



Fortalecimiento a la gobernanza hídrica en comunidades rurales en Maya ka'an



En el Marco del Componente 3 Provisión de soluciones innovadoras a pequeña escala, locales, rurales, periurbanas y comunitarias para IWWW

INFORME FINAL

Febrero 2025



Financiado por



Co-implementado por



Co-ejecutado por



En alianza con



Fuego 2 PB • M 10 • SM 4 • Cancún • Quintana Roo • CP 77500

www.amigosdesiankaan.org



@AmigosSianKaan



/AmigosSianKaan



AmigosSianKaan

El **GEF CReW+** es un proyecto de asociación financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF por sus siglas en inglés) que está siendo implementado conjuntamente por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en 18 países de la Región del Gran Caribe (RGC).

Este proyecto se basa en su anterior fase exitosa del proyecto “El Fondo Regional del Caribe para la Gestión de Aguas Residuales (CReW)” (2011-2017). CReW+ está siendo ejecutado por Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, la Organización de los Estados Americanos (OEA) y la Secretaría del Convenio de Cartagena (CAR/RCU) en nombre del BID y el PNUMA, respectivamente.

Los 18 países participantes en el CReW+ (Barbados, Belice, Colombia, Costa Rica, Cuba, República Dominicana, Grenada, Guatemala, Guyana, Honduras, Jamaica, México, Panamá, San Cristóbal y Nieves, Santa Lucía, San Vicente y las Granadinas, Surinam, Trinidad y Tobago) varían geográficamente, desde grandes países continentales hasta pequeños estados insulares con contextos políticos, lingüísticos y culturales significativamente diferentes.

Sobre el GEF: el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF por sus siglas en inglés) ha proveído de \$22 millones en grants y blended finance y ha movilizado cerca de \$120 billones en cofinanciamiento en más de 5200 proyectos y programas. El GEF es el fondo fiduciario más grande enfocado en permitir a países en desarrollo invertir en la naturaleza y apoya la implementación de convenios internacionales en biodiversidad, cambio climático, químicos y desertificación. Reúne 184 gobiernos, adicionalmente sociedad civil, organizaciones internacionales, sector privado y aliados.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los/as autores/as y no necesariamente reflejan los puntos del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF por sus siglas en inglés), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Secretaría del Convenio de Cartagena (CAR/RCU), Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, la Organización de los Estados Americanos (OEA) o los países que representan.

El uso comercial no autorizado de los documentos está prohibido y puede ser sancionado según las políticas de las agencias y/o las leyes aplicables.



Resumen Ejecutivo

El presente informe detalla la implementación de la Estrategia de Fortalecimiento a la Gobernanza Hídrica Comunitaria orientada a la gestión sostenible del agua y la conservación del acuífero regional en comunidades del destino Maya Ka'an; a través del trabajo continuo en tres comunidades con la conformación de Comités Comunitarios del Agua, que fortalecieron la organización de los habitantes para la toma de decisiones informadas y la solución de retos relacionados con el uso y gestión hídrica.

El proyecto incorpora un componente educativo, a través de la impartición de talleres de educación ambiental complementados con un programa de Ciencia Ciudadana, que permite a los habitantes realizar el monitoreo de la calidad del agua en su entorno local promoviendo el conocimiento sobre la importancia del recurso hídrico y su conservación.

En términos de infraestructura, se instalaron 43 ecotecnologías para la captación, almacenamiento, tratamiento y purificación del agua, superando las 31 inicialmente proyectadas y beneficiando a más de 90 habitantes de cuatro comunidades rurales. La construcción e instalación de ecotecnologías fue acompañada de capacitaciones respecto a su uso y mantenimiento, así como la promoción de la bioconstrucción y el fortalecimiento de la cultura ambiental en estudiantes y profesores.

Durante todo el proceso se incorporó un enfoque de género en las actividades comunitarias, promoviendo una participación equitativa. La combinación de educación ambiental, monitoreo participativo y capacitación técnica ha permitido fortalecer la apropiación de las ecotecnologías, fomentando un aprovechamiento sostenible del agua y coadyuvando en la mejora los medios de vida de los habitantes de las comunidades beneficiadas.

El proyecto permitió a los habitantes de las cuatro comunidades conocer mejor su entorno, comprender la importancia de una gestión adecuada de los recursos hídricos para la salud de su comunidad y del ecosistema, así como adquirir herramientas y conocimientos para mejorar su administración y conservación.



Resumen Ejecutivo.....	3
Antecedentes	6
Objetivo 1: Generar capacidades comunitarias para la toma de decisiones en el manejo de los recursos hídricos locales, y el mantenimiento y funcionamiento de las ecotecnias para garantizar su funcionamiento a largo plazo.....	10
1.1 Reuniones para facilitar y formalizar el establecimiento de Comités de Agua Comunitarios que apoyen la toma de decisiones sobre el manejo de agua local.....	10
Conformación de Comités Comunitarios del Agua	10
Estructura organizativa.....	10
1.2 Capacitación a los Comités de agua de las 3 comunidades para facilitar su funcionamiento, la toma de decisiones colectivas, y para generar capacidades locales de manejo y mantenimiento de las ecotecnias para garantizar su correcto uso y funcionamiento a largo plazo.....	13
Talleres de Capacitación.....	13
San Antonio Segundo	13
Yaxley.....	15
Yodznot Nuevo	16
Objetivo 2: Generar bases de conocimiento sobre el acuífero y el agua en las comunidades.	19
2.1 Implementación, en cada comunidad, del programa educativo Eres Agua, Toma Conciencia a estudiantes, maestros y a los beneficiarios del proyecto.....	19
Programa de Educación Ambiental	19
Memorias por comunidad.....	19
Monitoreo comunitario de la calidad del agua	23
Objetivo 3. Contar con infraestructura para el manejo hídrico en 3 comunidades de Maya Ka'an.	27
3.1 Gestiones y coordinación para la adquisición de mano de obra y materiales para la instalación de ecotecnias.	27
Gestiones y adquisición de mano de obra	27
3.2 Diseño e instalación de 31 ecotecnias en 3 localidades.	28
Elección y diseño de las ecotecnologías a instalar	28
Ecotecnologías a instalar por comunidad en la propuesta inicial	29
Memorias de cálculo	29
3.3 Revisión de avances y supervisión de instalación.....	32
San Antonio Segundo.....	32
Ajustes basados en la Teoría del Cambio	33
Humedales artificiales.....	34



Rehabilitación de Sanitarios	35
Yaxley.....	36
Sanitario Ecológicos.....	37
Contenedor de sólidos	39
Humedal artificial	40
Cisterna	42
Sistemas de Captación de Agua de Lluvia (SCALL's)	44
Yodzonot Nuevo	46
3.4 Entrega de las ecotecnias a la comunidad y Capacitación.....	49
Entrega de ecotecnologías por comunidad.....	49
San Antonio Segundo	49
Filtros purificadores	49
Habilitación de humedales artificiales y entrega de sanitarios rehabilitados	50
LOGROS ADICIONALES.....	55
Rehabilitación y mantenimiento de SCALL's y Cisternas	55
SCALL's	55
Cisternas	56
Conexión de lavaderos o bateas	57
Reubicación de 2 filtros purificadores	58
Yaxley.....	61
Habilitación del Humedal artificial	61
Entrega de ecotecnologías	64
Yodzonot Nuevo	70
Entrega de ecotecnologías	70
Cronograma de actividades actualizado	74
Conclusiones	75



Informe Final de Actividades Proyecto CReW+ México

Implementando soluciones para la gestión integrada del agua y las aguas residuales para un Caribe limpio y saludable

El objetivo del CReW+ es apoyar a México en el desarrollo de normatividad, mecanismos de gestión financiera sostenible y soluciones tecnológicas para la gestión integral del agua y saneamiento en la zona del caribe mexicano corredor de la Riviera Maya, estado de Quintana Roo. Esto contempla la inclusión de criterios regulatorios que garanticen la calidad de las aguas superficiales y subterráneas (acuíferos y cenotes), el sostenimiento de cualquier inversión a través de mecanismos de gestión (pagos por servicios ambientales), y la adopción de tecnologías innovadoras en comunidades mayas, cuyo sustento depende de un ecosistema marino-costero sano.

Componente 3. Provisión de soluciones innovadoras a pequeña escala, locales, rurales, periurbanas y comunitarias para IWWM

Antecedentes

En la última década Amigos de Sian Ka'an (ASK) ha promovido el desarrollo de resiliencia al cambio climático, y la conservación de los recursos hídricos en comunidades rurales de Quintana Roo, México. Actualmente se encuentra en una segunda etapa de implementación con el propósito de fortalecer las capacidades, mejorar la gestión y gobernanza de 33 comunidades de Quintana Roo a través de la sostenibilidad de las ecotecnologías. Se toman en cuenta las lecciones aprendidas en fases anteriores, lo que supone el desarrollo de un diagnóstico específico por comunidad, que se convierte en la base para ejecutar la Estrategia de Fortalecimiento a la Gobernanza Hídrica Comunitaria (EFGHC)¹ que busca generar o fortalecer capacidades comunitarias de gestión del recurso hídrico a partir de la instalación y uso de ecotecnias, mismas que serán utilizadas, cuidadas y mantenidas por comités del agua en los que se tomen las decisiones y se genere el seguimiento necesario para lograr la sostenibilidad del recurso hídrico en las comunidades. La EFGHC tiene como base el programa educativo de ASK, Eres Agua, Toma Conciencia², y la creación de un sistema ciudadano de monitoreo de la calidad del agua que aportan a la sustentabilidad del proyecto. Esta segunda etapa inició con un diagnóstico de las condiciones socioambientales en las comunidades beneficiadas a fin de detallar las necesidades y oportunidades relacionadas con el aprovechamiento del recurso hídrico y el acceso a las tecnologías.

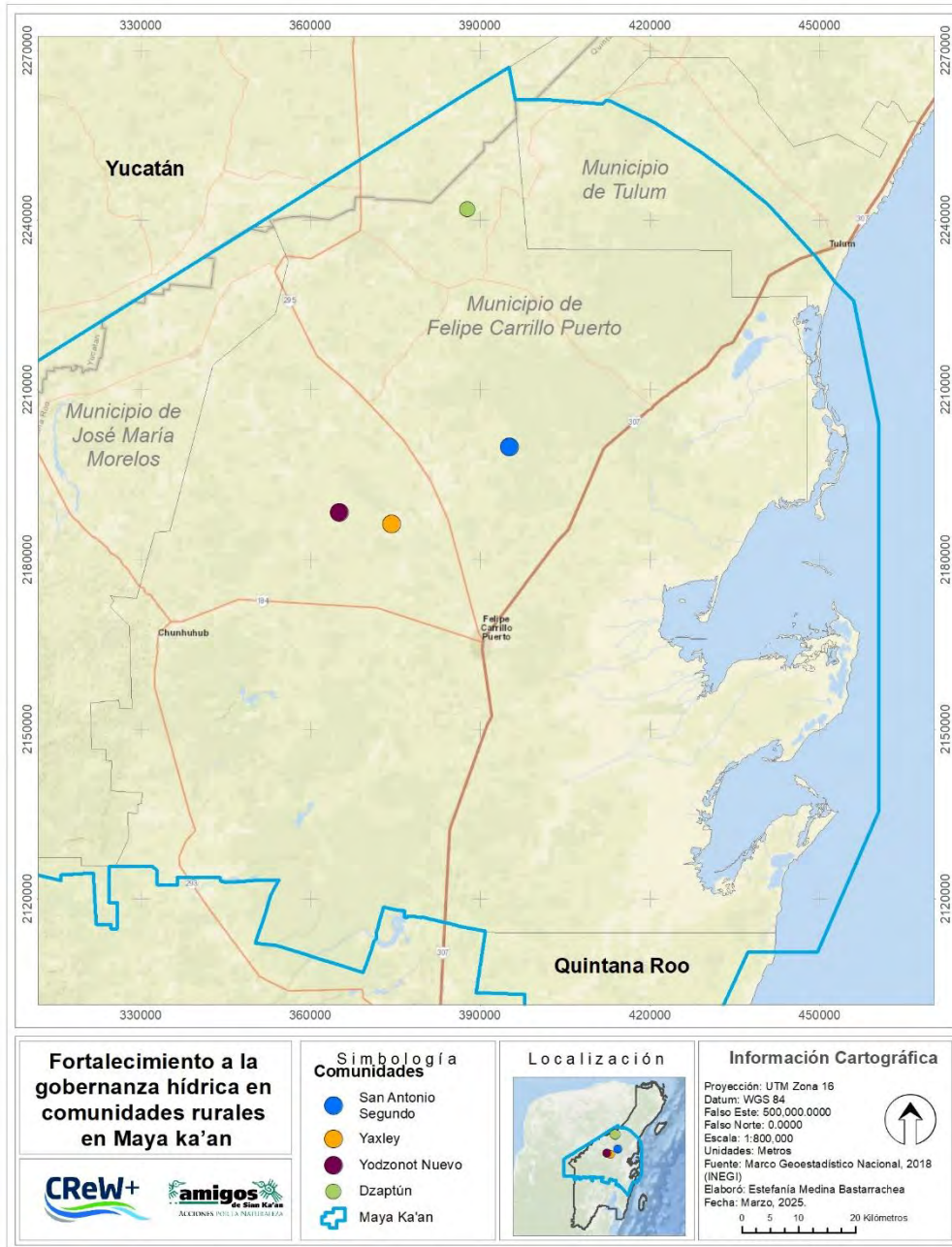
Originalmente, el proyecto se encontraba planteado para la instalación de 85 ecotecnias en las comunidades de Yodzonot Nuevo y Hobompich, sin embargo, una vez que se llevó a cabo el análisis de la información adquirida en el diagnóstico, se realizaron ajustes en congruencia con lo obtenido en campo y la situación económica actual a nivel nacional. Es por lo anterior que se realizó la reducción de la cantidad de ecotecnias a instalar, derivado del análisis económico y presupuestal de los materiales necesarios para la instalación de las ecotecnias.

¹ https://www.amigosdesiankaan.org/wp-content/uploads/2023/09/PCA_Programa-de-Capacitacion-para-el-Acompañamiento-3.pdf

² <https://www.amigosdesiankaan.org/wp-content/uploads/2021/12/2g.pdf>



Ante ello, se propuso a CONAGUA y al CREW+ el atender a tres comunidades, Yodzonot Nuevo, San Antonio Segundo y Yaxley, con la instalación de 31 ecotecnologías. Ajustando los montos a los costos actuales de materiales, fletes y mano de obra y considerando el presupuesto disponible. Esta propuesta contó con el visto bueno de CONAGUA como punto focal en México del proyecto.



El presente informe recopila las acciones y actividades en la implementación de la EFGHC en 4 comunidades del destino Maya Ka'an: San Antonio Segundo, Yaxley, Yodzonot Nuevo y Dzaptún.



