SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MÉRIDA

ITM

TESIS:

GESTIÓN COMUNITARIA DEL AGUA PARA EL CAMBIO DE ACTITUDES Y PRÁCTICAS Y LA ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS APROPIADAS EN LA LOCALIDAD DE TIGRE GRANDE, TZUCACAB, YUCATÁN.

PARA OPTAR AL GRADO DE:

MAESTRO EN PLANIFICACIÓN DE EMPRESAS Y DESARROLLO REGIONAL

PRESENTA:

ING. EDGARDO IVÁN GONZÁLEZ HERRERA

ASESOR:

DR. GUSTAVO ADOLFO MONFORTE MÉNDEZ

MÉRIDA, YUCATÁN, MÉXICO

28 DE MARZO 2023

Instituto Tecnológico de Mérida
Departamento de Posgrado e Investigación

DEPENDENCIA: DIV. DE EST. DE POSG. E INV.
No. DE OFICIO: X-307/22
Mérida, Yucatán, 07/diciembre/2022

ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

C. EDGARDO IVÁN GONZÁLEZ HERRERA
PASANTE DE LA MAESTRÍA EN PLANIFICACIÓN
DE EMPRESAS Y DESARROLLO REGIONAL
PRESENTE.

De acuerdo al fallo emitido por su director **Gustavo Adolfo Monforte Méndez,** y la comisión revisora integrada por José Francisco Sarmiento Franco, Mayanin Asunción Sosa Alcaraz y Raúl Alberto Santos Valencia, considerando que cubre los requisitos establecidos en el Reglamento de Titulación de los Institutos Tecnológicos le autorizamos la impresión de su trabajo profesional con la TESIS:

"GESTIÓN COMUNITARIA DEL AGUA PARA EL CAMBIO DE ACTITUDES Y PRÁCTICAS Y LA ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS APROPIADAS EN LA LOCALIDAD DE TIGRE GRANDE, TZUCACAB, YUCATÁN."

A T E N T A M E N T E
Excelencia en Educación Tecnológica.

HERMILA ANDREA ULIBARRI BENÍTEZ
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

C.p. Archivo
HAUB/AMPC/zac

EDUCACIÓN
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MÉRIDA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

RESUMEN:

El acceso al agua limpia y asequible para satisfacer las necesidades de consumo y saneamiento es un derecho humano reconocido por acuerdos internacionales y la constitución mexicana. Con frecuencia, las comunidades rurales alejadas de la capital yucateca no cuentan con infraestructura, recursos públicos suficientes y capacidad administrativa para que ese derecho sea efectivo. En Tigre Grande, localidad del municipio de Tzucacab, Yucatán, se presentaron situaciones climáticas y de negligencia de las autoridades municipales en los últimos años, que han conducido a que sus pobladores experimenten carencias importantes al respecto. Este estudio tuvo como propósito caracterizar la problemática del agua en esta localidad en cuanto a instalaciones y equipos comunitarios, diversidad de usos, grado de aceptabilidad, destino del agua servida y de residuos sólidos, grado de involucramiento en su gestión y grado de aprovechamiento del agua de lluvia. Se realizaron visitas de acercamiento y sensibilización y se levantó una encuesta a 48 de las 52 viviendas de la comunidad con un cuestionario previamente pilotado. Los principales hallazgos fueron que se cuenta con un cárcamo de capacidad de 20,000 litros, funciona por medio de una bomba eléctrica que es encendida en horario limitado, más del 90% de los habitantes señala que el agua es aceptable, sin embargo cada familia consume en promedio 2 garrafones de agua purificada de 20 litros a la semana, y en ninguna vivienda se colecta frecuentemente el agua de lluvia, más del 80% de los habitantes participa en reuniones con los demás vecinos en temas relacionados al agua.

Palabras claves: comunidad, agua, gestión, sustentabilidad.

ABSTRACT

Access to clean and affordable water to meet consumption and sanitation needs is a human right recognized by international agreements and the Mexican constitution. Frequently, rural communities far from the Yucatecan capital do not have infrastructure, sufficient public resources and administrative capacity for this right to be effective. In Tigre Grande, a town in the municipality of Tzucacab, Yucatan, there have been climatic situations and negligence by the municipal authorities in recent years, which have led its inhabitants to experience significant deficiencies in this regard. The purpose of this study was to characterize the water problem in this locality in terms of community facilities and equipment, diversity of uses, degree of acceptability, destination of wastewater and solid waste, degree of involvement in its management and degree of use of water. of rain. Outreach and awareness visits were carried out and a survey was carried out in 48 of the 52 homes in the community with a previously piloted questionnaire. The main findings were that there is a sump with a capacity of 20,000 liters, it works by means of an electric pump that is turned on during limited hours, more than 90% of the inhabitants indicate that the water is acceptable, however each family pays and It consumes an average of 2 jugs of purified water of 20 liters a week, and rainwater is not frequently collected in any house, more than 80% of the inhabitants participate in meetings with the other neighbors on issues related to water.

Keywords: community, water, management, sustainability.

