos de participación activa y corresponsabilidad comunitaria.

En el caso de las ecotecnologías hídricas, la conformación de estructuras organizativas como el Comité Comunitario Escolar del Agua permite establecer mecanismos de corresponsabilidad, regulación y mantenimiento que trascienden la lógica de uso individual, consolidando al sistema como un bien común gestionado colectivamente y articulando a prácticas sociales concretas.

Así mismo, el enfoque de los laboratorios vivientes permite integrar estas dimensiones en un mismo marco operativo, definidos como entornos de innovación abierta en los que las soluciones se diseñan, implementan y evalúan en escenarios reales, con la participación activa de múltiples actores (European Network of Living Labs, 2023; Ståhlbröst & Holst, 2012). Este enfoque rompe con los modelos tradicionales de transferencia tecnológica, al reconocer a la comunidad como coproductora del conocimiento y de las soluciones, y al situar la experimentación en contextos reales como condición para la pertinencia de las innovaciones.

En el ámbito de la gestión sustentable del agua, los laboratorios vivientes posibilitan la convergencia entre tecnología, gobernanza y aprendizaje, generando procesos de co-creación que fortalecen la pertinencia y sustentabilidad de las intervenciones. En este sentido, la escuela rural multigrado puede entenderse como un nodo estratégico donde se articulan prácticas educativas, organización comunitaria y experimentación tecnológica, operando simultáneamente como espacio de aprendizaje, laboratorio sociotécnico y plataforma de gobernanza local.

A partir de la articulación de estos enfoques, el presente estudio plantea como contribución teórica que la sustentabilidad de las transiciones sociotécnicas en contextos rurales no depende exclusivamente del desempeño técnico de las soluciones ni de la existencia de estructuras de gobernanza, sino de la integración de la dimensión pedagógica como motor que sostiene los aprendizajes situados y permite su reproducción en el tiempo.

En el caso analizado, la escuela no solo funciona como espacio de implementación tecnológica, sino como un entorno de producción de conocimiento situado, donde estudiantes, docentes y comunidad participan activamente en procesos de aprendizaje, apropiación y reproducción de prácticas relacionadas con la gestión sustentable del agua. Esta condición transforma la ecotecnología en un artefacto sociotécnico-pedagógico, capaz de sostenerse en el tiempo a partir de su internalización en la cultura comunitaria y de su transferencia hacia el ámbito doméstico y comunitario.

De esta manera, los laboratorios vivientes escolares en contextos rurales se configuran como nichos de innovación donde la educación opera como eje articulador de la sustentabilidad, ampliando los enfoques tradicionales de las transiciones sociotécnicas y de la gobernanza de los bienes comunes, al incorporar la dimensión pedagógica como elemento central en la consolidación de procesos de cambio territorial y en la construcción de resiliencia hídrica local.

METODOLOGÍA

ENFOQUE GENERAL

La investigación se estructuró bajo un diseño mixto (Creswell & Plano Clark, 2018), combinando herramientas cuantitativas y cualitativas para analizar la interdependencia entre lo técnico y lo social en las transiciones sociotécnicas (Geels, 2002). Se adoptó la Investigación-Acción Participativa (Fals-Borda, 1987), reconociendo a los actores comunitarios como coinvestigadores (Corona Berkin, 2020), e integró la etnografía crítica (Guber, 2011) para interpretar prácticas y significados locales.

LABORATORIO VIVIENTE

El proyecto se enmarca en la lógica de los laboratorios vivientes orientados al agua (European Network of Living Labs, 2023), entendidos como entornos colaborativos donde se diseñan, prueban y evalúan soluciones en escenarios reales. En este caso, la escuela operó simultáneamente como espacio de experimentación tecnológica, aula pedagógica y plataforma de gobernanza, lo que permitió diseñar, implementar y evaluar el Sistema Comunitario de Captación de Agua de Lluvia (SCCALL) con participación activa de estudiantes, docentes y familias.

ÁREA Y POBLACIÓN DE ESTUDIO

El estudio de caso se realizó en la escuela, ubicada en El Chivatillo, que atiende a 20 estudiantes con dos docentes, en una comunidad de 291 habitantes (Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2020). La escuela constituye el nodo de articulación entre aprendizajes educativos y vida comunitaria, y fue el punto de partida para la implementación de la ecotecnología.

La carencia crónica de agua en la escuela y en la comunidad funcionó como detonante para la movilización comunitaria y la búsqueda de soluciones innovadoras, condición ampliamente documentada en comunidades rurales de México (Comisión Nacional del Agua, 2020; Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2024). Bajo este contexto, actores escolares y comunitarios

co-diseñaron estrategias de mitigación que convergieron para la implementación de un Sistema Comunitario de Captación de Agua de Lluvia (SCCALL), concebido como la ecotecnología central del proceso (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua et al., 2022). Su carácter participativo y autofinanciado fortaleció la apropiación comunitaria, en concordancia con la lógica de la Investigación-Acción Participativa (Fals-Borda, 1987) y la producción horizontal del conocimiento (Corona Berkin, 2020), constituyendo la base metodológica y práctica del proyecto piloto de investigación e incidencia.

Figura 1.

Ubicación de la Escuela Primaria “Cuauhtémoc” en El Chivatillo, Cocula, Jalisco (20.296368° N, 103.789248° O). La delimitación en color muestra el área de influencia del plantel en la gestión sustentable del agua de manera comunitaria



Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth (2025).

DIMENSIONES DE ANÁLISIS

Se definieron dos dimensiones principales:

- Técnica, con indicadores de volumen captado, continuidad del servicio, utilización del almacenamiento y calidad del agua (turbidez, en concordancia con la NOM-127-SSA1-2021).

- Institucional-comunitaria, con indicadores de participación en el Comité Escolar del Agua, acuerdos registrados en actas, mecanismos de autofinanciamiento y actividades pedagógicas relacionadas con el uso y cuidado del recurso.

Tabla 1

Ficha técnica de la escuela primaria rural multigrado “Cuauhtémoc”

Dimensión	Indicadores	Fuente de datos
Técnica	Volumen captado anual y mensual, Continuidad del servicio (días de autonomía), Utilización del almacenamiento- Calidad del agua (turbidez, comparación con NOM-127)	Balances hídricos, mediciones técnicas, bitácoras de operación, registros escolares
Institucional-comunitaria	Participación comunitaria total (% de hogares), Reuniones del CCEA y asistencia media, Cumplimiento de acuerdos comunitarios- Autogestión financiera (ingresos/egresos del SCCALL), Acciones pedagógicas vinculadas al agua	Minutas etnográficas, actas del CCEA, listas de asistencia, registros de rifas/colectas, programación escolar

Fuente: Elaboración propia.