Reporte de avances respecto a:

Objetivo	Actividad	Entregable	% de avance
1. Generar capacidades comunitarias para la toma de decisiones en el manejo de los recursos hídricos locales, y el mantenimiento y funcionamiento de las ecotecnias para garantizar su funcionamiento a largo plazo.	1.1. Reuniones para facilitar y formalizar el establecimiento de Comités de Agua Comunitarios que apoyen la toma de decisiones sobre el manejo de agua local.	Actas de establecimiento de 3 comités del agua.	100%
	1.2. Capacitación a los Comités de agua de las 3 comunidades para facilitar su funcionamiento, la toma de decisiones colectivas, y para generar capacidades locales de manejo y mantenimiento de las ecotecnias para garantizar su correcto uso y funcionamiento a largo plazo.	Memorias de talleres.	100%
2. Generar bases de conocimiento sobre el acuífero y el agua en las comunidades.	2.1 Implementación, en cada comunidad, del Programa Educativo Eres Agua, Toma Conciencia a los beneficiarios del proyecto.	Memorias de talleres.	100%
3. Contar con infraestructura para el manejo hídrico en 3 comunidades de Maya Ka'an.	3.1 Gestiones y coordinación para la adquisición de mano de obra y materiales para la instalación de ecotecnias.	Informe de actividades y avances.	100%
	3.2 Diseño e instalación de 31 ecotecnias en 3 localidades.	31 ecotecnias instaladas en 3 comunidades.	100%
	3.3 Revisión de avances y supervisión de instalación.		100%
	3.4 Entrega de las ecotecnias a la comunidad.		100%





Objetivo 1

Generar capacidades comunitarias para la toma de decisiones en el manejo de los recursos hídricos locales, y el mantenimiento y funcionamiento de las ecotecnias para garantizar su funcionamiento a largo plazo.

Actividades

- 1.1. Reuniones para facilitar y formalizar el establecimiento de Comités de Agua Comunitarios que apoyen la toma de decisiones sobre el manejo de agua local.
- 1.2. Capacitación a los Comités de agua de las 3 comunidades para facilitar su funcionamiento, la toma de decisiones colectivas, y para generar capacidades locales de manejo y mantenimiento de las ecotecnias para garantizar su correcto uso y funcionamiento a largo plazo.



Objetivo 1: Generar capacidades comunitarias para la toma de decisiones en el manejo de los recursos hídricos locales, y el mantenimiento y funcionamiento de las ecotecnias para garantizar su funcionamiento a largo plazo.


1.1 Reuniones para facilitar y formalizar el establecimiento de Comités de Agua Comunitarios que apoyen la toma de decisiones sobre el manejo de agua local.

Conformación de Comités Comunitarios del Agua

Se realizaron las gestiones y acercamiento con los representantes locales de las tres comunidades para solicitar el apoyo para llevar a cabo las reuniones para el establecimiento de Comités Comunitarios del Agua, así como la explicación y descripción del proyecto y las acciones a implementar en cada una de las comunidades.

Comunidad	Fecha	Participantes		
		H	M	Total
San Antonio Segundo	01/08/2024	3	2	5
Yaxley	20/08/2024	15	23	38
Yodznot Nuevo	22/08/2024	10	4	14
				57

Tabla 1. Reuniones de conformación de Comités Comunitarios del Agua.

En cada comunidad se presentaron las acciones a realizar como parte del proyecto haciendo énfasis en la importancia del cuidado del acuífero regional para la salud ecosistémica y humana. Se constituyeron los Comités Comunitarios conforme a la Propuesta de Gestión Comunitaria (PGC)³. El Comité del Agua sirve como estructura organizativa para asegurar la coordinación de los procesos relacionados al uso y gestión del agua como parte de la implementación de la EFGHC; la conformación de los Comités es clave para organizar, comunicar y ejecutar las acciones necesarias para fomentar mayor participación (activa y equitativa), dar seguimiento a las prioridades en cuanto al uso y gestión del agua, fomentar la toma de decisiones informadas y promover la solución de brechas y conflictos en caso de que existan (Véase [Actas de Conformación de Comités Comunitarios del Agua](#) ).

Estructura organizativa

El modelo organizacional del Comité se conforma principalmente por un rol de liderazgo comunitario y dos roles de seguimiento. Se presentan los roles y responsabilidades para comprender el nivel de esfuerzo de cada integrante del Comité, el cual se conforma por una o un Líder de la comunidad y los y las Aj-kanan ja'ó'ob (vigías en maya) quienes se encargan de dar seguimiento a las actividades relacionadas a los siguientes temas: 1) infraestructura (ecotecnologías) y 2) calidad del agua e higiene.

³ https://www.amigosdesiankaan.org/wp-content/uploads/2024/05/PGC_Propuesta-de-gestion-comunitaria_final.pdf





Figura 1. Modelo Organizacional del Comité Comunitario del Agua.



San Antonio Segundo



Yaxley





Yodzonot Nuevo

Figuras 2, 3 y 4. Conformación de Comités de Agua en las 3 comunidades.

Cabe mencionar que la elección de las personas designadas para cada rol se realiza por los miembros de la comunidad por votación o autodesignación. No obstante, se promueve la participación de mujeres y jóvenes como miembros del Comité; logrando que, de los 9 miembros totales de los 3 comités, 5 sean mujeres lo cual permite fortalecer la gobernanza con perspectiva de género.

Adicionalmente a la firma de las Actas de Constitución del Comité Comunitario del Agua, se firma en cada comunidad un [Aviso de Privacidad y Consentimiento de Uso de Datos Personales](#) y la [Confirmación de Colaboración](#); a fin de garantizar el compromiso de los habitantes con el proyecto, así como la debida autorización de los representantes de cada localidad para la implementación y continuación de las acciones y la toma de fotografías y vídeos como material de difusión del proyecto.



1.2 Capacitación a los Comités de agua de las 3 comunidades para facilitar su funcionamiento, la toma de decisiones colectivas, y para generar capacidades locales de manejo y mantenimiento de las ecotecnias para garantizar su correcto uso y funcionamiento a largo plazo.

Talleres de Capacitación

Como parte de las acciones de capacitación a los comités y demás habitantes de cada una de las comunidades, se imparten pláticas acerca del funcionamiento de las ecotecnologías consideradas a instalar en cada comunidad.

San Antonio Segundo

Previo al inicio del proyecto, en la comunidad de **San Antonio Segundo** ya existían ecotecnologías de captación y almacenamiento de agua, las cuales fueron construidas en colaboración Amigos de Sian Ka'an y la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOC) del Estado de Quintana Roo en el año 2021. El 21 de agosto y el 24 de septiembre de 2024 se llevó a cabo la entrega y capacitación de 6 filtros purificadores LifeStraw a 6 familias de la comunidad, los cuales fueron adquiridos por GIZ en la primera etapa del proyecto CREW+. Para ambas capacitaciones asistieron un total de **8 integrantes de la comunidad** (7 mujeres y 1 hombre).

La entrega estuvo acompañada del armado y capacitación en el uso, limpieza y mantenimiento de filtros LifeStraw Family, explicándose de manera detallada el funcionamiento del filtro y el requerimiento de que el uso sea únicamente con agua de lluvia para garantizar el correcto funcionamiento de las membranas filtradoras. Al igual se brindaron fichas técnicas de los filtros donde viene de manera impresa la información del funcionamiento, beneficios e instrucciones de limpieza y mantenimiento.

De igual manera, el 25 de octubre de 2024 se realizó la entrega de las ecotecnologías comprometidas en este proyecto (Sanitarios ecológico y humedales artificiales, lo cual se describe a detalle en el apartado 3.4 de este Informe); dicha entrega estuvo acompañada de la capacitación respecto al uso, funcionamiento y mantenimiento de los Sistemas de Captación de Agua de Lluvia, Cisternas, Sanitarios ecológicos y humedales artificiales en donde participaron **9 personas** (4 mujeres y 5 hombres).

En dicha capacitación se brindó información teórica y práctica de cómo mantener cada una de estas ecotecnologías para un funcionamiento óptimo que permita un uso a mediano y largo plazo. Para representar el funcionamiento de los humedales artificiales, se optó por el uso de un modelo a escala del humedal como herramienta didáctica. En donde se explica de manera gráfica el proceso de depurado y limpieza del agua que entra al sistema proveniente de los sanitarios y lavaderos.

Véase las carpetas [Lista de asistencia](#) y [Fotografías](#)





Figuras 5, 6, 7 y 8. Capacitación de uso y mantenimiento de ecotecnologías en San Antonio Segundo.

Es importante hacer mención, que en esta comunidad muy pocas personas hablan español, por lo que esta capacitación a los habitantes fue traducida de manera simultánea a la lengua maya por integrantes del equipo de Amigos de Sian Ka'an maya hablantes. Lo anterior ha resultado ser indispensable para un acercamiento apropiado con los habitantes, así como fortalecer el entendimiento del contenido de las capacitaciones.



Yaxley

En la comunidad de Yaxley la intervención se realizó a nivel comunitario, construyendo las ecotecnias en el terreno del Telebachillerato Comunitario de Yaxley; derivado de los acercamientos y reuniones informativas y de conformación de comité previas al inicio de las obras, se realizaron las acciones constructivas con la participación de los miembros del Comité de Agua, los profesores y los alumnos, generando apropiación y capacidades para la población teniendo un impacto positivo en el cuidado del agua de la comunidad y brindando opciones sostenibles para mejorar el acceso a agua limpia y reducir su desperdicio.

Durante la etapa constructiva en esta comunidad se llevaron a cabo 5 talleres de capacitación para el uso y mantenimiento de ecotecnias los días: **29 de octubre, 21 de noviembre, 10 y 12 de diciembre de 2024; y 23 de enero de 2025** contando con la participación total de los 28 alumnos (16 hombres y 12 mujeres) y los 3 docentes del plantel.

En cada una de estas capacitaciones se abordaron temas del uso apropiado y mantenimiento de las ecotecnologías en construcción: SCALL, Cisternas, Sanitarios ecológicos, contenedores de sólidos y humedal artificial promoviendo el involucramiento y participación de los alumnos.

Particularmente en esta comunidad, en donde considerando la revisión técnica, la topografía y espacio del área disponible para construcción se realizó la construcción de dos cisternas de ferrocemento; para ello y como parte del fortalecimiento de capacidades en la comunidad, el 21 de noviembre de 2024 se brindó un taller de capacitación a 19 alumnos (7 mujeres y 12 hombres) respecto a la técnica de ferrocemento con el objetivo de brindarles alternativas innovadoras y menos costosas de eco-construcción que puedan aplicar a futuro y mejorar sus medios de vida. Una vez capacitados, los alumnos participaron directamente en la construcción de ambas cisternas al realizar el tejido y corte de las mallas para el cuerpo de la estructura cilíndrica, al igual se les capacitó para preparación de la mezcla para poner en los muros, y se les enseñó una técnica de movimiento de la mano para aplicar de mejor manera el cemento en la estructura y el uso de fórmulas matemáticas para los cálculos de volumen y diámetro de la estructura.

Véase las carpetas [Lista de asistencia](#) y [Fotografías](#).





Figuras 9 a 12. Talleres de capacitación en construcción y uso de ecotecnologías en Yaxley.

Yodzonot Nuevo

En esta comunidad la intervención se realizó a nivel comunitario, construyendo las ecotecnias en el terreno de la Escuela Primaria Bilingüe U Naajil Xóok ich Ka'ap'eel T'aan "Álvaro Obregón"; se realizó un primero taller de capacitación en el uso de ecotecnologías el **29 de octubre de 2024**, en este taller se brindó información sobre el uso, mantenimiento y limpieza del filtro purificador Community, así como la entrega de una ficha técnica del mismo; en esta capacitación participaron 14 personas (6 mujeres y 8 hombres) entre profesores, padres de familia y alumnos.

Previo a la construcción y dando seguimiento a las pláticas informativas con la comunidad, el **22 de enero de 2025** se realizó la reunión informativa e introductoria a las tecnologías a construir en donde asistieron 5 personas (2 mujeres y 3 hombres) entre ellas los miembros del comité de agua; en esta plática se explicó nuevamente las responsabilidades y compromisos de la comunidad durante esta fase constructiva y se dio la explicación de las técnicas constructivas utilizadas para la cisterna (técnica de ferrocemento). De igual manera, se explicó a detalle los formatos de seguimiento para la recepción de materiales por parte del vigía de infraestructura; la difusión del proyecto por parte del comité hacia el resto de la comunidad, así como lo referente al monitoreo de la calidad de agua previo y posterior a la instalación de las ecotecnologías.

Por último, una vez finalizada la construcción de las ecotecnologías en Yodzonot Nuevo, lo cual se describe en el apartado correspondiente, se brindó el taller de capacitación sobre el uso, cuidado y mantenimiento de cada una de las ecotecnologías instaladas, el cual se llevó a cabo el **18 de febrero de 2025** contando con la asistencia de 27 personas (12 mujeres y 15 hombres) incluyendo a los alumnos de la primaria.

Véase las carpetas  [Lista de asistencia](#) y [Fotografías](#)





Figuras 13 a 16. Talleres de capacitación en construcción y uso de ecotecnologías en Yodzonot Nuevo.





Objetivo 2

Generar bases de conocimiento sobre el acuífero y el agua en las comunidades.

Actividades

2.1 Implementación, en cada comunidad, del programa educativo Eres Agua, Toma Conciencia a estudiantes, maestros y a los beneficiarios del proyecto.



Objetivo 2: Generar bases de conocimiento sobre el acuífero y el agua en las comunidades.

2.1 Implementación, en cada comunidad, del programa educativo Eres Agua, Toma Conciencia a estudiantes, maestros y a los beneficiarios del proyecto.

Programa de Educación Ambiental

Como parte de las acciones de Educación Ambiental de la Estrategia de Fortalecimiento a la Gobernanza Hídrica Comunitaria, se implementaron talleres y capacitaciones en las comunidades del proyecto. A continuación, se describen las acciones que forman parte del Programa de Educación Ambiental denominado «Eres Agua, ¡Toma Conciencia!» dirigido principalmente a estudiantes y profesores.

La capacitación se divide en cinco talleres:

Taller	Temas
1: <i>¿Qué sabemos de nuestro entorno?</i>	Calidad del agua, importancia de los cenotes, importancia del acuífero, ciclo del agua e Importancia cultural del agua y los cenotes; selvas y su interconexión con la salud del acuífero Percepción acerca de las problemáticas identificadas en la escuela o comunidad.
2: <i>Eres Agua ¡Toma Conciencia!</i>	Ciclo hídrico, importancia de los cenotes, importancia del acuífero, agua en el planeta, agua virtual y huella hídrica.
3: <i>Buenas prácticas en cenotes</i>	Morfología de cenotes, cenotes en la cultura Maya, arrecifes en Quintana Roo, problemáticas que afecta el acuífero de Quintana Roo, Guía de buenas prácticas para el Uso y Conservación de los cenotes y sus cuevas.
4: <i>Manejo de Residuos</i>	Residuos sólidos, 5 R (rechazar, reducir, reutilizar, reciclar y reintegrar), impactos de los residuos al agua e impacto en los océanos.
5: <i>Buen día selva, yo cuidaré de ti.</i>	¿Qué es la selva?, ¿en dónde hay selvas?, ¿quiénes habitan la selva?, ¿qué otros ecosistemas dependen de ella?, ¿cuál es la relación entre la selva y el acuífero?, ¿cuáles son las principales actividades que la amenazan?, ¿qué podemos hacer para conservarla? (Obra la Jaguará)

Tabla 2. Contenido del Programa de Educación Ambiental «Eres Agua, Toma Conciencia».

Estos talleres están dirigidos a niños y profesores y son facilitados por integrantes de Amigos de Sian Ka'an a través de actividades lúdicas y dinámicas, dentro y fuera del aula, con las que se pretende reflexionar y sensibilizar a los participantes acerca de la problemática ambiental de su escuela, localidad o región.

Memorias por comunidad

En las comunidades con intervención a nivel Comunitario se realizaron talleres en planteles educativos: En la Primaria Álvaro Obregón en **Yodzonot Nuevo** y en el Telebachillerato de **Yaxley**, los alumnos implementaron tres tipos de proyectos ambientales escolares: 1) Preparación de compostas, 2) Instalación de letreros de sensibilización ambiental y 3) Talleres de sensibilización ambiental impartidos a la comunidad.



Este programa de educación ambiental se realiza, como se mencionó anteriormente, mediante de talleres centrados en prácticas adecuadas en cenotes y cuerpos de agua, manejo de residuos sólidos y un repaso sobre el ciclo del agua y el acuífero.