CONTENIDO

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN 1
1.1. Antecedentes 1
1.2 Planteamiento del problema de investigación 3
1.2.1 Preguntas de investigación 4
1.2.2 Objetivo general 5
1.2.3 Objetivos específicos 5
1.2.4 Variables de investigación 6
1.2.5 Hipótesis preliminares 6
1.3 Justificación 6
1.4 Limitaciones 7
1.5 Delimitaciones 8
1.6 Contenido de los siguientes capítulos 8
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO 9
2.1 Recurso agua 9
2.1.1 Definiciones y alcances 9
2.1.2 Características 10
2.1.3 Usos 10
2.1.4 Disponibilidad y calidad del agua 11
2.1.4.1 Conceptos relacionados 11
2.1.4.2 Factores que las determinan 12
2.1.5 Derecho humano de acceso al agua 12
2.1.5.1 Enfoque tradicional 13
2.1.5.2 Enfoques alternativos de desarrollo 13
2.2 Gestión del agua 20
2.2.1 Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH) 20
2.2.2 Principios básicos para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico 21
2.3 Cuenca Hidrológica 24
2.3.1 Consejo de Cuenca 24
2.2.2 Gestión integral 25
2.2.3 Gestión comunitaria 25
2.2.3.1 Cambio conductual y de hábitos 26
2.3 Uso sostenible del agua 26
2.3.1 Conceptos relacionados 27

2.3.2 Sistemas y técnicas sustentables para la gestión del agua 27
2.4 Captación de agua de lluvia 28
2.4.1 Técnicas utilizadas por civilizaciones antiguas 29
2.4.2 Clasificación de sistemas y técnicas..... 29
2.4.3 Componentes de los sistemas..... 30
2.4.3.1 Superficie de captación 30
2.4.3.2 Conducción 30
2.4.3.3 Dispositivo de primeras lluvias..... 30
2.4.3.4 Almacenamiento..... 31
2.4.3.5 Bombeo..... 31
2.4.3.6 Purificación..... 31
2.4.3.7 Distribución..... 31
2.4.3.8 Mantenimiento..... 31
CAPÍTULO 3. MARCO CONTEXTUAL..... 33
3.1 Disponibilidad y acceso 33
3.1.1 Nacional 33
3.1.2 Regional 35
3.2 Iniciativas sociales..... 38
3.2.1 Nacional 38
3.2.3 Local 41
3.2.2 Públicas..... 43
3.3 Instrumentos de gestión del agua..... 43
3.3.1 Agenda 2030 de la ONU 43
3.3.2 Agua limpia y saneamiento..... 44
3.3.3 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos 44
3.3.4 Ley de Aguas Nacionales 45
3.3.5 Programa Nacional Hídrico 2020-2024..... 45
3.3.6 Programa Hídrico Regional de la Península de Yucatán 46
3.3.7 Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2020-2024..... 46
3.3.8 Plan Estatal de Desarrollo Yucatán 2018-2024 46
3.4 Crisis Hídrica en México..... 48
3.5 Caracterización de la microrregión 49
3.4.1 Biotopo..... 49
3.4.2 Biocenosis..... 52
3.4.3 Infraestructura 54

3.4.4 Aspectos sociales (organizaciones, partidos) 55
CAPÍTULO 4. MARCO METODOLÓGICO 57
4.1 Revisión de opciones metodológicas..... 57
4.1.1 Guía Ciudadana para la Participación Incluyente en la Gestión del Agua..... 57
4.1.2 Investigación social 59
4.2.3 Intervención socio ambiental 60
4.1.4 Investigación Acción Participativa (IAP)..... 60
4.1.5 Diseño Centrado a las Personas (DCP) 61
4.2 Tipo de investigación..... 64
4.2.1 Propósito 64
4.2.2 Enfoque..... 64
4.2.3 Alcance y profundidad 64
4.3.4 Amplitud 64
4.2.5 Fuente de información 65
4.2.6 Horizonte temporal 65
4.2.7 Naturaleza de la intervención 65
4.2.8 Perspectiva disciplinaria 65
4.2.9 Realidad a modificar..... 65
4.2.10 Sector de impacto..... 65
4.3 Diseño de la investigación..... 66
4.4 Unidad de análisis población y muestra 70
4.5 Definición conceptual de las variables y definiciones operacional de los indicadores 71
4.6 Técnicas e instrumentos de recolección de información..... 72
4.7 Procedimiento de análisis de información..... 74
CAPÍTULO 5. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS 75
5.1 Practicas actitudes y tecnologías vigentes al inicio..... 75
5.2 Análisis de causas..... 81
5.3 Plan de intervención..... 85
5.3.1 Filtros para la mejora de la calidad del agua 85
5.3.2 Sistema de captación de agua de lluvia..... 87
5.3.3 Colaboración para la conformación de una contraloría social del agua en Yucatán 89
5.4 Seguimiento de plan y análisis de obstáculos 90
5.4.1 Microfiltros para agua 90

5.4.2 Instalación de un sistema de captación de agua de lluvia 91
5.4.2.1 Calculo del potencial de captación global 93
5.4.2.2 Área de captación..... 94
5.4.2.3 Coeficiente de eficiencia..... 95
5.4.2.5 Calculo del potencial de captación global 95
5.4.2.6 Calculo de la demanda total 96
5.4.2.7 Calculo del índice de coadyuvancia..... 96
5.4.2.8 Determinación del volumen del tanque de almacenamiento 97
5.4.2.9 instalación del SCALL 98
5.5 Evaluación de los resultados de la implementación del plan 101
5.5.2 Agua de lluvia para uso domestico 102
5.6 Discusión de todos los resultados 102
5.6.1 Microfiltros para agua 102
5.6.2 Agua de lluvia para uso doméstico 103
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 105
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 110
ANEXOS 1. ENCUESTA 119
ANEXO 2. ANTEPROYECTO PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA EN TIGRE GRANDE, TZUCACAB..... 124