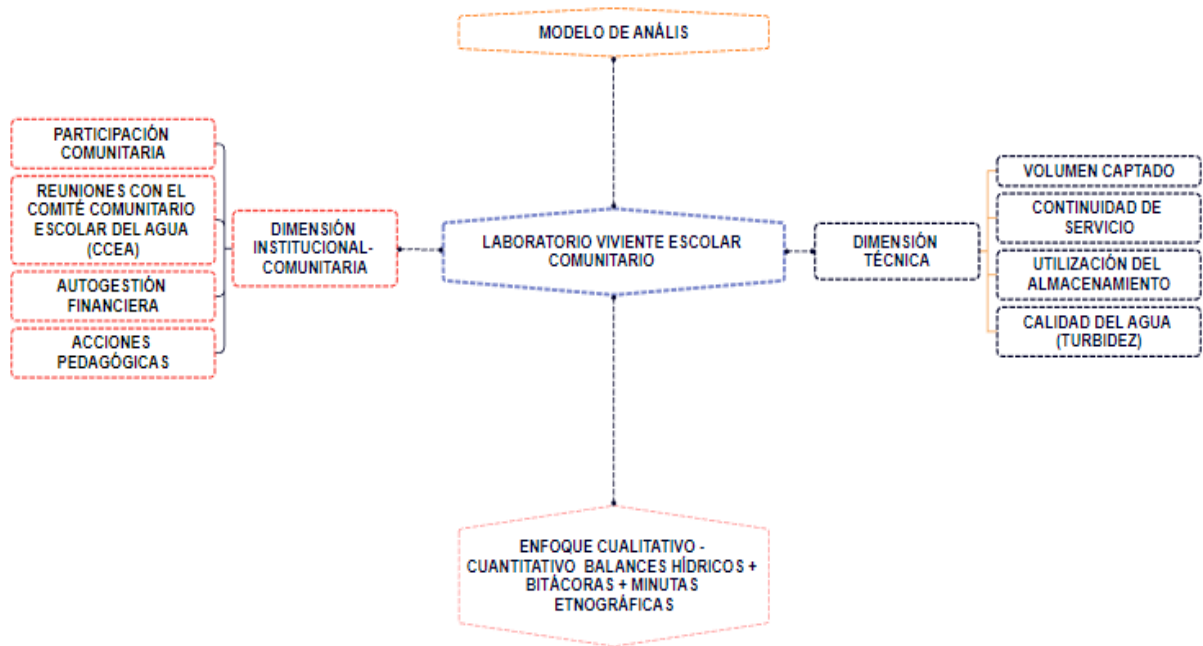
FUENTES DE INFORMACIÓN Y PROCEDIMIENTOS

En lo técnico, se emplearon balances hídricos, estimaciones de volúmenes de captación (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua et al., 2022) y mediciones de turbidez con equipo portátil. En lo social, se sistematizaron bitácoras de campo, minutas etnográficas y registros comunitarios generados durante la instalación y uso del sistema. Se elaboraron representaciones gráficas y tabulares que facilitaron la discusión colectiva con la comunidad escolar, en congruencia con el carácter participativo del proyecto.

SÍNTESIS DEL MODELO

El modelo de análisis integró observación directa, medición técnica y sistematización etnográfica, con el fin de comprender los procesos socio-técnicos en su complejidad. De esta manera, el SCCALL se evaluó no sólo como infraestructura hidráulica, sino como un dispositivo comunitario enraizado en la escuela, capaz de articular tecnología, gobernanza y pedagogía.

Figura 2
Modelo de análisis del Laboratorio Viviente Escolar-Comunitario (SCCALL)



Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS

RETOS HÍDRICOS EN ESCUELAS RURALES

En el contexto de las comunidades rurales de México, el acceso al agua constituye un problema estructural con repercusiones directas en la salud, la educación y la equidad social. Datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2024) indican que solo el 60.5% de las localidades rurales cuenta con agua entubada, lo que limita de manera significativa el funcionamiento de los planteles escolares y refuerza la necesidad de soluciones adaptadas al territorio.

DESEMPEÑO TÉCNICO DEL SCCALL

El Sistema Comunitario de Captación de Agua de Lluvia (SCCALL) instalado en la escuela presentó un potencial anual de captación de 91,738 litros, equivalente al 59.4% de la demanda escolar (54,482 litros). Sin embargo, la capacidad de almacenamiento disponible (1,300 L) se identificó como un “cuello de botella técnico”, ya que el

volumen de captación impidió aprovechar los excedentes en temporada de lluvias y provocó déficits durante el estiaje.

Los balances hídricos mensuales muestran que entre junio y septiembre se generan excedentes que superan los 20,000 litros por mes, mientras que en los meses de estiaje (enero-mayo y noviembre-diciembre) se registran déficits que reducen la autonomía hídrica del plantel. En asambleas participativas, el Comité Escolar del Agua discutió dos escenarios de mejora: incrementar la capacidad de captación y almacenaje a 5,000 litros. En términos de calidad, la turbidez del agua captada osciló entre 0.45 y 2.53 NTU, valores dentro de la NOM-127-SSA1-2021 para usos no potables. En comparación, los arroyos locales presentaron niveles mucho más elevados (18–22 NTU en El Peñón y 159–190 NTU en Las Goteiras), lo que refuerza la pertinencia del sistema como fuente segura para usos escolares.

PROCESOS COMUNITARIOS Y DE GOBERNANZA

Más allá de su desempeño hidráulico, el SCCALL se consolidó como un bien común gestionado colectivamente. La comunidad conformó el Comité Comunitario Escolar del Agua (CCEA), que asumió responsabilidades de operación, mantenimiento y regulación mediante reglas locales validadas en asamblea. Se documentaron 10 jornadas comunitarias de trabajo, 5 asambleas formales, y la recaudación de aproximadamente \$9,500 MXN a través de rifas y ventas solidarias para financiar materiales y mantenimiento.

El sistema también se integró como recurso pedagógico en clases de ciencias naturales, matemáticas y civismo, además de talleres extracurriculares que involucraron a estudiantes en prácticas de monitoreo (p. ej., mediciones de turbidez). Niñas y niños se convirtieron en agentes multiplicadores de conciencia hídrica, explicando el funcionamiento del SCCALL a sus pares y familiares, lo que fortaleció el aprendizaje intergeneracional.

SÍNTESIS

La experiencia evidenció que, si bien el SCCALL no cubre la totalidad de la demanda hídrica escolar, su valor estratégico radica en la articulación entre desempeño técnico, organizativo comunitario y procesos pedagógicos. Esta integración permitió que la ecotecnología se incorporara de manera efectiva en la dinámica escolar y comunitaria, consolidando a la escuela como un espacio de gestión hídrica situada en un contexto de escasez estructural.

El volumen captado y la cobertura de demanda permiten valorar la eficiencia técnica del SCCALL. Con 136,52 m² de captación, 830 mm de precipitación media anual y un Kc de 0.90 (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua et al., 2022), se estima un potencial anual de 91,738 litros, equivalente a un promedio mensual de 7,645 litros, condicionados por la estacionalidad de las lluvias (véase Tabla 2).