Por otro lado, los estudiantes desarrollaron proyectos ambientales escolares (PAE), uno por escuela. Dichos PAE estuvieron diseñados para poner en práctica los conocimientos y habilidades adquiridas a lo largo del programa educativo. De este modo, se busca crear espacios participativos para la resolución de problemáticas ambientales identificadas por los alumnos en sus comunidades.

Yaxley

En el telebachillerato de Yaxley los jóvenes realizaron talleres de sensibilización a la comunidad sobre la problemática ambiental local relacionada a la contaminación del agua por residuos sólidos. Este programa está diseñado para generar un aprendizaje significativo acerca de la importancia del acuífero de la Península de Yucatán, lo cual implica reforzar el contenido de los talleres, con una parte práctica para generar las acciones y proyectos escolares que ayuden a mitigar las problemáticas ambientales en el espacio escolar.

Adicionalmente, los días 11 y 12 de diciembre de 2024, contando con la asistencia de 27 alumnos (12 mujeres y 15 hombres) se realizaron los talleres del Programa «Eres Agua, ¡Toma Conciencia!» en donde se abordaron temáticas relevantes como son la composición de nuestro sistema cárstico, el acuífero subterráneo y las fuentes de contaminación a través de una maqueta interactiva del acuífero y del funcionamiento de los humedales artificiales; permitiendo presentar de una manera muy visual los conceptos y mensajes de conservación hídrica. Dichas actividades representan un valor agregado, pues la exposición gráfica y explicación didáctica que se logra a través de dichos materiales generan un impacto visible en las personas incentivando su curiosidad y aumentando su sensibilidad en torno al tema.

Véase la carpeta  [Lista de asistencia](#) y [Fotografías](#)





Figuras 17 a 20. Talleres de Educación Ambiental «Eres Agua, Toma Conciencia», Yaxley.

Yodzonot Nuevo

En Yodzonot Nuevo, adicional a la presentación y plática del modelo del acuífero; y con el fin de promover el conocimiento de los ecosistemas, el cuidado del agua, fortalecer la cultura ambiental y crear proyectos ambientales colectivos con estudiantes y profesores que atiendan alguna problemática relacionada con el agua en su comunidad o escuela; los alumnos de la primaria realizaron diversas actividades didácticas (juegos) cuyo objetivo era brindar información respecto a la biodiversidad y al acuífero de su comunidad. Entre las actividades destacan: la explicación y ejercicio práctico de la toma de muestras de agua para monitoreo, juego con rompecabezas con los componentes del acuífero y el ciclo del agua; y juego de lotería con la biodiversidad regional en maya y en español.

Al igual, durante el último taller se presentó la **obra de teatro guiñol «La Jaguará»**, lo cual es fundamental para fomentar la conciencia ambiental desde una edad temprana. A través de la dramatización, los niños pueden aprender sobre la importancia del bosque y la protección de sus habitantes de una manera lúdica y educativa. La jaguara, como personaje central, ayuda a ilustrar los desafíos que enfrentan los animales debido a la caza y la destrucción del hábitat, permitiendo que las niñas y niños se identifiquen con estos problemas y comprendan la necesidad de cuidarlos.

La dramatización proporciona un recurso interactivo y atractivo que facilita la enseñanza de temas complejos como la biodiversidad, la importancia de los ecosistemas y las consecuencias de la caza indiscriminada. Además, los maestros pueden utilizar la obra como punto de partida para discusiones y proyectos educativos que promuevan la participación de los estudiantes en actividades de conservación. Por ende, Amigos de Sian Ka'an, al ofrecer esta obra, contribuye significativamente a la formación de educadores comprometidos con la protección del bosque y sus animales, fortaleciendo así los esfuerzos comunitarios de conservación a largo plazo.

En el siguiente link podrán consultar la galería de fotos completa [Fotografías](#)





Figuras 21 a 24. Talleres de Educación Ambiental «Eres Agua, Toma Conciencia», Yodzonot Nuevo.

San Antonio Segundo

Cabe mencionar que este programa está dirigido principalmente a estudiantes y profesores; por lo que, considerando la dinámica social de la comunidad de San Antonio Segundo al no contar con escuelas o profesores, se ajustaron las actividades del programa y se enfocaron las acciones en reforzar temas de conservación del acuífero y el uso y mantenimiento de las ecotecnologías.

Como parte del programa, se organizó el «Festival del Agua y la Vida» (en maya, «U Cha' Anil Kuxtal Yéeteel Ja'»), donde se realizaron las siguientes actividades:

1. **Pláticas en lengua maya** sobre el sistema cárstico, el acuífero subterráneo y las fuentes de contaminación, usando la maqueta interactiva permitiendo presentar de una manera muy visual los conceptos y mensajes de conservación hídrica.
2. Actividades participativas con los habitantes, quienes plasmaron en dibujos las fuentes de agua que utilizaban antes y después de la instalación de ecotecnias para la captación y almacenamiento de agua.
3. **Exposición fotográfica itinerante** de las principales especies de aves de la región, destacando la biodiversidad local.
4. Juegos didácticos diseñados para reforzar el aprendizaje de los conceptos clave de conservación ambiental.



Este enfoque integral permitió generar conciencia ambiental y fomentar la participación de las comunidades en la protección del acuífero y su entorno natural, promoviendo la sostenibilidad y la educación inclusiva.

En el siguiente link podrán consultar la galería de fotos completa [Fotografías](#) 📷



Figuras 25 a 27. Actividades de Educación Ambiental en San Antonio Segundo.

Monitoreo comunitario de la calidad del agua

Para reforzar las acciones educativas de la EFGHC, se dio continuidad al programa de Ciencia Ciudadana con las campañas de monitoreo de calidad del agua por parte de los grupos comunitarios capacitados para hacerlo en cuerpos de agua en su entorno local.

Los participantes realizan muestreos en sus comunidades enfocados en analizar la calidad del agua; en el caso de San Antonio Segundo, los cuales ya cuentan con ecotecnias de captación y almacenamiento de agua de lluvia, realizan los monitoreos comparativos entre el agua de las cisternas y el agua de los pozos. Para el caso de **Yodzonot y Yaxley**, los cuales cuentan con servicio de almacenamiento brindado por la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA) se analiza la calidad del agua que llega a los hogares desde la cisterna comunitaria, así como de los pozos en uso o abandonados en la comunidad.





Figuras 28 y 29. Monitoreo Comunitario del agua en Yaxley (izquierda) y San Antonio Segundo (derecha).

De manera general, los parámetros fisicoquímicos que se han medido son: turbidez, alcalinidad, dureza, temperatura, oxígeno disuelto, pH, sólidos disueltos totales y conductividad eléctrica. En el caso de los análisis bacteriológicos, se ha cuantificado la concentración de bacterias de *E. coli* y otras coliformes.

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos analizados son clasificados con base en la **NOM-127-SSA1-2021**, que determina los límites permisibles para agua para uso y consumo humano. Por su parte, los datos bacteriológicos han sido clasificados con base en la Norma EPA- 820-F-12-061 que determina probabilidades de desarrollar una infección con relación a la cantidad de bacterias de *E. coli* halladas.

Algunos de los hallazgos más relevantes de los monitoreos realizados con la participación de los comités del agua e integrantes de las comunidades son los siguientes:

En los tres análisis realizados en pozos se observa que la cantidad de dureza está cerca del límite permisible para consumo humano (500 mg/L), a excepción del muestreo realizado en la cisterna de captación de agua de lluvia, donde la cantidad de dureza es 10.63 veces menor al promedio de dureza obtenido en los pozos. Cabe destacar que la concentración de dureza en el agua puede implicar riesgos para la salud, ya que su aumento está asociado con una mayor probabilidad de desarrollar cálculos renales.

Otro hallazgo interesante fue la baja concentración de *E. coli* en los sitios de muestreo, lo que, en el caso del agua de pozo, podría estar relacionado con el hecho de que los muestreos fueron realizados en temporada de lluvias, cuando el aporte de agua pluvial al acuífero suele diluir las concentraciones de bacterias halladas en temporada de sequía.

En el caso de la cisterna, se halló una cantidad mínima de *E. coli* que no representa un riesgo considerable y cuya fuente podría estar asociada con el escurrimiento de tierra desde las techumbres y canaletas. Al respecto, el



equipo de ASK comunica regularmente a los propietarios de cisternas la importancia de realizar limpiezas periódicas para mantener una buena calidad del agua.

Tabla 3. Datos del monitoreo de la calidad del agua

Nombre del sitio de muestreo	Tipo de sitio	Fecha muestreo	Hora	T. aire (°C)	T. agua(°C)	Dureza (mg/L)	Alcalinidad (mg/L)	pH	Oxígeno Disuelto (ppm)	% Saturación de oxígeno	Turbidez (JTU)	Otras coliformes (UFC)	E. coli (UFC - en 100 ml)	Sólidos Disueltos totales (ppm)	Conductividad eléctrica (Ms/cm)
San Antonio Segundo	Pozo	21/08/2024	17:35:00	30,0	27,0	380,0	S/D	7,3	4,00	55,00%	2	2500,00	100,0	679	1362
	Cisterna	21/08/2024	17:40:00	30,0	27,9	40,0	S/D	8,5	S/D	S/D	2	233,00	<100,0	58	116
Yaxley	Pozo	20/08/2024	17:50:00	36,0	27,0	460,0	S/D	6,5	3,80	47,00%	4	800,00	33,3	621,00	1246,00
Yodzonot Nuevo	Pozo	22/08/2024	11:30:00	33,0	28,0	440,0	S/D	7,7	S/D	S/D	4	2500,00	0,0	741,00	1481,00
	Pozo	18/02/2025	12:15:00	32,0	25,5	420,0	235,0	7,9	S/D	S/D	2	2500,00	33,3	687,00	1370,00
Referencia						500*							>600,00*	1000***	

*Límite permisible para consumo humano (NOM-127-SSA1-2021)

** >600,00 UFC/100 ml representa un alto riesgo de contraer enfermedades gastrointestinales (EPA)

*** Límite permisible para consumo humano (NOM-127-SSA1-2021)

En el siguiente enlace podrán consultar los Reportes de monitoreo de calidad de agua de cada una de las 3 comunidades, así como las imágenes correspondientes. [Fichas Monitoreo de la calidad del agua](#) y [Fotografías](#).





Objetivo 3



Contar con infraestructura para el manejo hídrico en 3 comunidades de Maya Ka'an.

Actividades

3.1 Gestiones y coordinación para la adquisición de mano de obra y materiales para la instalación de ecotecnias.

3.2 Diseño e instalación de 31 ecotecnias en 3 localidades.

3.3 Revisión de avances y supervisión de instalación.

3.4 Entrega de las ecotecnias a la comunidad.



Objetivo 3. Contar con infraestructura para el manejo hídrico en 3 comunidades de Maya Ka'an.

3.1 Gestiones y coordinación para la adquisición de mano de obra y materiales para la instalación de ecotecnias.

Gestiones y adquisición de mano de obra

Como parte de las gestiones para el inicio de las acciones constructivas, se realizó el proceso de contratación de la brigada que realizará las obras en las 3 comunidades del proyecto. Para dicha contratación, se consideró que las actividades a realizarse para la construcción e instalación de ecotecnologías del agua en localidades rurales implica logística y movilidad flexible, así como conocimiento de la ubicación de las comunidades a atender y las técnicas de construcción específicas para la región; por tal, se realizó la contratación de un contratista especializado en instalaciones hidrosanitarias y eléctricas, así como en proyectos y obras de construcción. Cabe señalar que tanto él como parte del personal a su cargo, dominan la lengua maya, por lo que pueden entablar cualquier tipo de comunicación con los pobladores de las comunidades.

Paralelamente a esto, se realizaron las gestiones correspondientes para la compra y traslado de materiales a cada una de las comunidades, conforme a calendario, con una casa de material y distribuidora autorizada ubicada en la comunidad de Felipe Carrillo Puerto, al ser la cabecera municipal.

Una vez consolidadas estas contrataciones, se iniciaron las acciones formales de construcción en la comunidad con una brigada de entre 4 a 6 trabajadores. Cabe destacar que, en cada una de las comunidades, previo al inicio de las acciones constructivas se realizó la revisión técnica para identificar las áreas donde se realizaría la construcción de cada una de las ecotecnologías en función de la ubicación de la infraestructura existente, la topografía, características del suelo, así como la petición de los beneficiarios; de igual manera, se definieron y afinaron las técnicas constructivas necesarias para las acciones del proyecto.



3.2 Diseño e instalación de 31 ecotecnias en 3 localidades.

Elección y diseño de las ecotecnologías a instalar

Como se ha presentado anteriormente, la selección del catálogo de ecotecnias a instalar se desarrolló de acuerdo con los siguientes pasos:

- Recopilación de información sobre las tecnologías disponibles para proyectos de gestión hídrica, a través de la organización de 2 talleres de expertos en febrero de 2021 en donde se presentaron 34 ecotecnologías.
- Presentación de los resultados generales sobre las tecnologías disponibles, para validarlas, así como establecimiento de los criterios de evaluación.
- De acuerdo con los resultados de ambos talleres, se llevó a cabo la evaluación cualitativa y cuantitativa de las ecotecnias.
- Definición del catálogo de tecnologías, identificando las características para su implementación con base en los 3 diferentes escenarios.

Para el desarrollo del catálogo de tecnologías se realizó una evaluación cualitativa y cuantitativa de las ecotecnias. Los materiales que se incluyeron para realizar la valoración de las tecnologías fueron las 8 lecciones aprendidas de la primera etapa, las descripciones y principales características, y los costos. La evaluación se realizó sobre una lista de 34 ecotecnias diferentes, donde se identificaron que 7 ecotecnias cuentan con las características para propiciar un incremento en la apropiación y uso por parte de los posibles beneficiarios; propiciar el fortalecimiento de los beneficios ambientales, así como una mejora en la calidad de vida de los habitantes en las comunidades.

El catálogo se divide en 3 secciones según el propósito de las tecnologías: 1) Tecnologías de captación, 2) Tecnologías de almacenamiento y 3) Tecnologías de Tratamiento; las cuales se enlistan a continuación:

Captación	Almacenamiento	Tratamiento
<input type="checkbox"/> Techumbre <input type="checkbox"/> Sistema de Captación de Agua de Lluvia (SCALL)	<input type="checkbox"/> Cisterna	<input type="checkbox"/> Filtro purificador <input type="checkbox"/> Sanitario Ecológico <input type="checkbox"/> Contenedor de lodos <input type="checkbox"/> Humedal artificial





Figuras 30 y 31. Ecotecnologías que conforman el paquete de instalación.

Ecotecnologías a instalar por comunidad en la propuesta inicial

«CReW+ México: Implementando soluciones para la gestión integrada del agua y las aguas residuales para un Caribe limpio y saludable»

Municipio	Localidad	Nivel	Ecotecnia							TOTAL
			SCALL	Cisterna	Sanitario ecológico	Rehabilitación Sanitario	Humedal (V/C)*	Contenedor de lodos	Filtro purificador (V/C)*	
Felipe Carrillo Puerto	San Antonio Segundo	Vivienda	0	0	0	8	4	0	8	20
	Yaxley	Comunitario	1	1	2	0	1	1	1	7
	Yodzonot Nuevo	Comunitario	1	1	0	1	0	0	1	4
			<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>9</u>	<u>5</u>	<u>1</u>	<u>10</u>	<u>31</u>

Simbología

* V: Nivel vivienda/ C: Nivel Comunitario

#	Nivel vivienda
#	Nivel comunitario
	Ecotecnia adquirida

Memorias de cálculo

A continuación, se presentan las memorias de cálculo e información técnica y de diseño de cada una de las ecotecnias que conformarán el paquete ecotecnológico, se elaboraron los planos o ilustraciones con medidas y especificaciones técnicas.