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Registro de precipitación (mm) en México 2018 34
Tabla 3.2 Plantas potabilizadoras en operación 2018 35
Tabla 3.3 Registro de precipitación (mm) en Yucatán 2020 36
Tabla 4.1 Metodologia para la gestion democratica del agua y saneamiento 58
Tabla 4.2 Etapas y fases de una Investigacion Accion Participativa 61
Tabla 4.3 Las tres lupas del diseño centrado en las personas 62
Tabla 4.4 Esuchar, crear y entregar 63
Tabla 4.5 Diseño de la investigación 67
Tabla 4.6 Localidades, poblacion, distancia y rezago social del municipio de Tzucacab.. 70
Tabla 4.7 Variables de investigación 72
Tabla 4.8 Preguntas sobre infraestructura, equipo, practicas y organización comunitaria 73
Tabla 5.1 No. de espacios construidos en las viviendas, por tipo de material de construccion y parte de la vivienda 75
Tabla 5.2 Capacidad, idoneidad y estado/funcionalidad de la infraestructura hidrica comunitaria, por elemento 76
Tabla 5.3 Capacidad y numero de elementos registrados de infraestructura hidrica en viviendas, por elemento 77
Tabla 5.4 Numero de viviendas de Tigre Grande, por tipo de residuo generado y destino dado 77
Tabla 5.5 Proporción de familias de Tigre Grande por aspecto de involucramiento en la gestión del agua 78
Tabla 5.6 Número de viviendas en Tigre Grande por prática de captura y forma de aprovechamiento del agua de lluvia 79
Tabla 5.7 Calendarización de activades proyecto microfiltros 86
Tabla 5.8 Calendarización de activades captación de agua de lluvia 88
Tabla 5.9 Calendarización de activades proyecto contraloría del agua 89
Tabla 5.10 Registros mensuales de precipitaciones estaciones 23159 y 31002 (1998-2018) 93
Tabla 5.11 Determinación del volumen del tanque de almacenamiento 97
Tabla 5.12 Materiales utilizados para la instalación del SCALL 98
Tabla 5.13 Experiencias de uso de los microfiltros en Tigre Grande 101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 ¿Qué es la permacultura?..... 22
Figura 2.2 El metabolismo social 24
Figura 2.3 El enfoque leader..... 26
Figura 3.1 Delimitación de acuíferos..... 33
Figura 3.2 Nueva Ley de Aguas Ya 39
Figura 3.3 Entrega de víveres básicos y agua purificada a los habitantes de Tigre Grande 42
Figura 3.4 Ubicación de Tigre Grande en Yucatán 51
Figura 3.5 Localización de las comunidades en el municipio de Tzucacab, Yucatán. 53
Figura 3.6 Localidades e Infraestructura para el Transporte, Tzucacab. 56
Figura 4.1 El proceso escuchar, crar y entregar..... 62
Figura 4.2 Localidades del municipio de Tzucacab. 71
Figura 5.1 Manguera de distribución de agua en Tigre Grande. 80
Figura 5.2 Croquis de la localidad de Tigre Grande, Tzucacab, Yucatán..... 81
Figura 5.3 Problematicas del agua en Tigre Grande..... 82
Figura 5.4 Manguera de distribución en el interior de una vivienda..... 83
Figura 5.5 Sistema de conexión y tuberías (extracción)..... 84
Figura 5.6 Microfiltro purificador de agua..... 86
Figura 5.7 Entrega de microfiltro a los habitantes de Tigre Grande..... 91
Figura 5.8 Foto aérea de la ubicación de la vivienda 92
Figura 5.9 Fachada principal de la vivienda..... 92
Figura 5.10 Superficie de captación y bajante de aguas de la vivienda 94
Figura 5.11 Dispositivo de primeras lluvias 99
Figura 5.12 Tanque de almacenamiento capacidad de 1100 litros..... 100
Figura 5.13 Sistema de captación de agua de lluvia 101

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Se estima que el cambio climático va a influir negativamente en la cantidad y calidad del agua disponible a nivel mundial para satisfacer toda una serie de necesidades humanas básicas, lo cual irá en menoscabo del derecho fundamental de miles de millones de personas a tener acceso al agua potable y el saneamiento (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 2020). Es importante señalar que el problema de escasez de agua es uno de los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU para su agenda 2030, el cual hace un llamado a los gobiernos para rendir cuentas y garantizar el acceso al agua potable y saneamiento, debido que personas principalmente de zonas rurales aún carecen de este servicio básico (Organización de las Naciones Unidas, 2015). El concepto de desarrollo sostenible tiene como punto de referencia el Informe de la Comisión Bruntland, donde se le describe como un proceso capaz de satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas (ONU, 1987).