La demanda proyectada para cubrir los usos prioritarios escolares, uso en sanitarios y lim-

pieza de aulas, considerados servicios básicos, asciende a 54,482 litros anuales, lo que representa una media de 4,540 litros mensuales. Bajo estas condiciones, el SCCALL ofrece una cobertura potencial del 59.4% de la demanda anual, porcentaje significativo en un contexto caracterizado por la discontinuidad del servicio hídrico.

No obstante, los balances mensuales muestran que, durante la temporada de lluvias, el sistema genera excedentes que no pueden aprovecharse debido a la limitada capacidad de almacenamiento instalada (1,300 L: 1,100 L de tanque principal + 200 L del dispositivo de primeras lluvias DPLL) (véase Figura 3). Esta limitación responde a que el SCCALL fue autofinanciado por la comunidad, lo que restringe la posibilidad de instalar un sistema de mayor volumen. En contraparte, durante los meses de estiaje se evidencian déficits estructurales que obligan a complementar con otras fuentes de abastecimiento (véase Figura 4).

Figura 3

Capacidad de almacenamiento instalada del SCCALL (1,300 L en total: 1,100 L del tanque principal y 200 L del dispositivo de primeras lluvias)



Fuente: Imagen compartida por el CCEA (2025).

En contraparte, durante los meses de estiaje se evidencian déficits estructurales que obligan

Tabla 2
Balance hídrico mensual del SCCALL en la Escuela Primaria Rural
Multigrado “Cuauhtémoc”, El Chivatillo, Cocula, Jalisco (2025)

DEMANDA													
NDD		23 personas											
Demanda per cápita		12 lt/hab/día		Notas:									
CAPTACIÓN				Actual									
Área de Captación		136.52		Precipitación media acumulada (litros)					830				
Coeficiente de escurrimiento		0.9		Potencial de Captación Acumulada (litros)					91,738				
Coeficiente de seguridad		0.9		Demanda Media Acumulada (litros)					54,482				
Almacenamiento				Excedencias Mensuales Acumuladas (litros)					59,834				
Máxima capacidad (=g+20%)		1,560 litros		Demanda Cubierta Acumulada (litros & (%))					54,482				
Capacidad de Diseño		1,300 litros							100%				
Mes	Precipitación Media Mensual	Precipitación Media Acumulada	Volumen de captación media mensual	Potencial de Captación Acumulado	Demanda Media Mensual	Demanda Media Acumulada	Almacenamiento al inicio del Periodo	Balance Mensual	Excedencias Mensuales	Excedencias Mensuales Acumuladas	Almacenamiento al final del Periodo	Demanda Cubierta	Demanda Acumulada
	mm	mm	(B*c*d*e)	litros	(a*b*#días)	litros	(= L)	(D+H-F)	(I-g)	litros	(g or min I)	(= F)	litros
Enero	12	12	1,305	1,305	4,637	4,637	1,300	- 2,032	0	0	0	4,637	4,637
Febrero	8	20	863	2,167	5,216	9,853	0	- 4,354	0	-	0	5,216	9,853
Marzo	4	24	442	2,610	5,216	15,070	0	- 4,774	0	-	0	5,216	15,070
Abril	5	28	531	3,141	3,478	18,547	0	- 2,947	0	-	0	3,478	18,547
Mayo	29	57	3,196	6,336	5,216	23,764	0	- 2,021	0	-	0	5,216	23,764
Junio	131	188	14,497	20,833	5,796	29,560	0	8,701	7,401	7,401	1,300	5,796	29,560
Julio	227	416	25,124	45,958	3,188	32,747	1,300	23,236	21,936	29,337	1,300	3,188	32,747
Agosto	179	595	19,827	65,785	580	33,327	1,300	20,548	19,248	48,585	1,300	580	33,327
Septiembre	149	744	16,466	82,250	5,216	38,543	1,300	12,549	11,249	59,834	1,300	5,216	38,543
Octubre	50	794	5,529	87,779	6,376	44,919	1,300	453	0	59,834	453	6,376	44,919
Noviembre	14	808	1,592	89,372	5,216	50,135	453	- 3,171	0	59,834	0	5,216	50,135
Diciembre	21	830	2,366	91,738	4,347	54,482	0	- 1,981	0	59,834	0	4,347	54,482

Fuente: Elaboración propia, con base en metodología (American Rainwater Catchment Systems Association, 2015; Instituto Mexicano de Tecnología del Agua et al., 2022).

a complementar con otras fuentes de abastecimiento (véase Figura 4).

Con base en los resultados, se confirma que la ineficiencia no radica en el potencial de captación, sino en la capacidad de almacenamiento instalada. El Comité Comunitario Escolar del Agua (CCEA) reconoció esta limitante en los ejercicios de co-diseño y planeación participativa, y exploró dos escenarios como alternativas: a) la incorporación de un módulo adicional de captación en el aula contigua, y b) la instalación de un tanque con mayor capacidad de aproximadamente 5,000 litros. Ambos escenarios fueron discutidos en asamblea, entendidos no como compromisos inmediatos, sino como proyecciones plausibles de mejora para incrementar la cobertura y fortalecer la autonomía hídrica escolar.

El SCCALL constituye una respuesta técnicamente pertinente, aunque parcial, frente a la problemática hídrica local. Su desempeño permite ampliar el acceso al agua en condiciones de limitación estructural, al tiempo que evidencia la necesidad de fortalecer la infraestructura de almacenamiento para mejorar su eficiencia operativa.

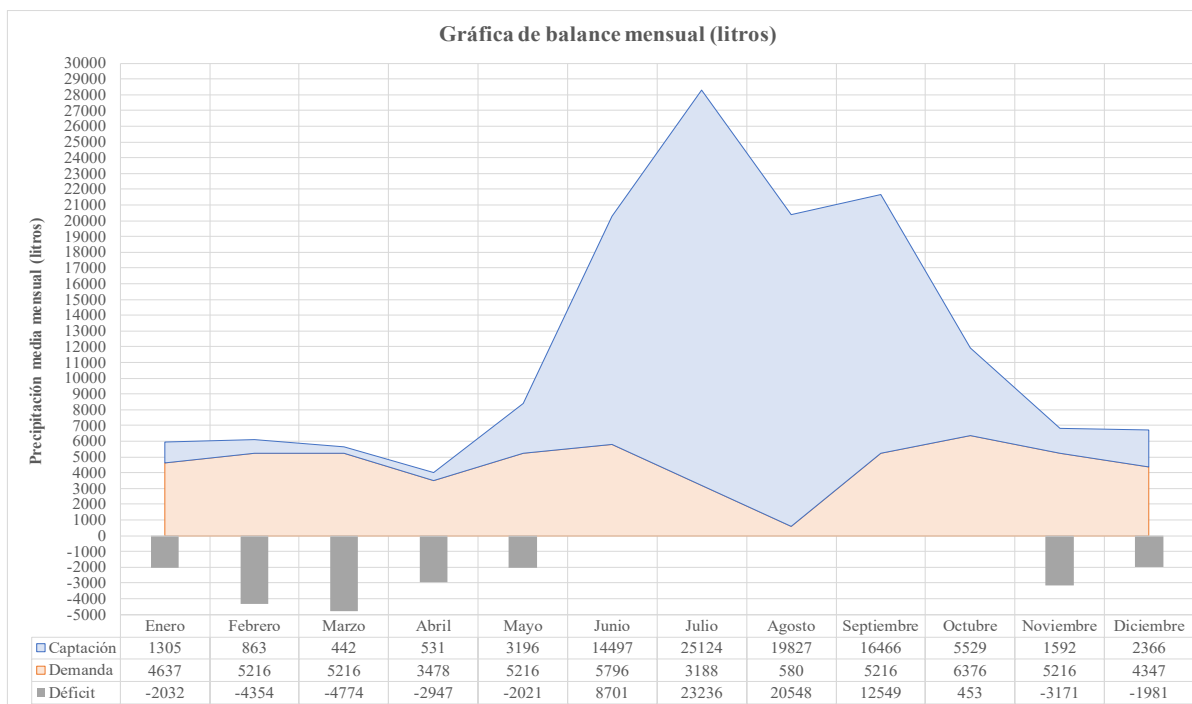
La continuidad del SCCALL depende de la estacionalidad. En las lluvias cubre con amplitud la demanda, pero pierde excedentes por falta de volumen de captación; en estiaje surgen déficits que obligan a usar fuentes externas, reduciendo la autonomía (véase Figura 4).