La información en extenso puede consultarse en: [Fichas técnicas ecotecnologías](#)

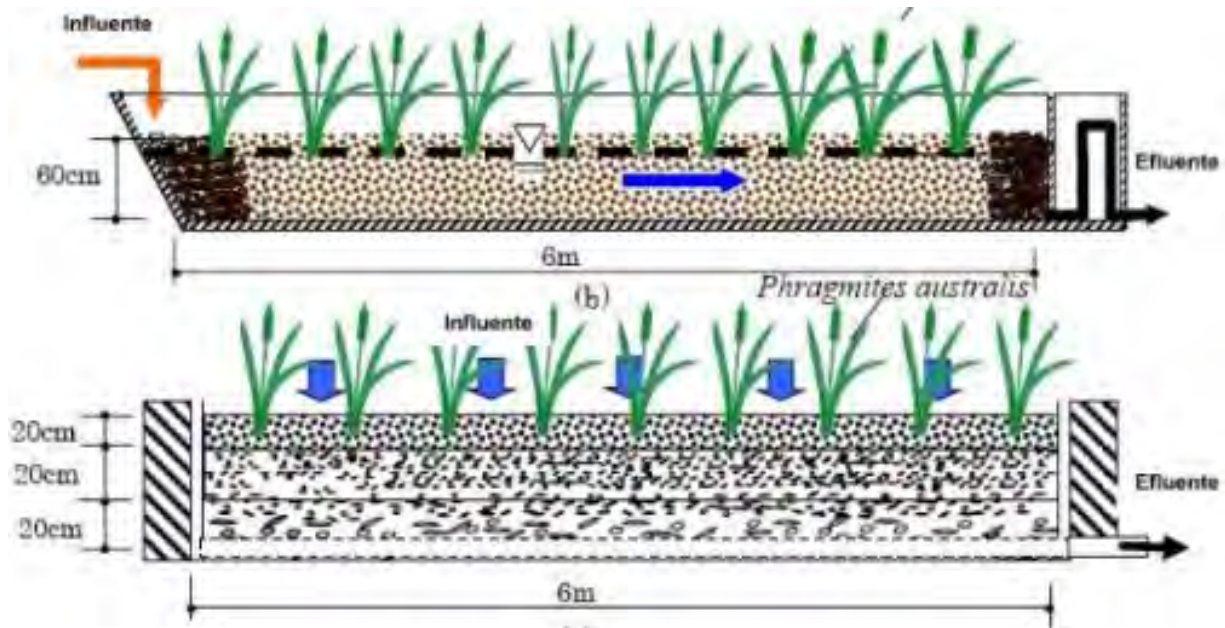


Figura 32. Diseño de humedales de flujo sub subhúmedo.

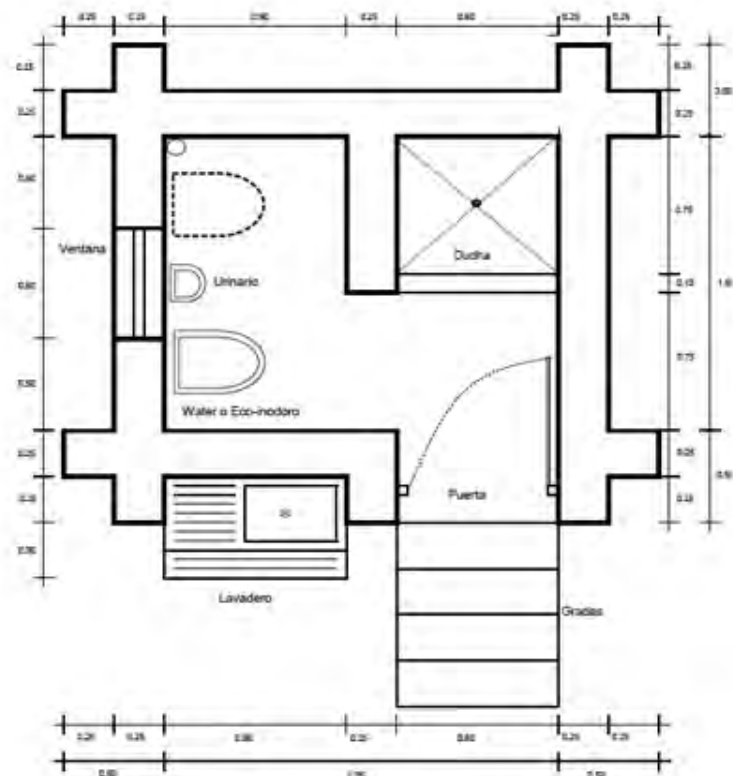


Figura 33. Especificaciones técnicas de la rehabilitación sanitaria.



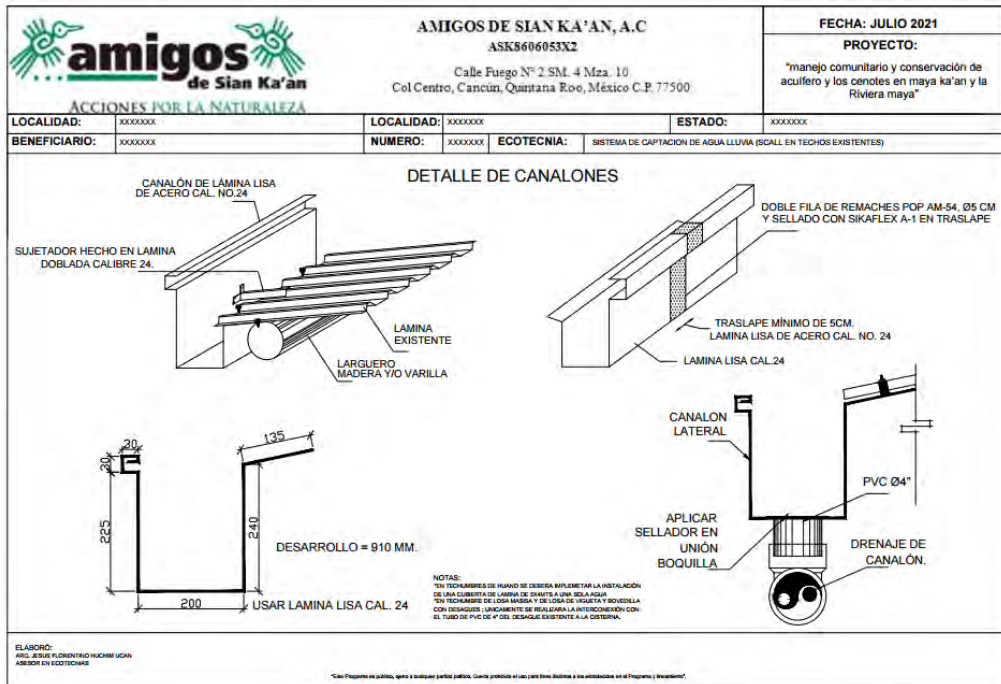


Figura 34. Plano del Sistema de Captación de Agua de Lluvia (SCALL).



3.3 Revisión de avances y supervisión de instalación.

San Antonio Segundo.

Ecotecnologías propuestas

Municipio	Localidad	Nivel	Ecotecnia							TOTAL
			SCALL	Cisterna	Sanitario ecológico	Rehabilitación Sanitario	Humedal (V/C)*	Contenedor de lodos	Filtro purificador (V/C)*	
Felipe Carrillo	San Antonio Segundo	Vivienda	0	0	0	8	4	0	8	20

Previo al inicio de las actividades constructivas, en conjunto con el contratista se realizó el levantamiento topográfico de los sitios de instalación de las ecotecnologías nuevas y existentes en función de optimizar los espacios, respetar el paisaje rural y garantizar la eficiencia y correcto funcionamiento de las conexiones hidráulicas. La distribución de la comunidad de San Antonio y las ecotecnologías respectivas por familia pueden consultarse en la siguiente imagen; de igual manera, puede consultarse esta información en formato [KML](#).



Figuras 35 y 36. Levantamiento técnico en San Antonio Segundo.





Figura 37. Imagen satelital de la distribución espacial en la comunidad de San Antonio Segundo.

Ajustes basados en la Teoría del Cambio

Una vez realizado el levantamiento y consideraciones técnicas y retomando la teoría del cambio a la que se hizo alusión en el Primer Informe, se describe la situación demográfica previa y actual en la comunidad respecto al nivel de intervención, así como la propuesta de ajuste en función de incrementar los alcances y metas del proyecto:

Planteamiento inicial	Situación actual	Ajuste
8 rehabilitaciones sanitarias	Solo 6 familias continúan viviendo en la comunidad.	El recurso destinado a la rehabilitación de los dos sanitarios en abandono sea utilizado para las acciones de mantenimiento de los SCALL y cisternas.
8 filtros purificadores a Nivel vivienda		Se propone que los 2 filtros purificadores excedentes se entreguen en otra comunidad donde pueden generar un mayor impacto del proyecto.
4 humedales artificiales a Nivel vivienda	Construcción de 6 humedales artificiales, uno por vivienda.	Considerando la distancia y distribución de las viviendas, se decidió construir 1 humedal por vivienda.
N/A	6 cisternas y 6 SCALL's instalados en 2021 (ASK-SEDES0)	Reparaciones mantenimiento de los SCALL y cisternas en uso a fin de garantizar un óptimo aprovechamiento y disponibilidad de agua de lluvia para uso doméstico y consumo, así como para fortalecer la apropiación por parte de los beneficiarios.

Tabla 4. Ajustes basados en la Teoría del Cambio.



Cabe mencionar que estos ajustes se realizaron en total congruencia con el presupuesto destinado para la comunidad y fortaleciendo los alcances del proyecto con la instalación adicional de 2 humedales artificiales, la rehabilitación y mantenimiento de 12 ecotecnologías (6 SCALL, 6 cisternas) y la entrega de los 2 filtros restantes en la comunidad de Dzaptún.

Humedales artificiales

Para determinar la ubicación de los humedales artificiales para cada vivienda y derivado del levantamiento técnico previamente mencionado, se identificaron las zonas de lavado de ropa y utensilios de cocina (bateas) como fuente potencial de aporte de nutrientes y aguas jabonosas al acuífero subterráneo, ya que el desagüe de estas se encuentra directamente al suelo provocando acumulación de agua, fungiendo como una fuente potencial de riesgos a la salud al brindar condiciones idóneas para la proliferación de vectores de enfermedades, como son los mosquitos o moscas. Por lo cual se decidió realizar la conexión directa de estas fuentes de aguas grises a los humedales artificiales; a fin de aumentar el flujo intermitente de agua a estos, disminuir los impactos al acuífero por descarga de aguas jabonosas y aumentando el volumen de agua saneada en la comunidad.

Considerando lo anterior, así como la ubicación de los sanitarios existentes en la comunidad, se decidió incrementar la construcción de humedales artificiales de 4 a 6 (uno por familia) esto conforme la distancia entre viviendas y respetando los perfiles de inclinación del terreno, tomando en consideración que el sitio seleccionado para la construcción del humedal debe considerar al menos, que este quede ubicado cercano a la fuente del agua residual, por supuesto que se disponga de suficiente área, de preferencia que tenga una ligera inclinación para facilitar el flujo hidráulico entre unidades de la planta y que no esté localizado en áreas inundables (Tanaka, 2011)⁴.

Respecto a la inclinación, Kadlec y Wallace (2009)⁵, señalan que los sitios con un tres por ciento de pendiente son a menudo los más fáciles de trabajar en términos de establecer un perfil hidráulico que fluye por gravedad. Sin embargo, si no se han realizado investigación es para determinar una inclinación óptima, recomienda una pendiente de 0.5 a uno por ciento para un drenaje adecuado en los humedales artificiales (Chalk y Wheale, 1989)⁶. Lo anterior, también fue considerando para la designación de los sitios de construcción, los cuales se ubicaron en zonas donde la topografía natural de la comunidad permitiera el flujo por gravedad con una pendiente de al menos 3% para garantizar el flujo hídrico y que este no se encontraran en zonas inundables en época de lluvias.



Figura 38. Ubicación de humedal artificial respecto a la pendiente del terreno.

⁴ Tanaka, N., Jinadasa, K., & Ng, W. (2011). *Wetlands for Tropical Applications: Wastewater Treatment by Constructed Wetlands*. London: Imperial College Press.

⁵ Kadlec, R., & Wallace, S. (2009). *Treatment Wetlands*. CRC Press. Boca Ratón, FL, USA.

⁶ Chalk, E., & Wheale, G. (1989). The root-zone process at Holtby Sewage Treatment Works. *Journal IWEM*, 3, 201-207.



Para consultar especificaciones técnicas de la construcción de estos humedales véase [Anexo Técnico 1](#).

De igual manera, en el siguiente link podrán consultar la galería de fotos completa [Preparación de los sitios y armado de estructuras](#).

Rehabilitación de Sanitarios

Conforme al diagnóstico realizado durante la visita técnica de revisión, se observó que cada uno de los 6 sanitarios tenía diferentes necesidades de reparaciones que incluyen desde la reinstalación de los biodigestores hasta el cambio o reposición de piezas interiores (pomos, mangueras hidráulicas, entre otras).

En cuanto a los biodigestores, estos se encontraban en buen estado, por lo que solo fue necesaria la recolocación de uno de ellos y sus partes (tanque séptico, contenedor de sólidos y registro de lodos) a nivel subterráneo; para ello se realizó una excavación de 1 m de profundidad x 1.70 de ancho, para el tanque séptico y de menores dimensiones para los demás componentes, a todos estos se les construyó una base de cemento para su contención y evitar la movilidad para su correcto funcionamiento. Los otros 5 biodigestores fueron asegurados y acomodados con esta misma base de cemento con el objetivo de evitar un mal funcionamiento o inhabilitación por movilidad o inundación. Respecto a las conexiones hidráulicas, todas las tuberías provenientes de los inodoros fueron reconectadas hacia los biodigestores; mientras que las aguas grises del lavabo y regadera fueron separadas de las aguas negras y conectadas directamente al humedal. En cuanto a detalles exteriores en los sanitarios se cambiaron las cerraduras, mangueras para WC y tuberías de lavabos.

En el siguiente enlace podrá consultar la galería de fotos completa [Rehabilitaciones Sanitarias](#)



Antes

Después

Figuras 42 y 43. Rehabilitación de sanitarios y conexiones.



Yaxley

Ecotecnologías propuestas

Municipio	Localidad	Nivel	Ecotecnia							TOTAL
			SCALL	Cisterna	Sanitario ecológico	Rehabilitación Sanitario	Humedal (V/C)*	Contenedor de lodos	Filtro purificador (V/C)*	
Felipe Carrillo Puerto	Yaxley	Comunitario	1	1	2	0	1	1	1	7

Tras la visita técnica realizada en mes de noviembre, se determinó construir sanitarios dobles, separados para damas y caballeros; ya que, en el Telebachillerato carecen de baños en condiciones adecuadas. Los ya existentes son de construcción rudimentaria y descargan sus aguas negras en un sumidero, provocando así la contaminación directa del acuífero, por lo que la nueva construcción se realizó cumpliendo las condiciones necesarias de pendiente y topografía, para garantizar un funcionamiento adecuado con los demás elementos de tratamiento de aguas residuales.