La gestión sostenible del agua para el crecimiento económico y el empleo no es solo una cuestión de disponibilidad de recursos y dinero, sino también una cuestión de contar con marcos de políticas sólidas y de gobernabilidad. América Latina y el Caribe es extremadamente dependiente de la energía hidroeléctrica que provee más del 60% de la producción de electricidad (UNESCO, 2016). En México las instituciones relacionadas con el agua se encuentra la Comisión Nacional del Agua, órgano administrativo, normativo, técnico, consultivo y desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales que tiene como misión: “Preservar las aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes para su administración sustentable y garantizar la seguridad hídrica con la responsabilidad de los órdenes de gobierno y la sociedad en general” (Comisión Nacional del Agua [CONAGUA], 2016a).

El derecho al agua potable y al saneamiento es un derecho humano reconocido internacionalmente UNESCO (2016). Esta interpretación la afirmó la Asamblea General de la ONU al establecer que: “el derecho humano al agua potable segura y al saneamiento derivan del derecho a un nivel de vida adecuado, y está inextricablemente relacionado con el derecho al más alto nivel asequible de salud mental y física, así como al derecho a la

vida y a la dignidad humana” (ONU, 2010). En México el acceso al agua es un derecho por mandato constitucional, el artículo cuatro de la constitución establece que:

> Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. El Estado garantizará este derecho y la ley definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos, estableciendo la participación de la Federación, las entidades federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines. (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, 2021, p. 26)

De acuerdo con la CONAGUA (2011) la disponibilidad de agua promedio anual en el mundo es de aproximadamente 1386 millones de km^3, de los cuales el 97.5% es agua salada y sólo el 2.5%, es decir 35 millones de km^3, es agua dulce, de esta cantidad casi el 70% no está disponible para consumo humano. En el caso de la península de Yucatán, Orellana y Espadas (2016) indican que el modelo clásico del ciclo del agua y la vegetación se aplica en esta región, al igual que en otras partes del mundo, de acuerdo con las características particulares que le brinda el encontrarse rodeada por el mar en tres flancos. Los retos que presenta México respecto al agua son una demanda que crece exponencialmente; derivado del crecimiento de la población, la desigualdad en la distribución y la contaminación (CONAGUA, 2006).

Tzucacab es parte de los 106 municipios que conforman la división geográfica del estado de Yucatán y según el censo de población y vivienda del (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI] 2020) su total de habitantes es 14,784 distribuidos en 7,402 hombres y 7,382 mujeres. El municipio cuenta con 40 localidades o comisarías entre las cuales se encuentra Tigre Grande, el cual está conformado por un total de 175 habitantes, distribuidas en 50 familias. La comunidad de Tigre Grande debido a su lejanía con la cabecera municipal (Tzucacab) presenta diversos problemas sociales, entre los cuales se encuentra la escasez de agua para beber, falta de equipo público para extracción del agua, sistema público de potabilización del agua, incomunicación por el mal estado de los caminos, escuela pública inhabilitada y falta de servicio médico. Según estudios realizados en el sur del estado de Yucatán sobre la base de un modelo de identificación de zonas de riesgo a desastres

naturales y que son susceptibles a de riesgo de inundaciones, entre las cuales se encuentra la localidad pequeña de Tigre Grande (Frausto et al., 2006).

En el transcurso del año 2020, diversas organizaciones de la sociedad civil han puesto en marcha iniciativas de apoyo para dar atención al problema de escasez de agua, como es el caso de la Red Ciudadana para la Sostenibilidad en Yucatán, entre las cuales destaca la entrega de garrafones con 20 litros de agua purificada para los pobladores de la comisaría que sufrieron los estragos de diversos fenómenos meteorológicos los cuales causaron inundaciones, pérdida de cultivos y por consecuencia falta de alimentos y agua potable. Otro caso específico es la asociación civil CADENA, comunidad judía en México, que con el apoyo logístico de la Coordinación Estatal de Protección Civil de Yucatán instalaron un sistema temporal de purificación de agua por medio de un proceso de microfiltración, el cual permite suministrar el vital líquido para consumo humano.

En el año 2016, un grupo de académicos, investigadores por medio de la escuela de Agroecología U Yits Ka'an desarrollaron un proyecto que tuvo como objetivo analizar problemáticas y consecuencias por la escasez de agua en el municipio de Maní, Yucatán. La propuesta general que buscó tomar acciones alternativas para hacer frente a los desafíos por el de agua, se presentó un plan para la construcción de un almacén de ferrocemento para la colecta de agua-lluvia para el riego de hortalizas.

1.2 Planteamiento del problema de investigación

Los principales problemas sociales que presenta la comisaría de Tigre Grande son la escasez de agua para beber, falta de equipo público para extracción del agua, sistema público de potabilización del agua, difícil acceso por el mal estado de los caminos. Además, de acuerdo con estudios previos, la localidad se encuentra en zona de riesgo a desastres naturales y es susceptible de riesgo a inundaciones, como fue el caso del año 2020, donde la tormenta Cristóbal provocó una intensa inundación que derivó en problemas de contaminación debido a que el agua se llevó animales, cultivos y enseres domésticos, y dejó incomunicada a la población.