El análisis del desempeño del SCCALL evidenció que la principal limitante técnica no se encuentra en el potencial de captación de lluvia, sino en la capacidad reducida de almacenamiento instalada en el plantel. Actualmente, el sistema cuenta con un tanque principal de 1,100 litros y un dispositivo de primeras lluvias de 200 litros, sumando apenas 1,300 litros. No obstante, pese a este volumen limitado, el sistema permite atender parcialmente la demanda mediante un uso eficiente del agua, particularmente para servicios específicos durante el ciclo escolar.

La Tabla 3 muestra el balance mensual de captación, demanda y almacenamiento. Durante junio-septiembre, cuando la precipitación acumulada permitió captar hasta 25,124 litros en un solo mes (julio), el sistema alcanzó rápidamente su límite de almacenamiento, generando excedencias superiores a los 20,000 litros que no pu-

Figura 4

Balance hídrico mensual del SCCALL en la Escuela “Cuauhtémoc”, El Chivatillo (2025). La gráfica evidencia excedentes en lluvias y déficits en estiaje, condicionados por la limitada capacidad de almacenamiento



Fuente: Elaboración propia con base en balances hídricos.

dieron aprovecharse debido a la insuficiencia de infraestructura para su resguardo. En contraste, durante los meses de enero a mayo, así como en noviembre y diciembre, el volumen captado se

agotó por completo, registrándose déficits mensuales que oscilaron entre -2,000 y -4,700 litros, situación que obliga a complementar el abasto con fuentes externas.

Tabla 3
Balance de almacenamiento del SCCALL en la Escuela “Cuauhtémoc”, El Chivatillo (2025). La tabla evidencia cómo la capacidad instalada (1,300 L) condiciona la captación, demanda y continuidad del servicio hídrico escolar

Mes	Precipitación Media Mensual (mm)	Volumen de captación media mensual (L)	Demanda Media Mensual (L)	Almacenamiento al inicio (L)	Balance Mensual (L)	Excedente mensual (L)	Almacenamiento final (L)	Déficit (L)	Déficit (L)
Enero	12	1,305	4,637	-	-3331.94	0	0	3331.942	-3331.94
Febrero	8	863	5,216	0	-4353.87	0	0	4353.867	-4353.87
Marzo	4	442	5,216	0	-4774.08	0	0	4774.075	-4774.08
Abril	5	531	3,478	0	-2946.81	0	0	2946.81	-2946.81
Mayo	29	3,196	5,216	0	-2020.60	0	0	2020.603	-2020.6
Junio	131	14,497	5,796	0	8701.20	7401.19532	1300	0	0
Julio	227	25,124	3,188	1,300	23236.25	21936.24864	1300	0	0
Agosto	179	19,827	580	1,300	20547.61	19247.60916	1300	0	0
Septiembre	149	16,466	5,216	1,300	12549.14	11249.14068	1300	0	0
Octubre	50	5,529	6,376	1,300	453.46	0	453.46	0	0
Noviembre	14	1,592	5,216	453	-3170.57	0	0	3170.571	-3170.57
Diciembre	21	2,366	4,347	0	-1980.56	0	0	1980.562	-1980.56

Fuente: Elaboración propia con base en balances mensuales.

Para la representación sintética de los datos de la Tabla 3, se integró la Figura 5, donde se aprecia que:

- La línea verde del almacenamiento final se mantiene cercana a la línea de capacidad (1,300 L) en temporada de lluvias, sin posibilidad de aprovechar los volúmenes excedentes.
- Durante los meses de estiaje, las columnas rojas muestran déficits persistentes que afectan directamente la operación y usabilidad escolar.

En los espacios de planeación participativa, el Comité Comunitario Escolar del Agua (CCEA) identificó esta limitante y la discutió en asamblea, reconociendo que, sin ampliar la infraestructura de almacenamiento, cualquier incremento en la captación seguiría resultando insuficiente. Como escenarios de mejora, se plantearon dos alternativas: a) la incorporación de un módulo adicional de captación en el aula contigua, y b) la instalación de un tanque con capacidad aproximada de 5,000 litros. Ambas propuestas fueron valoradas

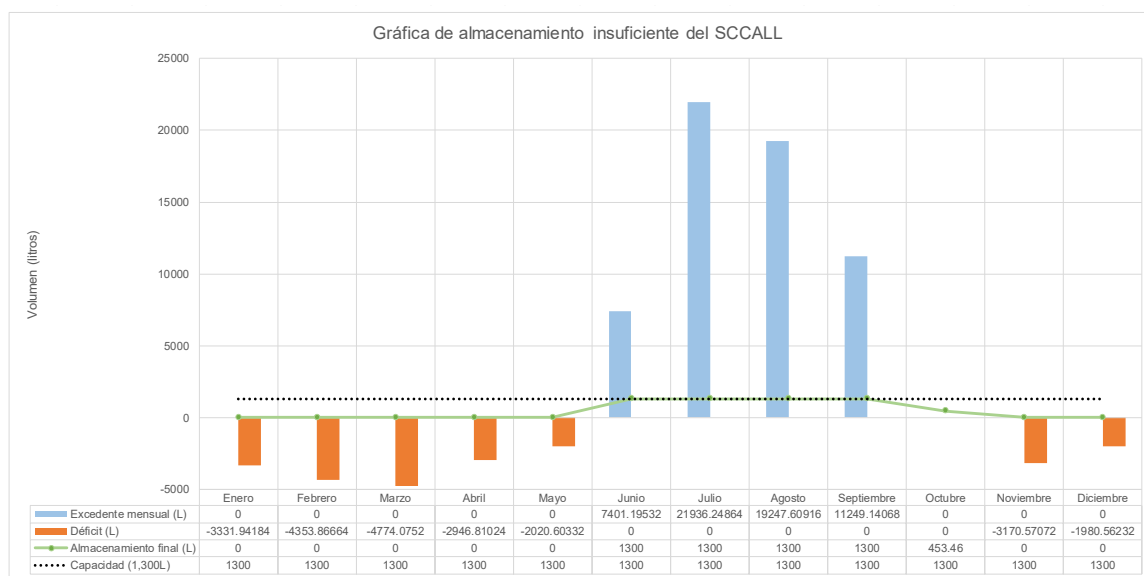
no como compromisos inmediatos, sino como proyecciones plausibles que permitan elevar la cobertura, reducir la dependencia de fuentes externas y fortalecer la autonomía hídrica escolar.