A la par de la construcción de los sanitarios, se designó el área para la construcción del contenedor de sólidos y el humedal artificial detrás de éstos esto aprovechando la pendiente natural del terreno. Esta condición a desnivel permite un mejor flujo por gravedad eficientizando la descarga de las aguas residuales, reduciendo la necesidad de bombeo y optimizando el proceso de tratamiento. La elección del espacio se fundamentó en la amplitud del terreno disponible poniendo especial atención a que la ubicación se encuentre en una zona no inundable, lo que garantiza una adecuada capacidad de absorción y tratamiento de los efluentes. Al igual, su proximidad a los sanitarios minimiza la extensión de tuberías, reduciendo costos de instalación y pérdidas de caudal. Esta disposición también facilita el mantenimiento y monitoreo del sistema, asegurando su correcto funcionamiento y eficiencia en la depuración del agua.

Para los Sistemas de Captación de Agua de Lluvia y Cisternas, se consideró la topografía y espacio del área disponible para construcción; por tal se decidió realizar la construcción de dos cisternas de ferrocemento, cada una con una capacidad de 10 mil litros aprovechando la cercanía a las superficies de captación con una pendiente adecuada para que se facilite el escurrimiento hacia el sistema de recolección, el primer sistema se construyó a un costado de los baños con el fin de captar el agua del



Figuras 44 y 45. Levantamiento técnico y toma de medidas en el Telebachillerato Comunitario Yaxley.



techo de los mismos y la segunda se construyó continua a los salones de clases que cuentan con una amplia techumbre de lámina.

La distribución de las ecotecnologías puede consultarse en la siguiente imagen, así como la información en formato [KML](#) para un mayor detalle y escala.



Figura 46. Fotografía con dron de la distribución espacial de las ecotecnologías en el Telebachillerato Yaxley.

Sanitario Ecológicos

Como se mencionó anteriormente, en el predio donde se encuentra el Telebachillerato, el alumnado y profesores no contaban con sanitarios; si bien, se había habilitado como baño un espacio en una palapa en las cercanías de las aulas, éste se encontraba construidos de manera rudimentaria sin contar con un sistema de desagüe de aguas negras apropiado, ya que al descargarse directamente a un sumidero o fosa séptica, permitía la filtración y descarga de aguas residuales al acuífero subterráneo; adicional a que esta estructura no cuenta con un área de lavado de manos, lo cual podría considerarse un factor de riesgo a la salud.

La intervención en esta comunidad inició con la construcción de dos sanitarios ecológicos (damas y caballeros) arrancando con los trabajos previos a la cimentación (limpieza del área, excavación y aplanado) en el área designada; una vez finalizado esto, se procedió con el proceso constructivo, para los cimientos se utilizó piedra de mampostería, extraída del lugar de la excavación, con una base con zapatas y una cadena de nivelación; obteniendo una superficie total de 3.80 x 3.80 m (14.4 m²) para el área de sanitarios. Posteriormente, se realizó



el levantamiento de muros exteriores y el muro divisorio para dos compartimentos independientes (sanitario de damas y caballeros).

Continuando, se integraron los castillos y cadena de cerramiento para la colocación de vigas, bovedillas y malla electrosoldada y el colado del techo, con una ligera pendiente para recolección de agua; previo a colar los castillos, se realizó la preparación eléctrica necesaria para que en su momento se realice la conexión eléctrica.



Figuras 47 y 48. Construcción de paredes y techo de los Sanitarios ecológicos.

Para las paredes o muros interiores y exteriores, se realizó el aplanado y acabado con masilla fina por dentro y por fuera; de igual manera, se efectuó la instalación hidrosanitaria para regaderas, WC's , lavabo y coladeras correspondientes. Cabe mencionar que estas conexiones hidrosanitarias se encuentran separadas, (las aguas grises de las aguas negras), donde las aguas grises van directo al humedal y las negras pasan antes por dos contenedores de sólidos consecutivos, para lograr una mejor separación de sólidos y un flujo lento de los líquidos.

Si bien, actualmente la escuela no cuenta con bomba o un pozo de donde obtener el agua para llenar el funcionamiento de un tinaco; se preparó toda la instalación hidráulica del techo para poder conectar un tinaco posteriormente. Considerando esta situación, se tomó la decisión de construir una cisterna junto a los sanitarios para que puedan contar con una fuente de agua cercana para el uso de estos.

Se completaron los acabados internos y externos, aplicando masilla para asegurar una superficie uniforme y estética. Finalmente, se pintó de blanco toda la estructura, brindando un acabado limpio y luminoso, y se aplicó impermeabilizante en el techo para garantizar la protección contra filtraciones y aumentar la durabilidad de la construcción. Al igual, se incluyó la instalación de los accesorios interiores: llaves de nariz, inodoros (WC) y un mingitorio y un lavabo en el área exterior de la estructura.





Figuras 49 y 50. Acabados interiores y exteriores de los Sanitarios ecológicos.

Contenedor de sólidos

Como parte del sistema de tratamiento y depuración de aguas residuales, se construyó junto a la pared trasera de los sanitarios un contenedor de sólidos de dos cámaras, diseñado para optimizar el manejo y la sedimentación de residuos. Este contenedor recibe las tuberías de aguas negras (WC's y mingitorio) provenientes de ambos sanitarios; cuenta con dos cámaras separadas por un muro que incluye un paso de tubería y canaliza las aguas negras ya sedimentadas del sanitario al humedal artificial para un tratamiento secundario.

El contenedor de sólidos tiene como objetivo reducir la materia en suspensión, es un dispositivo que permite un tratamiento primario de las aguas residuales, reduciendo, por tanto, su contenido en sólidos en suspensión, tanto flotantes como sedimentables. En éste se dan dos procesos:

- **Físicos:** por la acción de la gravedad se separan los sólidos sedimentables presentes en las aguas a tratar (que se van acumulando, en forma de lodos, en el fondo del contenedor), de los flotantes. La capa intermedia entre lodos y flotantes constituye el agua tratada.
- **Biológicos:** la fracción orgánica de los sólidos sedimentables que se acumulan en el fondo del contenedor experimenta reacciones de degradación anaerobia, licuándose, reduciendo su volumen hasta en un 40% y desprendiendo biogás, mezcla de metano y dióxido de carbono, principalmente, y en mucha menor cuantía de compuestos del azufre (ácido sulfhídrico, mercaptanos, etc.), principales responsables de los olores desagradables que se desprenden en estos⁷.

Para consultar las especificaciones técnicas y constructivas, véase [Anexo Técnico 2](#).

⁷ <https://www.iagua.es/blogs/juan-jose-salas/humilde-fosa-septica-fundamentos-tipos-y-diseño>





Figuras 51 y 52. Contenedor de sólidos de dos cámaras.

Humedal artificial

Derivado del levantamiento técnico y tomando en cuenta la construcción previa de los sanitarios se determinaron los criterios para la selección del sitio de construcción del humedal artificial. La ubicación fue seleccionada por el personal técnico, los profesores y el comité del agua, concluyendo en un área descampada en la parte trasera de los sanitarios, que está en un terraplén, esta condición topográfica nos permite aprovechar la pendiente natural del terreno y asegura un mejor flujo por gravedad eficientizando el efluente de las aguas residuales, reduciendo la necesidad de bombeo y optimizando el proceso de tratamiento como lo indican y también disminuye costos operativos.⁸⁻⁹

Se seleccionó un área con suficiente extensión para garantizar la capacidad de tratamiento y permitir futuras expansiones si fueran necesarias¹⁰. Para el cálculo de dimensiones, se tomó en cuenta el número de usuarios (alumnos y profesores) y la dotación de agua promedio para un alumno en un horario escolar el cual varía según la región, el clima y las instalaciones disponibles.

Para la construcción del humedal, a diferencia de los humedales construidos en la comunidad de San Antonio Segundo, al ser una estructura mucho más grande y por tanto contendría más peso y volumen, se optó por una técnica constructiva tradicional con bloc y cemento.

Se construyó 1 Humedal de Flujo Sub Superficial (HFSS) vertical, tomando en cuenta algunas de las recomendaciones del Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento (CONAGUA, 2007)¹¹. Para la construcción, se decidió utilizar un cemento tipo II antihumedad e impermeabilizante en polvo realizando una mezcla combinada de estos cementantes ya que se requiere una resistencia moderada a los sulfatos.

Para consultar a detalle el proceso constructivo, consultar [Anexo Técnico 2](#).

⁸ Kadlec, R. H., & Wallace, S. D. (2009). Treatment wetlands (2nd ed.). CRC Press.

⁹ Vymazal, J. (2011). Constructed wetlands for wastewater treatment: five decades of experience. Environmental Science & Technology, 45(1), 61-69.

¹⁰ Wu, S., Wallace, S., Brix, H., Kusch, P., Kirui, W. K., Masi, F., & Dong, R. (2014). Treatment of industrial effluents in constructed wetlands: challenges, operational strategies, and overall performance. Environmental Pollution, 192, 245-262.

¹¹ CONAGUA Comisión Nacional del Agua. (2007). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Humedales Artificiales. México, D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.



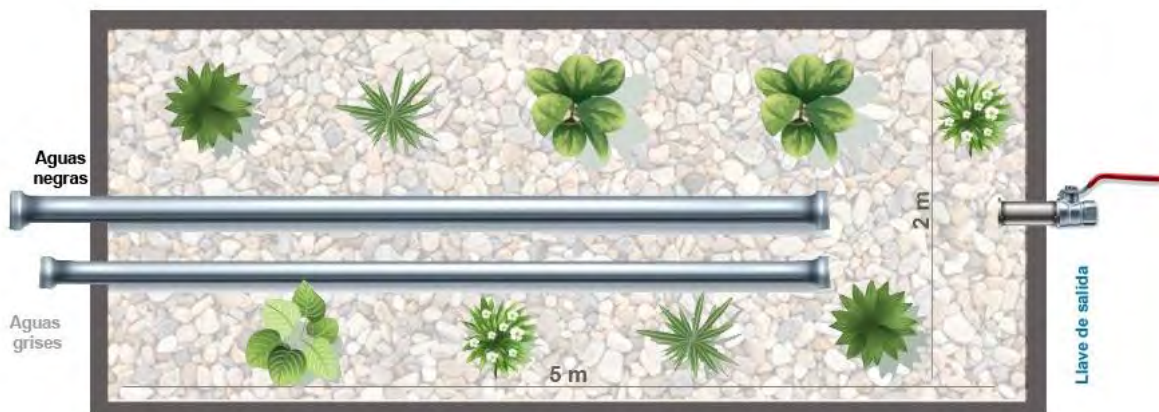


Figuras 53 y 54. Proceso constructivo del humedal artificial.

Tomando en cuenta que, para humedales de flujo subsuperficial de este tamaño se necesita que sea distribuida el agua de la manera lo más uniforme posible y que distribuya el flujo a lo largo del humedal, se empleó tubería de PVC perforada, dividida en dos sistemas: uno para aguas negras y otro para aguas grises.

Ambas tuberías afluentes fueron dispuestas a lo largo del humedal, lo que permite una distribución uniforme del agua desde la parte superior hacia la inferior. Esto favorece el flujo a pistón dentro de los sustratos, y dando un flujo a toda la cama matriz, optimizando la filtración y el tratamiento del agua. De igual manera, la tubería del efluente consiste en una única salida equipada con una válvula, permitiendo el control del flujo de salida del agua tratada.

Perspectiva aérea





Perspectiva lateral

Figuras 56 y 56. Distribución de sustratos y sistema de tuberías en el humedal artificial.

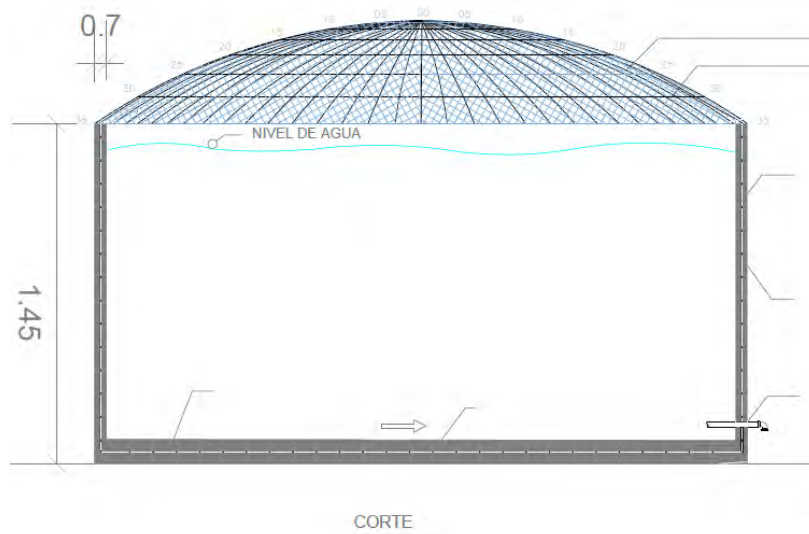
Cisterna

Para el almacenamiento del agua captada existen diversas alternativas tecnológicas, de las cuales, las más comúnmente utilizadas son los estanques de plástico polietileno, las cisternas de ferrocemento, entre otros. Teniendo en cuenta que el almacenamiento es el elemento más importante del sistema de captación, su capacidad de almacenamiento debe ser suficiente para el consumo diario del sitio de instalación; en el caso del Telebachillerato, al contar con 28 alumnos y 3 profesores, y considerando que el planteamiento de la EFGHC prevé el aprovechamiento del agua captada por los miembros de la comunidad que lo requieran, se estimó que es necesario contar con un sistema de almacenamiento construido con la técnica de ferrocemento y con un volumen de 20,000 litros.

La cisterna de ferrocemento es una estructura cilíndrica que nos permite almacenar el agua que posee algunas ventajas relevantes para los medios de vida de la región. Para la selección del diseño de la cisterna de ferrocemento se planteó una estructura cilíndrica monolítica, para aprovechar las cualidades mecánicas del mismo, como es su gran resistencia a la presión (son capaces de quedarse sin agua y no “tronar” a diferencia de las hechas con tabiques y cemento), considerando el bajo espesor de las paredes (4 a 6 centímetros).

Considerando la topografía y espacio del área disponible para construcción y tomando en cuenta la teoría del cambio; se decidió realizar la construcción de dos cisternas de ferrocemento, cada una con una capacidad de 10 mil litros, que permitan abastecer satisfacer diferentes actividades del telebachillerato, una se construyó a un costado de los baños con el fin de captar el agua del techo de los mismos y abastecer el agua que se necesita para su funcionamiento y la segunda, se construyó continua a los salones de clases que cuentan con una amplia techumbre de lámina, esta cercanía les permitirá abastecer sus necesidades de limpieza y agua potable, así como contar con suficiente agua captada para depositar en el filtro purificador comunitario.





Figuras 57 a 59. Proceso de construcción de la base, paredes y sistema de limpieza y cosecha de agua de las cisternas.

Es importante mencionar que, los alumnos participaron directamente en la construcción de ambas cisternas al realizar el tejido y corte de las mallas para el cuerpo de la estructura cilíndrica, al igual se les capacitó para preparación de la mezcla para poner en los muros, y se les enseñó una técnica de “aplicación de material para colocar de mejor manera el cemento en la estructura y el uso de fórmulas matemáticas para los cálculos de volumen y diámetro de la estructura.





Figuras 60 y 61. Armado de estructuras de las cisternas.

Sistemas de Captación de Agua de Lluvia (SCALL's)

Para la captación o cosecha de aguas lluvias desde los techos de las viviendas u otras estructuras similares, se requiere instalar un mecanismo de colecta y conducción de ellas, que se realiza mediante canaletas y tuberías que las conducen a un depósito acumulador; el conjunto de tuberías se denomina línea de conducción¹².