De acuerdo con Sepúlveda et al., (2008) es necesario la construcción de mecanismos solidarios que fomenten una mayor articulación entre los sectores modernos y los sectores que han ido quedando a la zaga del desarrollo. Sin embargo, para construir esos mecanismos, es necesario contar con la participación de socios estratégicos o actores

sociales que apoyen la puesta en marcha de las políticas de desarrollo rural sostenible. A través de las vías de participación social es importante establecer propuestas y soluciones que apoyen al desarrollo local de la comunidad, que conlleve a nuevas prácticas y actitudes para hacer frente y adaptarse a situaciones que derivan de los problemas sociales antes mencionados, se pretende dar respuesta a las preguntas de investigación y con el uso de las capacidades locales de los habitantes elevar su nivel de desarrollo mediante la adquisición y la diseminación de conocimiento.

1.2.1 Preguntas de investigación

Pregunta general:

¿Cuáles son las estrategias de mayor impacto para garantizar el acceso al agua y contribuir al cambio de actitudes y prácticas por medio de la adopción de técnicas o tecnologías de extracción, captación, almacenamiento, purificación, utilización doméstica y productiva, tratamiento y reaprovechamiento en la comisaría de Tigre Grande, Tzucacab?

Preguntas específicas:

1. ¿Cuáles son las actitudes, prácticas y empleo de tecnologías de extracción, captación, almacenamiento, purificación, utilización doméstica y productiva, tratamiento y reaprovechamiento del agua de todos los integrantes de la comunidad?
2. ¿Cuáles son las causas raíz de los problemas identificados relacionadas con el marco jurídico-institucional, las fuentes de financiamiento a proyectos locales, el liderazgo comunitario, las condiciones climáticas y ambientales?
3. ¿Cuáles son las acciones de mayor impacto potencial para mejorar el acceso al agua en calidad y cantidad en la comunidad, que puedan incorporarse a un plan de intervención?
4. ¿Qué recursos se requieren para la implementación del plan de intervención y que obstáculos se presentan para obtener los resultados buscados?
5. ¿Qué acciones implementadas del plan de intervención contribuyen más al cambio de actitudes y prácticas, y la difusión de tecnologías relacionadas con la gestión integral del agua en la comunidad?

6. ¿Qué políticas públicas en los ámbitos municipal, estatal y federal pueden garantizar la disponibilidad, calidad y acceso pleno al agua en la comunidad y en otras comunidades en situación similar?

1.2.2 Objetivo general

Determinar las estrategias de mayor impacto para garantizar el acceso al agua que permita contribuir al cambio de actitudes y prácticas por medio de la adopción de técnicas o tecnologías de extracción, captación, almacenamiento, purificación, utilización doméstica y productiva, tratamiento y reaprovechamiento del agua que permita una gestión comunitaria del agua en la comisaría de Tigre Grande, Tzucacab, Yucatán.

1.2.3 Objetivos específicos

1. **Objetivo 1.** Caracterizar la situación actual con relación a las actitudes, prácticas y empleo de tecnologías de extracción, captación, almacenamiento, purificación, utilización doméstica y productiva, tratamiento y reaprovechamiento del agua, para identificar los principales problemas que requieren ser solucionados para garantizar la disponibilidad y el acceso al agua de todos los integrantes de la comunidad.
2. **Objetivo 2.** Determinar las causas raíz de los problemas identificados relacionadas con el marco jurídico-institucional, las fuentes de financiamiento a proyectos locales, el liderazgo comunitario, las condiciones climáticas y ambientales.
3. **Objetivo 3.** Contribuir a la formulación del plan de intervención o acción orientado a enfrentar las causas raíz determinadas.
4. **Objetivo 4.** Contribuir a la implementación del plan de intervención o acción formulado, y registrar los avances y obstáculos para su concreción.
5. **Objetivo 5.** Evaluar los resultados obtenidos de las acciones implementadas como parte del plan de intervención o acción, en términos del cambio de actitudes y prácticas, y la difusión de tecnologías relacionadas con la gestión integral del agua en la comunidad.

6. **Objetivo 6.** Formular propuestas de políticas públicas en los ámbitos municipal, estatal y federal para garantizar la disponibilidad, calidad y acceso pleno al agua en la comunidad y en otras comunidades en situación similar.

1.2.4 Variables de investigación

A continuación, se presentan las siguientes variables de investigación que serán utilizadas en el presente estudio:

1. Grado de participación de los habitantes en talleres y eventos relacionados a la gestión del agua.
2. Nivel de conciencia de la importancia del recurso agua.
3. Nivel de conocimiento de prácticas y técnicas de gestión sostenible del agua.
4. Grado de asimilación de nuevas prácticas y técnicas.
5. Grado de satisfacción con los resultados obtenidos.
6. Proporción de familias que recolectan agua de lluvia.
7. Proporción del agua utilizada en riego que proviene de la recolección de agua de lluvia.
8. Proporción de agua utilizada para uso doméstico que proviene de la recolección de agua de lluvia.

1.2.5 Hipótesis preliminares

A través de una intervención participativa es posible cambiar hábitos, actitudes o prácticas por medio de la adopción de técnicas o tecnologías relacionadas a la gestión integral del agua.

1.3 Justificación

Es importante señalar que el problema de escasez de agua es uno de los objetivos de desarrollo sostenible de la Organización de Naciones Unidas para su agenda 2030, el cual hace un llamado a los gobiernos para rendir cuentas y garantizar el acceso al agua potable y saneamiento, debido que personas principalmente de zonas rurales aún carecen de este servicio básico. Para ello será importante el aprovechamiento del agua pluvial para beneficio de la comunidad y aportar a la sostenibilidad de los recursos naturales.