En este contexto, el almacenamiento condiciona directamente el aprovechamiento de los volúmenes captados durante el temporal de lluvias y la continuidad del servicio en periodos de estiaje, por lo que su fortalecimiento constituye una línea estratégica para mejorar el desempeño operativo del sistema.

La calidad del agua es un componente clave para la sustentabilidad del SCCALL. Los valores de turbidez (0.45–2.53 NTU) se mantuvieron dentro de los parámetros establecidos por la NOM-127-SSA1-2021 (Diario Oficial de la Federación, 2022), a diferencia de los arroyos locales, que presentan niveles significativamente superiores (véase Tabla 4). Esta diferencia refuerza su legitimidad como solución comunitaria y pedagógica.

Para la representación sintética de los datos de la Tabla 4, se desarrolló la Figura 6, donde se aprecian los valores comparativos de manera gráfica, en donde se destacan valores por debajo

Figura 5
Esquema de almacenamiento del SCCALL. La gráfica muestra la capacidad límite (1,300 L) y sus efectos: excedentes por derrame y déficits de demanda



Fuente: Elaboración propia con base en balances mensuales (2025).

Tabla 4
Comparación de turbidez del SCCALL y arroyos locales de El Chivatillo (2025). La tabla contrasta los rangos registrados con la norma y observaciones comunitarias

Fuente de agua	Rango de turbidez (NTU)	Condición de aptitud según NOM-127-SSA1-2021 (≤ 5 NTU)	Observación comunitaria
SCCALL	0.45 - 2.53	Adecuada para usos escolares no potables	Agua clara, monitoreo participativo de estudiantes y docentes.
Arroyo El Peñón	18-22	Inadecuada sin tratamiento (moderada turbidez)	Fuente cercana, usada para recreación, regadíos y ocasionalmente para consumo de animales
Arroyo Las Goteras	159-190	Crítica, inadecuada para cualquier uso escolar	Se identificó riesgo sanitario, se recomendó evitar contacto de niños.

Fuente: Elaboración propia con registros comunitarios (2025).

de la norma y aquellos que están sobre los parámetros adecuados de turbidez.

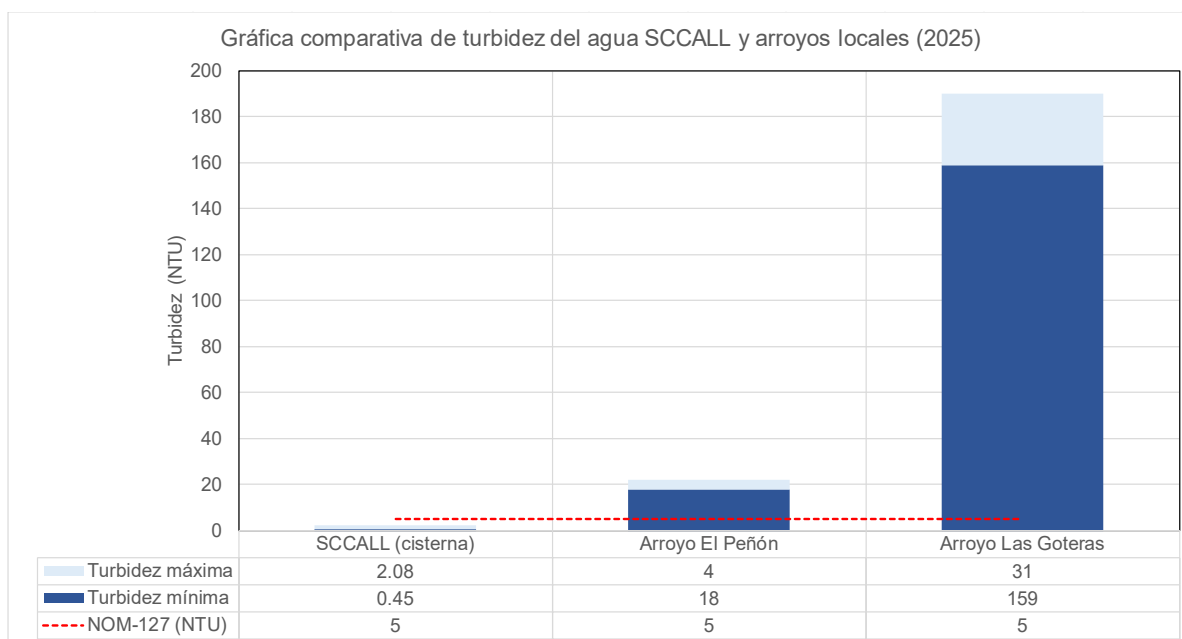
Las mediciones de turbidez con kits portátiles fueron un ejercicio de apropiación social del conocimiento. Estudiantes y docentes comprendieron la importancia de la calidad del agua, consolidando al SCCALL como recurso pedagógico vivo, además de infraestructura técnica.

En suma, los resultados de turbidez muestran que el SCCALL proporciona agua de lluvia con

parámetros adecuados para sus usos proyectados, evitando la exposición a fuentes contaminadas y fortaleciendo la seguridad hídrica escolar. Al mismo tiempo, este indicador se convierte en un instrumento de educación ambiental y de validación comunitaria, integrando ciencia ciudadana y gestión local en la operación cotidiana del sistema.

Más allá de lo técnico, la viabilidad del SCCALL se basó en la organización comunitaria.

Figura 6
Comparación de turbidez en el SCCALL y arroyos de El Chivatillo (2025). El SCCALL mantiene valores dentro de norma, mientras las fuentes superficiales superan ampliamente los límites, confirmando su pertinencia escolar



Fuente: Elaboración propia con registros comunitarios.

Participación, CCEA, autogestión y pedagogía transformaron la ecotecnología en un bien común regulado por reglas colectivas y prácticas intergeneracionales.

Los resultados se expresan en cuatro ejes principales: participación comunitaria, consolidación del Comité Comunitario Escolar del Agua (CCEA) como instancia local de gestión, autogestión financiera mediante mecanismos de recaudación, y la transformación pedagógica de la escuela como laboratorio viviente. Cada uno de estos componentes refleja el modo en que el proyecto trascendió la instalación de una ecotecnología para convertirse en un proceso de corresponsabilidad colectiva, donde docentes, estudiantes, madres y padres asumieron roles diferenciados pero complementarios.