En armonía con la construcción de dos cisternas, se instalaron dos Sistemas de Captación de Agua de Lluvia (SCALL's); uno fue colocado en la techumbre de los salones actuales de la escuela, con un techo de lámina metálica y pendiente pronunciada. El segundo sistema se instaló en el techo de los sanitarios recientemente construidos. Se optó por un sistema de recolección cerrado, debido a la pronunciada pendiente del techo, lo que minimiza pérdidas de agua durante la captación. En la salida, se instaló una bajante conectada a una válvula antirretorno con una malla que filtra materia orgánica, evitando que esta obstruya el sistema.



Figuras 62 y 63. Líneas de conducción del SCALL instalado en los salones.

¹² IMTA. S/F. Sistema de Captación de Agua de Lluvia SCALL, Manual de instalación.

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/646900/Sistema_de_Captacion_de_Agua_de_Lluvia_SCALL_2.pdf



Se instaló a ambas líneas de conducción una válvula antirretorno con malla con un filtro y una trampa para retener hojas, ramas y otros objetos sólidos que puedan ser arrastrados por la lluvia y con ello evitar que lleguen al tanque de almacenamiento y contaminen el agua.



Figuras 64 y 65. Líneas de conducción del SCALL instalado en los sanitarios.

Para consultar más información técnica y constructiva de estos procesos, véase [Anexo Técnico 3](#).

Asimismo, en el siguiente enlace podrán consultar la galería de fotos completa [Proceso constructivo](#).



Yodznot Nuevo

Ecotecnologías propuestas

Municipio	Localidad	Nivel	SCALL	Cisterna	Sanitario ecológico	Ecotecnia			Filtro purificador (V/C)*	TOTAL
						Rehabilitación Sanitario	Humedal (V/C)*	Contenedor de lodos		
Felipe Carrillo	Yodznot Nuevo	Comunitario	1	1	0	1	0	0	1	4

En la localidad de Yodznot Nuevo se intervino también a nivel comunitario teniendo como punto focal la Escuela Primaria Bilingüe U Naajil Xóok ich Ka'ap'eel T'aan "Álvaro Obregón" actualmente con 20 beneficiarios directos distribuidos entre los alumnos de los diferentes niveles educativos (preescolar, primaria, secundaria) y sus respectivos docentes. Si bien, la instalación de ecotecnologías se realizará en el terreno escolar, el planteamiento de la EFGHC en Yodznot Nuevo se aborda desde una gestión y gobernanza comunitaria para que el uso y aprovechamiento de las ecotecnologías sea para todos los habitantes.

La distribución de las ecotecnologías puede consultarse en la siguiente imagen, así como la información en formato [KML](#) para un mayor detalle y escala.

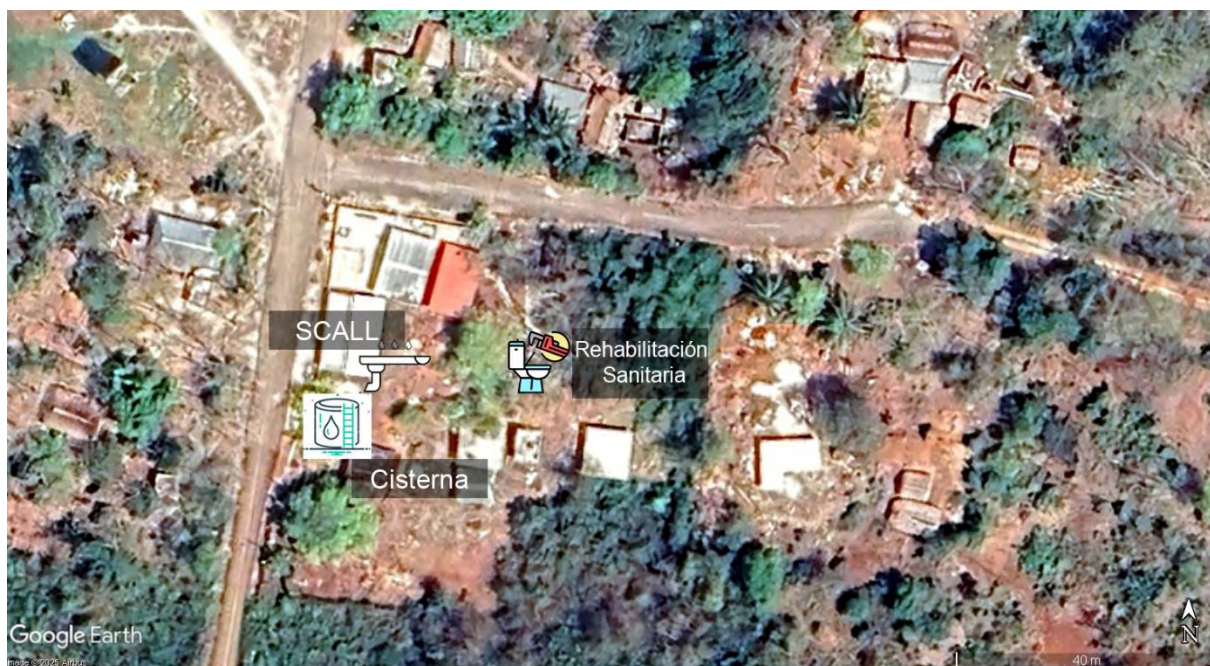


Figura 66. Imagen de satélite de la distribución espacial de las ecotecnologías en Yodznot Nuevo.

En esta comunidad, el área de construcción de la cisterna se seleccionó considerando varios factores; el primero fue respetando la petición de ubicación del cuerpo docente, el comité de agua y el delegado de la comunidad, los cuales solicitaron que la cisterna se encuentre en un área cercana a los accesos del plantel para que cuando sea necesario acarrear agua a las viviendas esto disminuya las distancias de traslado de los contenedores llenos de agua; como segundo factor se consideró un área cercana a la techumbre del domo de las canchas ya existente en la comunidad, esto para optimizar las distancias en el uso del material, así como para disminuir los riesgos de desconexión o ruptura de las canaletas del SCALL al necesitar un menor número de



extensores en la tubería; y por último se consideró el relieve del terreno, tratando de que la construcción se realice en el área con menor pendiente o declive.



Figuras 67 y 68. Levantamiento técnico en Yodzonot Nuevo.

Al igual, que en la comunidad de Yaxley se decidió realizar la construcción de la cisterna redonda de ferrocemento, con una capacidad de 20 mil litros, el ferrocemento permite la construcción de cualquier forma y por su facilidad de construcción se recomienda la forma cilíndrica con una tapa o cubierta, la resistencia la da el uso de formas curvas y circulares. que permitan abastecer satisfacer diferentes necesidades de toda la comunidad en caso de algún imprevisto.

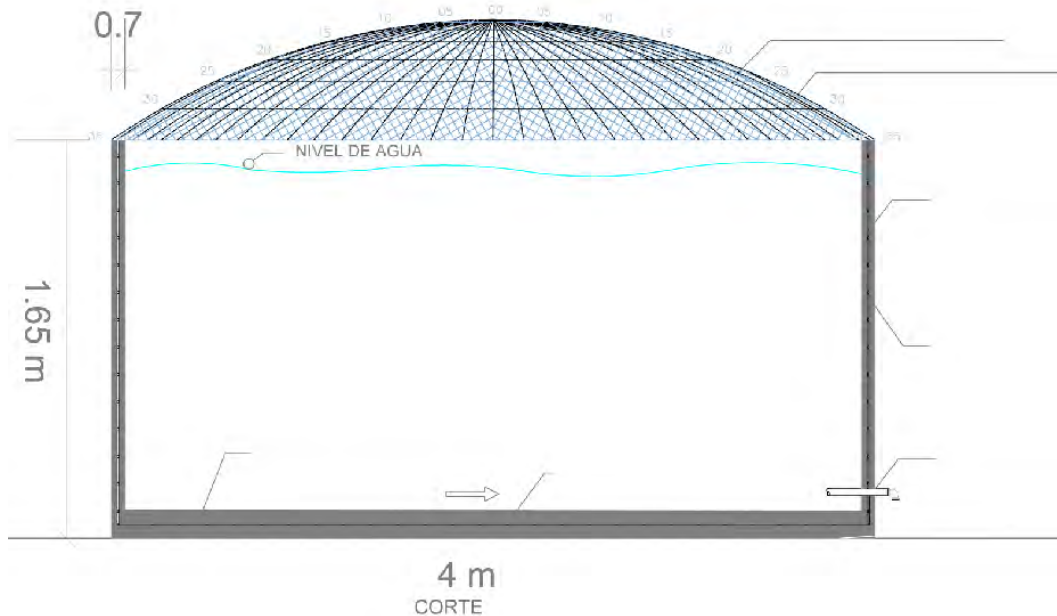


Figura 69. Plano estructural con medidas de cisterna redonda (20,000 litros).

Para el SCALL, se aprovechó la techumbre existente en el domo del plantel para que funja como superficie de captación al ser el área más grande y elevada, con una inclinación a dos aguas que facilita la recolección de lluvia. Sus características optimizan el flujo del agua hacia el Sistema de almacenamiento (cisterna), minimizando




pérdidas y asegurando una captación eficiente. Otra razón es que la amplia superficie del domo permite recolectar grandes volúmenes de agua durante cada evento pluvial, la inclinación a dos aguas favorece el escurrimiento del agua hacia las canaletas sin necesidad de modificaciones estructurales significativas, la captación evita acumulaciones innecesarias de agua en el suelo y en otras áreas de la escuela.

Asimismo, se llevó a cabo la rehabilitación de los sanitarios ya existentes en la escuela con el objetivo de mejorar sus condiciones de uso y garantizar un funcionamiento óptimo y duradero para todo el alumnado que utiliza las instalaciones.



Figuras 70 y 71. Adecuaciones sanitarias realizadas.

Para consultar a detalle los procesos constructivos e instalación de estas ecotecnologías consultar el [Anexo Técnico 4](#). De igual manera podrán consultar la galería de fotos completa  [Proceso constructivo](#)



3.4 Entrega de las ecotecnias a la comunidad y Capacitación.

Entrega de ecotecnologías por comunidad

San Antonio Segundo

Filtros purificadores

Como parte de los compromisos de dotar de herramientas a las comunidades para el uso sostenible de sus recursos hídricos; el 21 de agosto y el 24 de septiembre de 2024 se llevó a cabo la entrega y capacitación de 6 filtros purificadores LifeStraw a 6 familias de la comunidad, los cuales fueron adquiridos por GIZ en la primera etapa del proyecto CREW+. Para ambas capacitaciones asistieron un total de asistieron **8 integrantes de la comunidad** (7 mujeres y 1 hombre).

La entrega estuvo acompañada del armado y capacitación en el uso, limpieza y mantenimiento de filtros LifeStraw Family, explicándose de manera detallada el funcionamiento del filtro y entregándose fichas técnicas de los filtros donde viene de manera impresa la información del funcionamiento, beneficios e instrucciones de limpieza y mantenimiento; así como ejemplares impresos del Programa de Fortalecimiento de Capacidades, en su versión en maya para una mejor comprensión por parte de los habitantes. La versión digital de dicho documento puede consultarse en el siguiente [enlace](#).

Complementando, cada uno de los beneficiarios validó la entrega de sus filtros a través de una [Carta de entrega recepción](#).

Cabe mencionar que durante el periodo de intervención en esta comunidad se brindó revisión continua de los filtros entregados para verificar que estuvieran funcionando correctamente; alegremente confirmamos que los filtros están siendo usados por los beneficiarios y reconocen su utilidad.





Figuras 72 a 75. Entrega de filtros purificadores a las 6 familias de San Antonio Segundo.

En el siguiente enlace puede consultarse la galería audiovisual completa [Entrega de Filtros purificadores](#).

Habilitación de humedales artificiales y entrega de sanitarios rehabilitados

Una vez terminados los trabajos de rehabilitación en los sanitarios; los cuáles se entregaron funcionando de manera adecuada con las conexiones necesarias para brindar a la comunidad de un sistema de tratamiento de sus aguas residuales; y una vez finalizada la fase constructiva de los humedales artificiales; el 21 y 25 de octubre de 2024, se realizó el llenado de los 6 humedales artificiales con la participación de 9 habitantes de la comunidad (4 mujeres y 5 hombres), integrantes del equipo ASK y la brigada de construcción (Véase [Listas de Asistencia](#)).

De acuerdo con la metodología descrita en apartados anteriores, los sustratos dentro del humedal están constituidos por varias capas, encontrándose las más finas en la parte superior, aumentando el diámetro de la grava hacia abajo, dejando un bordo libre entre 15- 30 cm para la acumulación de agua y con ello evitar el desborde en caso de que exista acumulación de agua excedente considerando que la comunidad se encuentra en un área con alta incidencia de huracanes y tormentas tropicales.

Tomando en cuenta que estos humedales reciben un flujo intermitentemente de agua, para preservar y estimular al máximo las condiciones aerobias es necesario que las aguas infiltran verticalmente a través de un sustrato inerte, del más fino al más grueso sucesivamente (de arriba hacia abajo); estos sustratos se acomodaron en capas de 20 cm cada una hasta llegar a una altura de 80 cm, distribuidos de la siguiente manera:

- Vegetación
- Gravilla de 3/8
- Carbón (piezas de 5 a 7 cm) o Fibra de coco larga.
- Grava de ¾
- Rocas (laja) de la zona con medidas de 10-15 cm





Figura 76. Distribución del lecho filtrante en los humedales de la comunidad de San Antonio Segundo.

Una vez establecido el orden de los sustratos, se inició el llenado los humedales uno por uno con todos los miembros de la comunidad a fin de explicar de manera detallada las funciones de los sustratos y las razones por las que la colocación se realizaba de esta manera con el objetivo de que todos conozcan los componentes de sus humedales y las acciones de mantenimiento y uso de estos.

Durante el llenado, participaron todos los habitantes acarreando materiales a cada humedal, así como en el acomodo y distribución de los sustratos y la colocación de las plantas filtradoras. Para la primera capa de roca, se usaron piedras de la zona entre laja y sascab de un tamaño promedio de entre 10-20 cm. Posteriormente se prosiguió con 20 cm de grava de 3/8, seguidos de carbón o fibra de coco, gravilla y finalmente con la colocación de las plantas.

Las plantas que se colocaron en los humedales tienen como función la transferencia de oxígeno a la zona de la raíz. Su presencia física en el sistema (los tallos, raíces, y rizomas) permite la penetración a la tierra o medio de apoyo y transporta el oxígeno de manera más profunda, de lo que llegaría naturalmente a través de la sola difusión. Lo más importante en los humedales de flujo subsuperficial, es que las porciones sumergidas de las hojas y tallos se degradan y se convierten en lo que hemos llamado restos de vegetación, que sirven como sustrato para el crecimiento de la película microbiana fija que es la responsable de gran parte del tratamiento que ocurre.

Se colocaron plantas macrófitas provenientes de humedales de la zona dado que ya se encuentran adaptadas a las condiciones del medio, siendo resistentes a periodos de sequías e inundaciones. De igual manera se colocaron plántulas del comúnmente conocido maguey morado (*Rhoeo discolor*) especie de planta herbácea perteneciente a la familia de las commelináceas, la cual tiene una amplia distribución en la Península de Yucatán, tiene resistencia a la sequía aunque se desarrolla mejor en el agua; algunos estudios realizados a esta planta han demostrado su capacidad inhibitoria en el crecimiento de algunas bacterias, como es el caso de *Shigella flexneri* y *Escherichia coli*; además de sus componentes químicos se resalta su uso medicinal empleada en la medicina tradicional para prevenir o tratar problemas de tipo infeccioso, cáncer, gangrena, várices, lavar heridas, tos, etc. Otra de las



especies que se colocaron fue *Cyperus rotundus L. subsp. rotunduses*, conocida en la zona como “cebollín” el cual tiene un robusto sistema de raíces y rizomas subterráneos, es extremadamente resistente a las condiciones climáticas, ya que proviene de humedales de la zona.