De acuerdo con Zamudio V. (2020) la gestión comunitaria ayuda a garantizar el acceso al agua potable y al saneamiento en las poblaciones donde los servicios públicos no son adecuados en cuanto a disponibilidad, calidad y accesibilidad. Por ello y a partir de la exploración de un conjunto de técnicas, la investigación busca medir el impacto que tiene en las familias la consecuencia de la falta de agua para consumo, saneamiento e higiene, y con la aplicación del conocimiento previo, por medio de la adopción de tecnologías sustentables que permitan aprovechar los recursos naturales disponibles como es el agua de lluvia y hacer frente a los problemas derivados sobre su disponibilidad para proveer agua apta para consumo humano y saneamiento específicamente en la comisaría de Tigre Grande, municipio de Tzucacab, estado de Yucatán.

Los sistemas de captación de agua de lluvia son considerados una alternativa sencilla que se ha transformado en una iniciativa real que permite ampliar la disponibilidad del recurso agua en época de crisis y escasez hídrica. Un sistema de captación de agua de lluvia se define como un conjunto de tuberías, accesorios y equipos que captan y recolectan la lluvia que cae sobre una superficie para conducirla a un dispositivo de almacenamiento para su uso posterior (Gleason, 2014). Al cosechar agua pluvial, se puede aspirar a ser 100% autónomo en términos de acceso a agua segura y representa una solución local que puede ser fácilmente adoptada y adaptada (Sarar Transformacion, 2016). El agua captada, filtrada y almacenada puede ser aprovechado para uso doméstico como es el lavado de ropa, trastes, etc. y también para el riego de hortalizas en la época de secas, y regar otras plantas, de igual forma a partir de la investigación los habitantes podrán adoptar una mayor cultura del cuidado como un recurso finito y de esta forma disminuir su contaminación.

1.4 Limitaciones

El presente proyecto de investigación se desarrollará en un periodo comprendido del mes de enero de 2021 hasta el mes de junio de 2022, con el propósito de contribuir al cambio de actitudes y prácticas por medio de la adopción de técnicas o tecnologías de extracción, captación, almacenamiento, purificación, utilización doméstica y productiva, tratamiento y reaprovechamiento del agua en la comisaría de Tigre Grande, Tzucacab, Yucatán. Otra limitación de la presente investigación es el acceso a la localidad, debido a las malas condiciones físicas de los caminos de acceso, lo cual dificulta el trabajo de campo.

1.5 Delimitaciones

La investigación se llevará a cabo del mes de enero 2021 a junio 2022. Se trabajará con habitantes de la comisaría de Tigre Grande, municipio de Tzucacab, Yucatán.

1.6 Contenido de los siguientes capítulos

A continuación, se presentan los capítulos que se desarrollarán en la presente investigación. En el capítulo 2 “Marco teórico” se describen los conceptos relacionados al agua, acceso, calidad, gestión y alternativas como es el sistema de captación de agua de lluvia. Posteriormente en el capítulo 3 “Marco contextual” se describe la situación actual del recurso agua a nivel mundial, nacional y regional. En el capítulo 4 “Marco metodológico” se especifica la metodología empleada en la investigación. En el capítulo 5 “Presentación, análisis y discusión de resultados” se presenta un análisis de los resultados obtenidos en la investigación. Por último, en el capítulo 6 “Conclusiones y recomendaciones” se toma como base los resultados obtenidos para presentar recomendaciones.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1 Recurso agua

De acuerdo con la Global Water Partnership (2013) el agua es un recurso vital para el mantenimiento y la conservación de cualquier tipo de vida en el planeta Tierra, sean humanos, plantas o animales. Por su parte Gleason (2011) estima que el planeta tierra está conformado de 75% de agua y 25% de tierra seca. Del total del agua en el planeta, el 97 % es agua salada y el 3 % es agua dulce. De igual modo la UNESCO (2016) puntualiza que el agua subterránea abastece casi el 50% del agua potable mundial y 43% de toda el agua utilizada para riego en la agricultura. Los cambios en la disponibilidad y calidad del agua subterránea tienen un impacto en la salud del ser humano, medios de vida, seguridad alimentaria y desarrollo económico nacional.

El agua se distribuye sobre la superficie terrestre de acuerdo con ciertas características físicas relacionadas entre sí, y que es necesario comprender a fondo para mantener una eficiente conservación de este recurso natural, a pesar de su constante aprovechamiento (Laura & Joel, 2016). Es por ello por lo que el agua afecta todos los aspectos del desarrollo y se relaciona con la mayoría de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU, además impulsa el desarrollo económico, apoya los ecosistemas saludables y es fundamental para la vida (Banco Mundial, 2021).