La evidencia obtenida en bitácoras de campo, minutas etnográficas (Bitácora y minuta etnográfica DIHS-0020-2025) y observaciones participativas permite documentar que la apropiación del SCCALL no fue únicamente funcional, sino que generó nuevas formas de aprendizaje intergeneracional, liderazgo comunitario y protocolos locales de uso y mantenimiento, consolidando al sistema como un bien común regulado por reglas colectivas (véase Figura 7).

La participación comunitaria fue el pilar central en la apropiación del SCCALL. Durante las jornadas de instalación, que incluyeron la colocación de canaletas, bajantes y tanques de almacenamiento, madres, padres, docentes y estudiantes se organizaron en distintos frentes de trabajo a lo largo de varias jornadas, aportando mano de obra y saberes locales que permitieron reducir costos de implementación. Para la adquisición de equipos y materiales se recurrió a mecanismos de autofinanciamiento comunitario, como la venta de rifas y productos gestionados mediante donaciones de instituciones solidarias, entre ellas el CRIT de Occidente, conformando células de trabajo colaborativas que aseguren la sustentabilidad financiera del proceso y fortalecieron el sentido de corresponsabilidad (véase Figura 8).

Figura 7

Jornada comunitaria de instalación del SCCALL. La imagen muestra la corresponsabilidad intergeneracional y la apropiación de la infraestructura desde su construcción

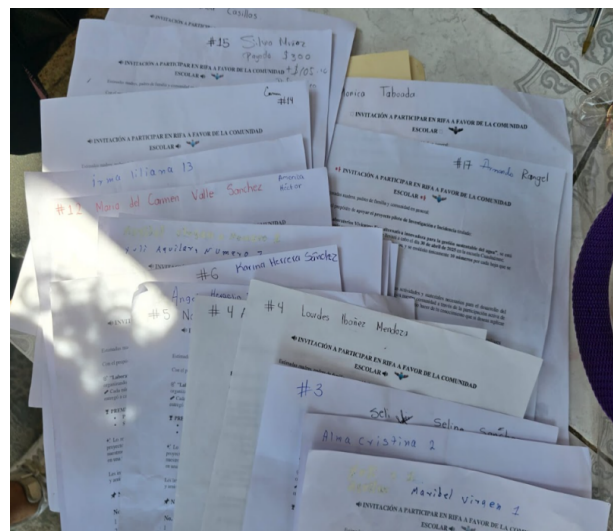


Fuente: Elaboración propia con registros etnográficos.

Nota. Archivo etnográfico (minuta DIHS-0020-2025) del Proyecto Piloto de Investigación e Incidencia.

Figura 8

Estrategias comunitarias de autofinanciamiento. Familias organizadas en rifas y ventas solidarias, apoyadas por donaciones, redujeron costos y fortalecieron la pertenencia





Fuente: Elaboración propia con registros comunitarios.

Nota. Archivo etnográfico (minuta DIHS-0010-2025) del Proyecto Piloto de Investigación e Incidencia.

El sistema dejó así de ser únicamente una infraestructura ecotecnológica para convertirse en un dispositivo comunitario y pedagógico, consolidado a través de acuerdos interinstitucionales y prácticas cotidianas que se extendieron hasta los hogares. En este proceso, niñas y niños no solo hicieron uso del agua almacenada, sino que también participaron en el monitoreo de la infraestructura, colaborando en tareas rutinarias de cuidado, usabilidad y aprendieron a explicar su funcionamiento tanto a sus pares como a sus familiares, convirtiéndose en agentes multiplicadores de conciencia hídrica.

La implementación trascendió la fase constructiva: las familias asumieron compromisos permanentes en la operación cotidiana, como la limpieza del área de captación, el manejo del dispositivo de primeras lluvias y la vigilancia del almacenamiento. Esta corresponsabilidad permitió que el SCCALL se integrara como parte del tejido comunitario, consolidándose como un bien común reconocido, regulado y cuidado colectivamente (véase Figura 9).

Figura 9
Estudiantes en la co-construcción del SCCALL, aportando saberes locales y habilidades técnicas en la instalación de canaletas



Fuente: Elaboración propia con registros etnográficos.

Nota. Archivo etnográfico (minuta DIHS-0016-2025) del Proyecto Piloto de Investigación e Incidencia.

El Comité Comunitario Escolar del Agua (CCEA) emergió como el principal órgano de gobernanza local. Validado en asamblea comunitaria y registrado en minutas, el CCEA definió protocolos para garantizar el uso, la operación y

el mantenimiento del SCCALL. Entre sus funciones destacan la calendarización de actividades para la limpieza, el levantamiento de actas de acuerdos, y la comunicación continua a través de un grupo de WhatsApp, donde se comparten incidencias, acuerdos y recordatorios.

Este comité no solo asumió tareas técnicas, sino que se convirtió en un espacio de formación y organización ciudadana, en el que la comunidad escolar practicó reglas colectivas de manejo de un bien común, alineadas con los principios de gobernanza (Ostrom, 2000). La apropiación del SCCALL como patrimonio colectivo reforzó el sentido de pertenencia y responsabilidad compartida, evitando que el sistema quedara sujeto únicamente a la voluntad de unos pocos actores (véase Figura 10).

Figura 10

Reunión del CCEA en la escuela “Cuauhtémoc”. La imagen evidencia participación e inclusión en la toma de decisiones sobre el SCCALL



Fuente: Elaboración propia con registros etnográficos (2025).

Nota. Archivo etnográfico (minuta DIHS-0020-2025) del Proyecto Piloto de Investigación e Incidencia.

El SCCALL no solo resolvió una carencia material, sino que transformó la escuela en un laboratorio viviente, donde el agua se convirtió en eje pedagógico. Los docentes incorporaron el sistema en clases de ciencias naturales (medición de turbidez, ciclos del agua), matemáticas (cálculos de volúmenes y balances hídricos) y civismo (responsabilidad compartida en el cuidado de los recursos).

Además, se desarrollaron talleres extracurriculares que involucraron a estudiantes en actividades prácticas, como abrir y cerrar válvulas, registrar valores de turbidez empírica y técnica y participar en sesiones de reflexión sobre el derecho humano al agua. Estos procesos consolidaron aprendizajes intergeneracionales y visibilizaron a los niños y niñas como actores centrales de la gestión hídrica comunitaria (véase Figura 11).

Figura 11

Práctica pedagógica con alumnas y alumnos de escuela “Cuauhtémoc”, “determinación empírica de turbidez”, con base en (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua *et al.*, 2022)





Fuente: Elaboración propia con registros etnográficos.

Nota. Archivo etnográfico (minuta DIHS-0025-2025) del Proyecto Piloto de Investigación e Incidencia.