Se definió un esquema o distribución de las plantas en toda la superficie del humedal, considerando la zona que tiene el material de filtrado de menor tamaño. Esa distribución, permite que, cuando las raíces crezcan, éstas no se “cierren” demasiado. Cada planta se colocó con una separación de 20 cm, considerando las dimensiones reducidas del humedal. En los puntos definidos para la colocación de las plantas se escarbó el material filtrante desde la superficie hasta por lo menos 15 cm más abajo para que las raíces quedaran totalmente cubiertas del sustrato fino. En ese sitio se colocan las plantas y se tapa el agujero ya con la planta, volviendo a colocar el material filtrante anteriormente removido.



Figura 77. Colecta de rocas para humedal.



Figura 78. Llenado de la primera capa de sustrato (rocas).



Figura 79. Llenado con grava.



Figura 80. Vertido de carbón.





Figura 81. Relleno con fibra de coco.



Figura 82. Colocación de las plantas



Figura 83. Relleno finalizado



Figura 84. Vista frontal del humedal.

Cabe mencionar, que tanto el carbón como la fibra de coco, usado como sustrato orgánico en los humedales artificiales fue brindado por los beneficiarios como contrapartida del proyecto. De los 6 humedales artificiales, 5 fueron rellenos con aproximadamente 4 costales de 15 kg de carbón (60 kg c/u) y un humedal fue relleno con 2 costales de fibra de coco. Siendo esta **aportación en especie de \$4,900.00** (conforme a precios del mercado):

Carbón	Fibra de coco
1 costal = \$200.00 (4 costales por humedal)	1 costal= \$445.00 (2 costales por humedal)
\$200.00 * 4 = \$800.00	\$445.00 * 2
Por 5 humedales	
= \$4,000.00	= \$900.00



Cabe recordar que, durante las actividades de relleno, se brindó la capacitación del funcionamiento final del humedal usando como herramienta didáctica un modelo a escala del humedal, en donde se explica de manera gráfica el proceso de depurado y limpieza del agua que entra al sistema proveniente de los sanitarios y lavaderos.



Fotografías 85 y 86. Modelo a escala del humedal artificial.

En el siguiente enlace podrán consultar la galería audiovisual completa [Relleno y entrega de humedales artificiales](#) y [Capacitación humedal artificial](#) 📺



LOGROS ADICIONALES

Como se mencionó anteriormente, durante el periodo de ejecución del proyecto se presentó una actualización en su situación sociodemográfica en esta comunidad; en la cual dos familias ya no se encuentran presentes en la población por fallecimiento; dichas actualizaciones fueron reportados en tiempo y forma a las instituciones aliadas en los informes parciales correspondientes.

Considerando esta situación, así como en apego a la Teoría del Cambio, se realizaron ajustes a las actividades del proyecto en función de las necesidades actuales de la comunidad y ampliando el impacto cuantitativo y cualitativo del proyecto.

El primer ajuste, el cual fue reportado en los Informes parciales de actividades entregados, se da en función de que en San Antonio Segundo ya existían ecotecnologías de captación y almacenamiento de agua, las cuales fueron construidas en colaboración Amigos de Sian Ka'an y la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOC) del Estado de Quintana Roo en el año 2021; no obstante, algunas de ellas presentaban fallas estructurales o afectaciones por las condiciones ambientales de la región, por lo que no se encontraban funcionando de manera óptima.

Derivado de esto, de manera adicional a los compromisos planteados para este proyecto se realizó la rehabilitación de los SCALL y cisternas de la comunidad y la conexión de las bateas al humedal artificial, respetando en todo el momento el presupuesto asignado a cada acción, lo cual se detalla a continuación:

Rehabilitación y mantenimiento de SCALL's y Cisternas

Conforme a la propuesta de cambio para aumentar el impacto del proyecto y fortalecer los medios de vida de los habitantes de San Antonio Segundo al contar con sistemas de captación, almacenamiento, filtración y tratamiento de aguas residuales en completo funcionamiento; con el recurso propuesto para la rehabilitación de los dos sanitarios que se encuentran en abandono en la comunidad, se realizó la rehabilitación y acciones de mantenimiento y mejoras a los 6 Sistemas de Captación de Agua de Lluvia (SCALL) y 6 cisternas que aún se encuentran funcionales en la comunidad.

Estas acciones se llevaron a cabo del 18 al 22 octubre de 2024, a la par de las actividades constructivas para los humedales artificiales en la comunidad.

SCALL's

Se rehabilitaron los 6 Sistemas de Captación, iniciando con la colocación de malla metálica criba en las canaletas existentes, ya que no se contaba con algún sistema que limitara la entrada de hojas, ramas y otra materia orgánica; por lo que cualquier agente exterior pasaba directo a la cisterna. Dicha situación había generado la proliferación de algas en el interior de estas, por lo que el agua almacenada adquiriría un color verdoso o café por el exceso de nutrientes. Para evitar esto, se limpió el sistema de canaletas y se colocó una malla metálica en la abertura para detener la entrada de residuos vegetales; se limpiaron también las tuberías de las bajantes, así como las válvulas antirretorno en donde se encontraron frutos y hojas en la tapa filtrante. Adicional, se reemplazaron 2 tuberías de bajantes que se encontraban rotas o fisuradas.




Cisternas

Para las 6 cisternas se realizó el cambio de llaves de nariz para la salida de agua dado que algunas ya presentaban cuarteaduras o presentaban fugas por estar comprometido el sellado, esto derivado del uso y el paso de animales de traspatio. Al igual, a todas las estructuras se le brindó mantenimiento exterior, lavado y cepillado de muros y techo para eliminar toda impureza como moho o verdín que se han acumulado en los últimos años por las condiciones de alta humedad en las selvas de Quintana Roo.

Se recubrieron las 6 cisternas con impermeabilizante acrílico fibratado blanco, ya que presentaban moho en el exterior, esto como una medida para garantizar la calidad del agua almacenada y proteger la estructura de la cisterna. La presencia de moho en el exterior nos indica humedad en las paredes, lo que facilita la proliferación de hongos y bacterias. Esto no solo afecta la durabilidad del material de la cisterna, sino que también representa un riesgo de contaminación si estas partículas ingresan al agua. La impermeabilización actúa como una barrera que evita la filtración de humedad, preservando la sanidad del agua y aumentando la vida útil de la estructura. Previamente al proceso de impermeabilización, se efectuó el mantenimiento lavando y cepillando los muros y techos para eliminar impurezas y realizar la correcta aplicación del impermeabilizante.

También se reforzó la entrada de la conexión bajante del SCALL a la cisterna, con una capa de cemento para sellar todos los posibles agrietamientos y filtraciones en esta zona. De igual forma, se colocó malla metálica hexagonal en la coladera de cúpula que se encuentra en el techo con el fin de mitigar la formación de moho en el interior por la entrada de hojas y restos vegetales a la cisterna, dado que el techo de estas también funciona como área de captación de agua, la cual ingresa por esta coladera en forma de cúpula

De estas 6 cisternas, se identificó que 3 de ellas presentaban mayores problemáticas ya que dos de ellas retenían agua por debajo de la altura de la llave de salida ubicada a 30 cm del fondo y una solo retenía agua a la mitad de su capacidad; por lo cual, después de una revisión detallada se determinó que las infiltraciones no se encontraban en la base o cimientos de la cisterna, si no que están distribuidas en las paredes a un nivel de 30 cm sobre la base de la cisterna. Una vez identificada la fuente de filtración y poder sellar estas grietas por completo, se cepillaron las paredes por dentro con cepillo de alambre y cincelaron en las partes más agrietadas, para poder aplicar una mezcla y resanar todas las posibles filtraciones en piso y muros cubriendo toda la superficie interior de las cisternas.

En el siguiente enlace podrán consultar la galería de fotos completa [Rehabilitación de SCALL y Cisternas](#) 





Antes

Después

Figuras 87 a 90. Rehabilitación de SCALL's y Cisternas en San Antonio Segundo.

Conexión de lavaderos o bateas

Adicional, y para incrementar el volumen de aguas residuales que se tratarán en los humedales artificiales construidos, así como reducir la cantidad de litros de aguas grises que se filtrarán al acuífero subterráneo, se canalizaron 5 de 7 bateas de lavado (ropa y utensilios de cocina) directamente a los humedales artificiales respectivos para el tratamiento de aguas jabonosas o grises; cabe mencionar que los dos lavaderos restantes, no pudieron ser conectados ya que se encontraban lejanos a las viviendas y el humedal artificial. No obstante, se hizo la sugerencia de reubicarlos para que puedan estar conectados al sistema, se designó la nueva área en donde se ubicaría y se dejaron listas las conexiones directo al humedal para que una vez que se realice esta reubicación por parte de los beneficiarios en las siguientes semanas, la totalidad de las bateas o lavaderos de la comunidad cuenten con un tratamiento de sus aguas grises.





Antes



Después

Figuras 91 y 92. Lavaderos conectados al humedal artificial para tratamiento de aguas jabonosas.


Reubicación de 2 filtros purificadores

El segundo logro adicional radica en función de dos filtros purificadores que no pudieron ser entregados en la comunidad de San Antonio Segundo, situación derivada de la reducción de habitantes.

Como se describió en el apartado correspondiente, la entrega de los filtros purificadores a los de esta comunidad se realizaron los días 21 de agosto y 24 de septiembre de 2024, entregando 6 de los 8 filtros purificadores LifeStraw adquiridos por GIZ en la primera etapa del proyecto CREW+; quedando pendiente la entrega para 2 filtros purificadores excedentes. Por lo anterior, se propuso la reubicación de dichos filtros en otra comunidad con necesidades similares en acceso al agua, generando un mayor impacto del proyecto, así como de sus beneficiarios.

Para esta propuesta se consideraron criterios relevantes, buscando que el impacto y beneficios de la entrega de los filtros purificadores sea similar o mayor al que tendría en la comunidad de San Antonio Segundo. Una vez realizado esto, se identificaron las comunidades en las que actualmente ya existe un avance en la implementación de EFGHC por parte de Amigos de Sian Ka'an, esto con el objetivo de promover la gobernanza comunitaria y la apropiación de las ecotecnologías y, se analizaron las condiciones sociodemográficas de las comunidades, especialmente en aquellas donde ha existido un incremento en las familias que ahí habitan.

Derivado de dicho análisis, se detectó que la comunidad de Dzaptún ubicada en el Municipio de Felipe Carrillo Puerto, al ya contar con la infraestructura de captación (Techumbres, SCALL y cisternas) instaladas en 2021 como parte de la colaboración entre SEDESO y Amigos de Sian Ka'an descrita anteriormente, presentaba las condiciones para ser candidata a la recepción de los filtros purificadores pendientes. Aunado a esto, se identificó que, al momento de realizar el levantamiento de información en la comunidad en 2021, solamente habitaban 4 familias en la comunidad; sin embargo, en estos últimos 2 años, 4 nuevas familias se han asentado, siendo familiares directos de las familias originarias; por lo que, a pesar de solo contar con 4 paquetes de ecotecnologías de captación y almacenamiento en la comunidad, el agua de lluvia captada es compartida entre todas las familias.

Es por ello, que se propuso la reubicación de los 2 filtros purificadores en la comunidad de **Dzaptún** ; con el fin de brindar a todos sus habitantes de filtros purificadores promoviendo una mejora en sus medios de vida y acceso a agua de buena calidad, así como la reducción de las vulnerabilidades sociales.



Dicha propuesta fue presentada de manera formal a las instituciones socias del proyecto (CONAGUA, BID, OEA) en diciembre de 2024; contando con el visto bueno y autorización de estas en enero de 2025. El documento en extenso de esta propuesta de adición y aumento de metas y resultados del proyecto puede consultarse en el siguiente enlace [Propuesta reubicación filtros CReW ene2025.pdf](#)

Cabe mencionar, que de estas 4 familias “nuevas” en la comunidad de Dzaptún, a dos se les entregarían los filtros adicionales de este proyecto; mientras que para las 2 familias restantes, Amigos de Sian Ka’an gestionó los recursos necesarios para entregar los filtros purificadores el 27 de febrero de 2025 logrando dotar a todas los habitantes de Dzaptún de ecotecnologías de purificación para su consumo, logrando una cobertura del 100% de la comunidad.

Para consultar la galería completa de fotografías, así como los formatos de entrega de los dos filtros purificadores consulte los siguientes enlaces [Fotografías](#) y [Formato Entrega filtros Dzaptún.pdf](#)



Figuras 93 y 94. Entrega de filtros purificadores en la comunidad de Dzaptún.

Considerando las modificaciones y ajustes descritos con anterioridad; se presenta a continuación el resumen de los alcances, logros e impactos adicionales del proyecto respecto a la propuesta original:

Descripción	Propuesta original	Logros alcanzados
Número de Ecotecnologías instaladas y funcionando	31	43
Número de comunidades alcanzadas	3	4
Número de beneficiarios directos	70	92
Número de lavaderos o bateas conectados a los humedales artificiales	0	5

Tabla 5. Resumen de alcances adicionales del proyecto



Propuesta original

«CRew+ México: Implementando soluciones para la gestión integrada del agua y las aguas residuales para un Caribe limpio y saludable»

Municipio	Localidad	Nivel	Ecotecnía							TOTAL
			SCALL	Cisterna	Sanitario ecológico	Rehabilitación Sanitario	Humedal (V/C)*	Contenedor de lodos	Filtro purificador (V/C)*	
Felipe Carrillo Puerto	Yodzonot Nuevo	Comunitario	1	1	0	1	0	0	1	4
	San Antonio Segundo	Vivienda	0	0	0	8	4	0	8	20
	Yaxley	Comunitario	1	1	2	0	1	1	1	7
			<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>9</u>	<u>5</u>	<u>1</u>	<u>10</u>	<u>31</u>

Resultados obtenidos

«CRew+ México: Implementando soluciones para la gestión integrada del agua y las aguas residuales para un Caribe limpio y saludable»

Municipio	Localidad	Nivel	Ecotecnía							TOTAL
			SCALL	Cisterna	Sanitario ecológico	Rehabilitación Sanitario	Humedal (V/C)*	Contenedor de lodos	Filtro purificador (V/C)*	
Felipe Carrillo Puerto	Yodzonot Nuevo	Comunitario	1	1	0	1	0	0	1	4
	San Antonio Segundo	Vivienda	6 ⁺⁶	6 ⁺⁶	0	6 ⁻²	6 ⁺²	0	6 ⁻²	30 ⁺¹⁰
	Yaxley	Comunitario	1	1	2	0	1	1	1	7
	Dzaptún	Vivienda	0	0	0	0	0	0	2 ⁺²	2 ⁺²
			<u>8</u>	<u>8</u>	<u>2</u>	<u>7</u>	<u>7</u>	<u>1</u>	<u>10</u>	<u>43 ⁺¹²</u>

* Los cambios se encuentran señalados con fondo azul.

Con estas actividades concluye la fase de intervención en la comunidad de San Antonio Segundo; haciéndose entrega de:

- 6 filtros purificadores.
- 6 cisternas rehabilitadas.
- 6 SCALL rehabilitados.
- 6 sanitarios rehabilitados y la conexión de 7 bateas de lavado al humedal.
- 6 humedales artificiales.

Si bien, se ha realizado la entrega formal a los beneficiarios del proyecto (Véase [Formato de Entrega](#)), se continuarán realizando visitas de seguimiento para fortalecer la apropiación de las ecotecnologías y gestión comunitaria del agua con sus habitantes.