2.1.1 Definiciones y alcances

Al ser el agua un recurso vital para el mantenimiento y la conservación de cualquier tipo de vida en el planeta, su contribución al desarrollo social y económico de los países es inherente (Global Water Partnership, 2013). El territorio nacional está conformado de 37 regiones hidrológicas, sin embargo, la gestión del agua se realiza tomando como base 13 regiones hidrológicas administrativas definidas por la Comisión Nacional del Agua. Como instancia administrativa en los estados de Yucatán, Campeche y Quintana Roo se encuentra el Organismo de Cuenca Península de Yucatán como estructura de la CONAGUA y el Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán, como una instancia de concertación y de participación de la sociedad en colaboración con los órdenes de gobierno federal, de los estados federados y de los municipios (Kauffer & Villanueva, 2011). Una cuenca hidrológica es una cavidad natural en la que se acumula agua de lluvia. Esta circula

hacia una corriente principal y finalmente llega a un punto común de salida (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2018). La Ley de Aguas Nacionales establece disposiciones que regulan las concesiones. Además contiene distintos principios que regulan los actos de la autoridad y otorgan mayor seguridad y certeza jurídica a los particulares (CONAGUA, 2006c).

2.1.2 Características

De acuerdo con Menchaca (2017) la cantidad de agua en la Tierra no aumenta ni disminuye, pero la población humana ha aumentado drásticamente, y por ende ha crecido la demanda del recurso natural. Por su parte la Organización Mundial de la Salud (2006) señala que todas las personas deben disponer de un suministro satisfactorio (suficiente, inocuo y accesible), debe realizarse el máximo esfuerzo para lograr que la inocuidad del agua de consumo sea la mayor posible.

El agua químicamente pura es un líquido inodoro, insípido e incoloro, es transparente, y toma su color azul cuando se mira a través de espesores de seis a ocho metros porque absorbe la luz a longitudes de onda de las radiaciones rojas (Coordinación de Universidad Abierta Innovación Educativa y Educación a Distancia de la UNAM, 2021).

2.1.3 Usos

Las actividades antrópicas las cuales UNESCO (1986) define como efecto ambiental provocado por la acción del hombre, y por su parte Menchaca (2017) como factor antrópico todo evento provocado por las actividades humanas de los usuarios del agua (sean agrícolas, pecuarias, acuícolas, forestales, domésticas, industriales, entre las principales), que afectan los ecosistemas y sus servicios ambientales. Asimismo, The Nature Conservancy (2012) señala que una gran cantidad de ciudades, pueblos y comunidades dependen del agua que se genera en zonas de ecosistemas naturales, muchos de los cuales se encuentran en áreas protegidas reconocidas a nivel público o privado. Las actividades antrópicas que afectan la disponibilidad y calidad del agua son: actividades agrícolas, pecuarias, acuícolas, forestales, domésticas e industriales (Menchaca et al., 2019).

2.1.4 Disponibilidad y calidad del agua

De acuerdo con la GWP (2013) la disponibilidad de agua está condicionada por dos aspectos, el primero se relaciona a la calidad del agua, y el segundo con el agua que no podemos alcanzar. El agua es un recurso estratégico para garantizar el bienestar y la calidad de vida de la población, así como para promover el desarrollo económico de las ciudades y zonas rurales (Sosa-Rodriguez, 2012). Por su parte el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2004) indica que la calidad del agua se ve afectada tanto por fenómenos naturales como por las actividades humanas. En México, los estados que presentan mayores problemas de escasez de agua son aquellos donde predomina un clima árido o semiárido.

El sureste del país es humero y se estima un promedio de precipitación pluvial de 2000 milímetros al año (CONAGUA, 2017). En la península de Yucatán el flujo del agua subterránea se mueve de las zonas de precipitación de la plataforma yucateca hacia la costa, donde se realiza la descarga natural del acuífero, incluyendo la de agua dulce dentro del mar, de manera general (Young et al., 2008; Hernández-Terrones et al., 2011). De acuerdo con la OMS (2006) citado por Comisión Nacional de los Derechos Humanos (2014) se considera agua potable aquella utilizada para los fines domésticos y la higiene personal, así como para beber y cocinar. En el mismo sentido, agua potable salubre es el agua cuyas características microbianas, químicas y físicas cumplen con las pautas de la OMS o los patrones nacionales sobre la calidad del agua potable.

2.1.4.1 Conceptos relacionados

Del agua que técnicamente está disponible para consumo humano, sólo una pequeña porción se encuentra en lagos, ríos, humedad del suelo y depósitos subterráneos relativamente poco profundos, cuya renovación es producto de la infiltración (CONAGUA, 2011). Por su parte la GWP (2013) indica que con el fin de conocer en detalle el volumen potencial real de agua disponible para los diferentes usos, se debe contar con datos de todas las variables del ciclo hidrológico a nivel de la cuenca hidrográfica. Así mismo, la precipitación pluvial constituye una parte importante del ciclo hidrológico, ya que produce el agua renovable del planeta. Sin embargo, la precipitación pluvial varía regional y estacionalmente (CONAGUA, 2011).

2.1.4.2 Factores que las determinan

En muchas regiones, las cambiantes precipitaciones o el derretimiento de nieve y hielo están alterando los sistemas hidrológicos, lo que afecta a los recursos hídricos en términos de cantidad y calidad (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2014). Por su parte la CONAGUA (2011) señala que se dificultará la actividad de otros sectores económicos que dependen de la disponibilidad de los recursos hídricos, además del suministro de agua potable y saneamiento.