En conjunto, los resultados evidencian que la implementación del SCCALL generó efectos diferenciados en dimensiones técnicas y comunitarias. Mientras que los indicadores hidráulicos permiten valorar su eficiencia operativa, los procesos de participación, organización y uso pedagógico reflejan la apropiación social del sistema, configurando una base sólida para su sustentabilidad en el contexto local (véase Tabla 5).

Los resultados observados en la Tabla 5 se graficaron en la Figura 12, que permite visualizar de manera comparativa la magnitud alcanzada en

cada dimensión institucional-comunitaria. Esta representación gráfica sintetiza los indicadores clave y facilita la lectura integrada de los procesos de participación, gobernanza, autogestión y pedagogía que acompañaron la implementación del SCCALL.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en El Chivatillo confirman que la evaluación de un sistema comunitario de captación de agua de lluvia en contextos rurales no puede reducirse a indicadores hidráulicos, sino que debe comprenderse como un proceso sociotécnico en el que interactúan dimensiones tecnológicas, organizativas y pedagógicas. Si bien el SCCALL presentó una limitación estructural, en su capacidad de almacenamiento, su mayor fortaleza radica en la apropiación comunitaria, la autogestión y su integración en prácticas educativas, lo que permitió su consolidación como un artefacto sociotécnico-pedagógico.

Desde la perspectiva de las transiciones sociotécnicas, el caso de El Chivatillo permite identificar a la escuela rural como un nicho de innovación (Geels, 2002, 2006), en el que una solución técnicamente modesta detona procesos de cambio más amplios al articular actores, conocimientos y prácticas en el territorio. A diferencia de los enfoques tradicionales centrados en in-

Tabla 5
Dimensiones institucional-comunitarias del SCCALL en la Escuela Primaria Rural Multigrado “Cuauhtémoc”, El Chivatillo (2025)

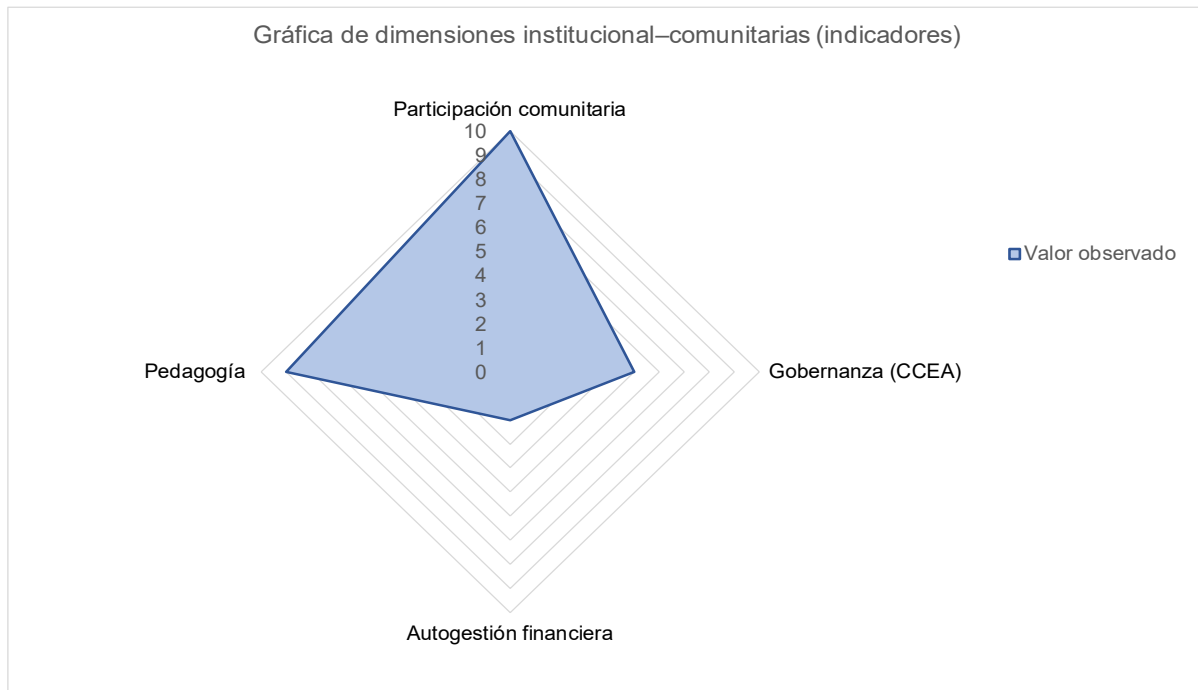
Dimensión	Indicador	Evidencia/documento base	Resultado observado
Participación comunitaria	Número de jornadas de instalación (10)	Bitácoras y minutas 0009, 0011, 0012, 0014, 0015, 0016, 0017, 0018, 0019, 0020.	10 jornadas colectivas con asistencia de ≥ 20 familias
Gobernanza (CCEA)	Número de asambleas validadas	Bitácoras y minutas 0003, 0004, 0005, 0020, 0030	5 asambleas con acuerdos formales y reglas de uso
Autogestión financiera	Recursos recaudados (MXN)	Registros comunitarios, Bitácoras y minutas 0010, 0020	\approx \$9,500 obtenidos en rifas y ventas solidarias
Pedagogía	Actividades pedagógicas vinculadas, Niños/as como multiplicadores	Bitácoras y minutas 0005, 0011, 0012, 0019, 0020, 0023, 0025, 0026, 0027.	9 sesiones integradas a ciencias, matemáticas y civismo, 20 estudiantes documentados explicando el sistema a pares y familias

Fuente: Elaboración propia con registros etnográficos.

Nota. Elaboración propia con base en evidencias etnográficas y registros comunitarios del Proyecto Piloto de Investigación e Incidencia (PIII), bitácoras y minutas etnográficas del ciclo enero-julio 2025.

Figura 12

Dimensiones institucional–comunitarias del SCCALL en la escuela “Cuauhtémoc” (2025). La gráfica resume participación, gobernanza, autogestión y pedagogía, consolidando al sistema como bien común



Fuente: Elaboración propia con registros etnográficos.

Nota. Elaboración propia con base en evidencias etnográficas y registros comunitarios del Proyecto Piloto de Investigación e Incidencia (PPII), bitácoras y minutas etnográficas del ciclo enero–julio 2025.

novaciones de gran escala, este estudio evidencia que las microinnovaciones situadas pueden generar transformaciones significativas cuando se sostienen en procesos de cocreación y apropiación social.

En términos de gobernanza, la conformación del Comité Comunitario Escolar del Agua (CCEA) materializa los principios de gestión de bienes comunes propuestos por Ostrom (2000), particularmente en lo referente a la construcción de reglas colectivas, el monitoreo social y la corresponsabilidad en el mantenimiento del sistema. Sin embargo, el caso analizado amplía este marco al evidenciar que la sustentabilidad no depende únicamente de la organización comunitaria, sino de su articulación con procesos pedagógicos que fortalecen la internalización del cuidado del recurso.