Yaxley

Habilitación del Humedal artificial

Una vez finalizada la fase constructiva de la estructura del humedal, el 13 de diciembre de 2024 se realizó la habilitación (llenado) del humedal con la participación de los docentes y alumnos del telebachillerato ([Véase Lista de asistencia](#)); ambos al ser beneficiarios directos de las ecotecnologías brindaron contrapartida en especie con la mano de obra (acarreo y carga de materiales a pie de obra, deshebrado de cocos para obtención de la fibra, acomodo de materiales en el humedal).

La habilitación se inició con la recolección y acarreo de piedras (sascab y laja) de 5-10 cm aproximadamente recolectados en las inmediaciones de la zona de construcción, los cuales se colocaron en el fondo de la estructura conformando una primer capa de 20 cm de grosor; posteriormente se colocaron las siguientes capas:

- 20 cm de grava
- 25 cm de carbón y fibra de coco y
- finalmente 20 cm de gravilla.



Figura 95. Distribución de capas de sustrato del humedal artificial.

Cabe destacar, que el carbón y fibra de coco fue contrapartida de la comunidad, aportando 25 costales de carbón y 9 de fibra de coco equivalente a \$8,000.00.

Carbón	Fibra de coco
1 costal = \$200.00 (1 costal por alumno)	1 costal = \$445.00 (3 costales por salón)
\$200 x 25	\$445.00 x 9
= \$4,000.00	= \$4,005.00



Con el trabajo conjunto se logró la colocación de sustratos del humedal para recibir las aguas grises y negras a tratar de los sanitarios; quedando pendiente únicamente la colocación de las plantas en la parte superior (última capa de gavilla) ya que al acercarse las fechas de vacaciones decembrinas, las instalaciones del Telebachillerato quedarían solas y no podría darse un correcto seguimiento y cuidado a la siembra; no obstante, esta actividad se retomó el 23 de enero de 2025, fecha de entrega de formal de todas las ecotecnologías.

En dicha fecha, 25 alumnos del plantel realizaron la siembra de las plantas necesarias para realizar los procesos biológicos de este sistema (Véase [Lista de asistencia](#)). Cabe mencionar, que las plantas a utilizar fueron colectadas durante el periodo vacacional por cada uno, llevando entre 3 a 4 plantas cada uno, obteniendo un total de 80 plantas sembradas en el humedal;

Para la siembra se definió un esquema o distribución de las plantas en toda la superficie del humedal en forma de zigzag o “al tresbolillo”, ya que al no estar alineadas directamente, las raíces de las plantas tienen un mejor acceso a los nutrientes y el oxígeno del suelo, reduciendo la competencia entre individuos y favoreciendo un crecimiento más saludable y eficiente¹³; además; la disposición en zigzag evita la formación de canales preferenciales dentro del humedal, promoviendo un flujo de agua más uniforme a través de las raíces de las plantas y mejorando la remoción de nutrientes y contaminantes como nitrógeno y fósforo; por último este tipo de plantación en bolillo permite un mayor aprovechamiento del área disponible en comparación con una distribución en líneas rectas, esto se traduce en una mejor cobertura del sustrato, reduciendo la erosión y favoreciendo la estabilización del suelo.¹⁴⁻¹⁵

Respecto al tipo de vegetación a sembrar, de acuerdo con la bibliografía, se optó por diferentes tipos de plantas de acuerdo con las características de su raíz, utilizando preferentemente plantas con raíces fibrosas, tubulares o rizomatosas; así como sus características y funciones de fitorremediación dentro del humedal.

Algunas de las plantas que se colocaron fueron:

- Chile mash (*Capsicum spp.*) si bien no se considera una especie fitorremediadora, tiene la capacidad de absorber ciertos minerales del suelo;
- Menta silvestre (*Mentha arvensis*) con sistema radicular es rizomatoso, lo que le permite expandirse rápidamente y adaptarse a distintos tipos de suelo, se ha identificado su capacidad para la fitorremediación de aguas contaminadas con metales pesados como el cadmio.
- Platanillo (*Heliconia spp.*) es utilizada en procesos de fitorremediación debido a su capacidad de absorber metales pesados y filtrar aguas, además, se emplea con fines ornamentales;
- Oreja de elefante (*Xanthosoma sagittifolium / Alocasia spp.*) tiene la capacidad de absorber metales pesados y nutrientes disponibles en el suelo, en la medicina tradicional, sus rizomas se han utilizado como alimento y para tratar afecciones dermatológicas e inflamatorias;
- Lengua de vaca (*Rumex crispus*) posee una raíz que le permite extraer nutrientes de capas subterráneas del suelo, lo que la hace resistente a la sequía. Es utilizada en procesos de fitorremediación, especialmente para la absorción de metales pesados y bacterias que generan malos olores, tradicionalmente.
- Alacronias (*Heliconius spp.*) sus raíces contribuyen a la estabilidad de los sustratos y a la filtración de agua, dentro del humedal, por lo que se le considera una planta fitorremediadora, también se le valora por su uso ornamental.

¹³ Brix, H. (1997). Do macrophytes play a role in constructed treatment wetlands? *Water Science and Technology*, 35(5), 11-17.

¹⁴ Wu, S., Wallace, S., Brix, H., Kusch, P., Kirui, W. K., Masi, F., & Dong, R. (2014). Treatment of industrial effluents in constructed wetlands: challenges, operational strategies and overall performance. *Environmental Pollution*, 192, 245-262.

¹⁵ Kadlec, R. H., & Wallace, S. D. (2009). *Treatment wetlands*. CRC press.



- o Hoja de coche (*Dieffenbachia spp.*) se ha estudiado su efecto en la purificación del aire, ya que puede absorber compuestos tóxicos como el formaldehído y el benceno, se cultiva por su valor ornamental;
- o Cinta (*Chlorophytum comosum*) con raíces fibrosas que le permiten almacenar agua y sobrevivir en condiciones de sequía, es ampliamente reconocida por su capacidad fitorremediadora, ya que absorbe contaminantes del aire como el formaldehído, el monóxido de carbono y el xileno, y por qué absorbe nutrientes que se encuentren en exceso a su alcance.

Al tratarse de un sistema recién habilitado, se instruyó a los usuarios sobre la importancia de regar el humedal de manera constante para garantizar el crecimiento y la supervivencia de las plantas. Con estas acciones, se completó la habilitación del humedal, el cual ya se encuentra en pleno funcionamiento, contribuyendo al tratamiento natural de aguas residuales.



Figura 96. Llenado del humedal con carbón.



Figura 97. Colocación de la capa de grava.



Figura 98. Acomodo de las capas de fibra de coco y gravilla.



Figura 99. Finalización del llenado con capas de sustratos.





Figura 100. Colocación de plantas.



Figura 101. Humedal artificial habilitado

Durante las actividades de habilitación del humedal artificial, se brindó la información de la función de cada una de las capas de sustrato que componen la ecotecnología, la importancia de las medidas y orden en el que se colocaron. Esto adicional a los Talleres de educación ambiental y capacitación que se brindaron, los cuales se describieron en el apartado correspondiente de este Informe.

Para consultar la galería audiovisual completa de esta etapa, véase el siguiente enlace [Habilitación de humedal](#)

[Entrega de ecotecnologías](#)

Una vez finalizadas estas acciones se procedió, el 23 de enero de 2025, con la entrega formal de todas las ecotecnologías construidas e instaladas (Véase [Formato de entrega](#)), concluyendo con esto la intervención en esta comunidad con la entrega recepción de 9 ecotecnologías:

- 2 Sistemas de Captación de Agua de Lluvia
- 2 Cisternas con capacidad de 10,000 litros
- 2 Sanitarios ecológicos
- 1 Contenedor de sólidos
- 1 Humedal artificial
- 1 Filtro purificador

De igual manera, se entregó un ejemplar impreso del [Programa de Fortalecimiento de Capacidades en su versión en español](#), para que tanto los alumnos como los docentes cuente con información sobre el uso y mantenimiento de las ecotecnologías; así como material didáctico relacionado con el cuidado del agua en la región.





Figuras 114 y 115. Materiales impresos entregados relacionados con el cuidado del agua y el uso y mantenimiento de ecotecnologías.

A continuación, se presentan las fotografías de cada una de las ecotecnologías entregadas en el Telebachillerato Comunitario de la comunidad de Yaxley; en cada título se encuentra el enlace para acceder a la galería completa por ecotecnología.

[Sistemas de Captación de Agua de Lluvia Cisternas](#)



Figura 116. SCALL y cisterna del área de salones.





Figura 117. SCALL y cisterna del área de sanitarios.

 [Sanitarios ecológicos.](#)



Figura 118. Sanitarios ecológicos para dama y caballero.



Contenedor de sólidos y humedal artificial



Figuras 119 a 121. Contenedor de sólidos y humedal artificial habilitado.



 [Filtro purificador](#)



Figuras 121 y 122. Entrega y llenado de filtro purificador



Cabe destacar que, al momento de realizar la entrega de las ecotecnologías la profesora Teresita de Jesús López Alonzo responsable del Telebachillerato; nos compartió que en el pasado mes de enero, **la comunidad tuvo una contingencia al quedarse 3 días sin energía eléctrica por una falla general, lo que imposibilitaba el bombeo del agua potable** de la instancia Estatal encargada del servicio de agua potable, Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA); **dejando a la comunidad sin agua en los hogares o negocios en este periodo**; por lo que, la profesora **agradecía y reconocía la importancia de contar con tecnologías sostenibles construidas con el proyecto que les permitía tener acceso agua para las actividades diarias del plantel en situaciones adversas, así como de agua purificada para consumo del alumnado y los docentes.**

Los vídeos relacionados a este testimonio puedes consultarse en la carpeta [Testimonios](#)

Verificando, ambas cisternas cuentan con agua captada desde entonces; y gracias a la colocación de los medidores de agua colocados en cada una de ellas, podemos conocer que hasta el momento (27 de febrero de 2025) se han cosechado un total de 2,940 litros de agua de lluvia:

Cisterna de los Salones
1,450 litros



Cisterna de los Sanitarios
1,490 litros



Figuras 123 y 124. Fotografías del medidor de salida de agua de las cisternas instaladas en la comunidad de Yaxley (lecturas tomadas el 27 de febrero de 2025).



Yodznot Nuevo

Entrega de ecotecnologías

Como se mencionó anteriormente, en esta comunidad la intervención se realizó a nivel comunitario, construyendo las ecotecnias en el terreno de la Escuela Primaria Bilingüe U Naajil Xóok ich Ka'ap'eel T'aan "Álvaro Obregón".

La primer entrega de tecnologías se realizó el 29 de octubre de 2024, en donde se realizó la recepción del filtro purificador LifeStraw Community por parte del profesorado y representantes del Comité de agua; dicha entrega se realizó previo a las acciones constructivas para que los alumnos del plantel pudiesen familiarizarse con la tecnología. Adicional a la entrega se brindó el taller de capacitación correspondiente y se entregó la ficha técnica impresa del filtro para futuras consultas (Para más información consultar la [Lista de Asistencia](#) y [Formato de Entrega del Filtro purificador](#)).



Figuras 125 y 126. Entrega de filtro purificador en la comunidad de Yodznot Nuevo.

Continuando con las acciones de gobernanza hídrica comunitaria, el 18 de febrero de 2025, una vez finalizadas las obras de construcción de 3 ecotecnologías (SCALL, cisterna y rehabilitación sanitaria) se realizó la entrega recepción de éstas en las instalaciones del plantel, contando con la participación de 27 personas (12 mujeres y 15 hombres) entre ellos alumnos, padres de familia e integrantes del Comité de agua (Véase [Lista de asistencia](#)).

Como se describió en los apartados correspondientes, durante esta entrega se realizó un taller de educación ambiental, en donde se presentó el modelo didáctico del acuífero a los asistentes, reforzando la información compartida durante el periodo de intervención en la comunidad. Se describieron las principales problemáticas del acuífero en la región, el ciclo del agua y la importancia de cuidar este recurso a través del uso de tecnologías sostenibles como son las ecotecnologías instaladas en su comunidad.

Asimismo, se reforzó la información sobre el uso y cuidado del filtro purificador; explicándose de manera detallada sus partes y la limpieza que debe llevarse a cabo para un óptimo funcionamiento; fomentando su uso continuo para mejorar los medios de vida de los alumnos y docentes del plantel.





Figura 127. Taller de Educación Ambiental “Eres Agua, Toma Conciencia”.

Con esta introducción, se llevó a cabo la etapa de capacitación teórica y práctica a los miembros del Comité y padres de familias, sobre las acciones y cuidados que deberán brindarles a las ecotecnologías para su correcto funcionamiento y su preservación a largo plazo, se brindó la información impresa correspondiente al Programa de Fortalecimiento de Capacidades.



Figura 128. Explicación de las ecotecnologías construidas y taller de capacitación para su uso.





Figuras 129 y 130. SCALL y Cisterna entregados en la comunidad de Yodzonot Nuevo.





Figuras 131 y 132. Rehabilitación sanitaria realizada.

Como adicional y fortaleciendo la difusión y concientización sobre la importancia del agua y cómo esta se encuentra ligada a la conservación de los ecosistemas y vida silvestre; se presentó la obra de teatro guiñol «La Jaguara»¹⁶, para fomentar la conciencia ambiental y los niños puedan aprender sobre la importancia del bosque y la protección de su biodiversidad para conservar nuestra riqueza natural.

Al igual, se les obsequiaron a los niños, las mochilas conmemorativas al proyecto para fortalecer la difusión de las acciones.



¹⁶ Autoría de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP).





Figuras 133 a 135. Entrega de souvenirs a los niños de la comunidad.

Con esta entrega finaliza la intervención en esta comunidad, formalizando la entrega de las ecotecnologías hídricas a través de un [Formato de Entrega](#), así como de la [evidencia audiovisual](#) correspondiente.

Cronograma de actividades actualizado

En el [Anexo 5](#), podrá consultar el Cronograma de actividades actualizado a la finalización del proyecto.



Conclusiones

Como parte de la Estrategia de Fortalecimiento de la Gobernanza Hídrica Comunitaria, este proyecto ha logrado un impacto significativo en cuatro comunidades rurales del destino Maya Ka'an, mediante la instalación y entrega de 43 ecotecnologías enfocadas en la conservación y gestión sostenible del agua. A través de acciones directas, se ha promovido la protección de los recursos hídricos, reduciendo los impactos sobre el acuífero subterráneo, tanto por la extracción (ecotecnologías de captación y almacenamiento) y la descarga (ecotecnologías de tratamiento de aguas residuales y purificación). De este modo, estas comunidades han recibido soluciones innovadoras para mitigar los efectos de las aguas residuales sobre el medio ambiente y la salud pública, mejorando sus medios de vida y reduciendo su vulnerabilidad frente a los efectos del cambio climático.

La implementación de estas soluciones sostenibles ha fomentado la participación activa de las comunidades en la toma de decisiones y el fortalecimiento de sus capacidades de gobernanza, gestión, planificación e implementación. De igual manera a través de la educación ambiental y los talleres de capacitación se ha fomentado la apropiación de las ecotecnologías por parte de los habitantes de las comunidades, fortaleciendo su compromiso con la conservación de sus recursos hídricos así como mejorar sus medios de vida.

Este proceso se ha facilitado mediante la formación de comités comunitarios de agua, incorporando un enfoque de género en sus actividades. Además, se han fortalecido las habilidades de los habitantes a través la de la ciencia ciudadana se promueve el involucramiento de los habitantes, mediante el monitoreo comunitario de la calidad de agua; así como capacitaciones sobre técnicas innovadoras de bioconstrucción, y el uso y mantenimiento de las alternativas ecotecnológicas, promoviendo con ello un aprovechamiento sostenible del agua en sus comunidades.



San Antonio Segundo



Yaxley



Yodzonot Nuevo



Dzaptún