Así mismo, el enfoque del laboratorio viviente permitió que la innovación se configurara como un proceso dinámico de experimentación en contexto real, donde la comunidad no solo participa, sino que co-diseña, implementa y evalúa la solución. En concordancia con la perspectiva de la cuarta hélice (Ståhlbröst & Holst, 2012), el conocimiento se produce de manera horizontal, integrando saberes técnicos y locales en un mismo proceso.

El principal aporte del estudio radica en evidenciar que la dimensión pedagógica opera como un motor de sustentabilidad en las transiciones sociotécnicas rurales. La incorporación del SCCALL en el currículo escolar, junto con las prácticas como la medición de la turbidez en el agua, se constituyó en un proceso de aprendizaje intergeneracional que transformó la tecnología en un dispositivo de formación, en el cual niñas y niños

se configuran como agentes de cambio activos en la gestión sustentable del agua. Este hallazgo amplía los enfoques tradicionales al posicionar la educación no solo como un componente complementario, sino como eje estructurante de la sustentabilidad.

En este sentido, el caso de El Chivatillo demuestra que los laboratorios vivientes escolares pueden configurarse como plataformas estratégicas de innovación territorial, capaces de articular infraestructura, gobernanza y pedagogía en contextos de alta vulnerabilidad hídrica.

CONCLUSIONES

La implementación del Sistema Comunitario de Captación de Agua de Lluvia (SCCALL) en la Escuela Primaria Rural Multigrado “Cuauh-témoc” demuestra que las ecotecnologías, aun siendo técnicamente modestas, pueden detonar procesos de transformación estructural cuando se integran en dinámicas de corresponsabilidad comunitaria y aprendizaje situado.

En términos técnicos, el sistema evidenció un potencial significativo de captación capaz de cubrir más de la mitad de la demanda escolar, así como una calidad de agua superior a las fuentes superficiales locales; no obstante, su desempeño se encuentra condicionado por la limitada capacidad de almacenamiento, lo que representa el principal desafío para su optimización.

En el ámbito comunitario, la conformación del Comité Comunitario Escolar del Agua consolidó mecanismos locales de gobernanza, autogestión y regulación colectiva, dotando al sistema de legitimidad social y viabilidad operativa. De manera complementaria, la integración del SCCALL en el ámbito pedagógico transformó a la escuela en un laboratorio viviente, donde el conocimiento se construye de manera situada y se reproduce en la comunidad, fortaleciendo procesos intergeneracionales de aprendizaje.

El principal aporte del estudio radica en demostrar que la sustentabilidad de las transiciones sociotécnicas en contextos rurales no depende

exclusivamente de la eficiencia tecnológica ni de la organización comunitaria, sino de la articulación de ambas con la dimensión pedagógica como eje estructurante. En este sentido, los laboratorios vivientes escolares emergen como modelos replicables de innovación territorial, con potencial para fortalecer la resiliencia hídrica, la participación social y la gestión sustentable del agua en contextos del Sur global.

REFERENCIAS

- American Rainwater Catchment Systems Association (2015). Rainwater harvesting manual (1st edition). <https://arcsainternational.org/>
- Comisión Nacional del Agua (2020, diciembre 20). Programa Nacional Hídrico PNH 2020-2024, gob.mx: <http://www.gob.mx/conagua/documentos/programa-nacional-hidrico-pnh-2020-2024>
- Corona Berkin, S. (2020). Producción horizontal del conocimiento (1.ª ed., Vol. 7). transcript Verlag / Bielefeld University Press. <https://doi.org/10.14361/9783839449745>
- Creswell, J. W. & Plano Clark, V. L. (2018). Designing and conducting mixed methods research (Third Edition). SAGE.
- Diario Oficial de la Federación (2022, mayo 2). NORMA Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021, Agua para uso y consumo humano. *Límites permisibles de la calidad del agua*. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5650705&fecha=02/05/2022#gsc.tab=0
- European Network of Living Labs (2023). Annual Report 2023. European Network of Living Labs (ENoLL). <https://enoll.org/publication/2023-activity-report/>
- Fals-Borda, O. (1987). The Application of Participatory Action-Research in Latin America. *International Sociology*, 2(4), 329-347. <https://doi.org/10.1177/026858098700200401>
- Geels, F. W. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: A multi-level perspective and a case-study. *Research Policy*, 31(8-9), 1257-1274. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(02\)00062-8](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00062-8)
- Geels, F. W. (2006). Multi-Level Perspective on System Innovation: Relevance for Industrial Trans-

- formation. En X. Olsthoorn & A. J. Wiczorek (Eds.), *Understanding Industrial Transformation* (Vol. 44, pp. 163-186). Kluwer Academic Publishers. https://doi.org/10.1007/1-4020-4418-6_9
- Guber, R. (2011). *La Etnografía: Método, Campo y Reflexividad*. Siglo XXI Editores.
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Téllez Quintanar, C., Mocva Kurek, R. K., González Correa, C. & Centeno Álvarez, J. C. (2022). ¿Cómo hacer un Sistema de Captación de Agua de Lluvia (SCALL) en mi escuela? (2022.^a ed.). Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. <https://doi.org/10.24850/b-imta-2022-06>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2024). ¿Qué hay en las localidades rurales de México? (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/889463915119.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2020). Censo de Población y Vivienda (CPV) 2020. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>
- Jalife Acosta, S., Quiroa Herrera, J., Villanueva Solís, J., Universidad Autónoma de Coahuila & Universidad Autónoma de Coahuila (2018). Captación de agua de lluvia: Tipos, componentes y antecedentes en zonas áridas de México, como estrategia de uso sustentable del agua. *Vivienda y Comunidades Sustentables*, (3), 63-85. <https://doi.org/10.32870/rvcs.voi3.32>
- Nelson, H. G. & Stolterman, E. (2024). *El camino del diseño: Cambio intencional en un mundo invisible* (L. Lecuona, Trad.; Primera edición en libro electrónico). Fondo de Cultura Económica: Conahcyt. <https://www.fondodeculturaeconomica.com/Ficha/9786071685728/F>
- Ostrom, E. (2000). *Governing the commons: The evolution of institutions for collective action*. Cambridge University Press.
- Ståhlbröst, A. & Holst, M. (2012). *The Living Lab Methodology Handbook*. Luleå University of Technology. https://www.nmi.is/static/files/Vefverslun/Stjornun_og_rekstur/livinglabs-methodologybook_web.pdf

Financiamiento.

La presente investigación no recibió financiamiento específico.

Conflicto de interés.

Los autores declaran no tener conflictos de interés en relación con la investigación, la autoría y/o la publicación del presente artículo.

Uso de inteligencia artificial.

Los autores declaran que no se utilizaron herramientas de inteligencia artificial generativa en la elaboración del manuscrito o, en su caso, que su uso se limitó exclusivamente al apoyo lingüístico y de redacción, manteniendo en todo momento la responsabilidad sobre el contenido y las conclusiones del trabajo.

Contribución de autoría.

Los autores participaron en la conceptualización, desarrollo, análisis y redacción del manuscrito, de conformidad con los principios de la taxonomía CRediT (Contributor Roles Taxonomy), y aprobaron la versión final para su publicación.