En México, existe la Ley de Aguas Nacional, la cual rige el desarrollo, el uso y la protección de los recursos de aguas de la nación, así como su administración, de este manera se confirma y refuerza la función de la Comisión Nacional del Agua como principal organismo de vigilancia y desarrollo de los recursos hídricos de la nación y establece los Consejos de Cuenca del país (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2011).

2.1.5 Derecho humano de acceso al agua

En el año 2010 la Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció explícitamente el derecho humano al agua y al saneamiento, reafirmando que un agua potable limpia y el saneamiento son esenciales para la realización de todos los derechos humanos (Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas, 2010). En este sentido se declaró lo siguiente:

> Los servicios de abastecimiento de agua y de saneamiento deben ser físicamente accesibles y estar al alcance de todos los sectores de la población, teniendo en cuenta las necesidades de determinados grupos, como las personas con discapacidad, las mujeres, los niños y los ancianos. (Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos, 2011, p. 10)

En México, el artículo cuarto de la constitución menciona que, toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. El Estado garantizará este derecho y la ley

definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos, estableciendo la participación de la Federación, las entidades federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines.

2.1.5.1 Enfoque tradicional

El agua es un factor determinante en todos los aspectos del desarrollo social, económico y medioambiental, es objetivo fundamental de cualquier marco para la erradicación de la pobreza, la seguridad alimentaria, la resiliencia ante los desastres naturales (FAO, 2021). En este sentido el enfoque sistémico se define como una estrategia para el manejo integrado de la tierra, el agua y los recursos vivos, promoviendo su conservación y uso sostenible de forma justa y equitativa (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales, 2018). Por su parte la Global Water Partnership (2005) menciona que los servicios ecosistémicos incluyen el almacenamiento de agua dulce, la regulación de los caudales, la purificación del agua, la recarga del agua subterránea, la regulación de la calidad del aire y el clima, la protección del suelo, y la reducción de riesgos asociados a desastres relacionados con el agua.

2.1.5.2 Enfoques alternativos de desarrollo

La Adaptación basada en Ecosistemas (AbE) es definida según Lhumeau y Cordero (2012) como la utilización de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas, como parte de una estrategia más amplia de adaptación, para ayudar a las personas a adaptarse a los efectos adversos del cambio climático. La AbE integra el manejo sostenible, la conservación y la restauración de ecosistemas para proveer servicios que permiten a las personas adaptarse a los impactos del cambio climático. Su propósito es mantener y aumentar la resiliencia y reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas y las personas.

Asimismo, las actividades y estrategias de AbE pueden ser costo-efectivas y generar beneficios sociales, económicos, ambientales y culturales, a la vez que contribuyen a la conservación de la biodiversidad. La AbE es una forma de adaptación accesible a las poblaciones rurales pobres, dada su interacción y en muchos casos dependencia de los ecosistemas. Asimismo, la AbE puede contribuir a mantener el conocimiento tradicional y local y los valores culturales. A la vez, puede vincularse con la mitigación del cambio

climático, dado que ecosistemas como bosques y humedales saludables y manejados adecuadamente tienen el potencial de secuestrar y almacenar carbono.

Puesta en marcha dicho enfoque se mencionan los siguientes ejemplos

- Manejo integrado del recurso hídrico reconociendo el rol de las cuencas hidrográficas, los bosques y la vegetación asociada en la regulación de los flujos de agua.
- Reducción del riesgo de desastres mediante la restauración de hábitats costeros como los manglares que pueden ser una medida eficaz contra las tormentas, la intrusión salina y la erosión.
- Establecimiento de sistemas agropecuarios diversos, donde la utilización del conocimiento local sobre cultivos, prácticas específicas y variedades de ganado, y el mantenimiento de la diversidad genética de los cultivos agrícolas, contribuyen a asegurar la provisión de alimentos frente a condiciones climáticas cambiantes.

Por último, este enfoque comenta que en la práctica es importante promover que los valores económicos (de mercado y no mercado) y no económicos de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas sean considerados al planificar y desarrollar acciones de AbE.

Un hábitat diseñado según los principios de la permacultura se entiende como un sistema, en el cual se combinan la vida de los seres humanos de una manera respetuosa y beneficiosa con la de los animales y las plantas, para proveer las necesidades de todos de una forma adecuada. (Hieronimi, 2009)

Los ejes centrales de la permacultura son la producción de alimentos, abasto de energía, el diseño del paisaje y la organización de (Infra) estructuras sociales. También integra energías renovables y la implementación de ciclos de materiales en el sentido de un uso sustentable de los recursos a nivel ecológico, económico y social.

Por último, Hieronimi pone en práctica este enfoque con grandes soluciones:

> Para construir almacenes de pequeño y mediano tamaño (entre 10,000 y 50,000 lts de capacidad), existe una tecnología netamente mexicana, económica, bien investigada, y comprobada en la práctica, llamada ferrocemento artesanal. Esta técnica consiste en la elaboración a mano de una estructura metálica de metal gallinera y electromalla, sobre la cual se aplican varias capas de cemento hasta

llegar a un ancho de 4cm, combinando estabilidad y resistencia con el uso eficiente del material. (Hieronimi, 2009, p.3)

Figura 2.1
¿Qué es la permacultura?

Figura de: bosque de niebla A.C. (2020)

En su publicación sobre decrecimiento sostenible Spangenberg (2017) señala que el concepto de crecimiento tradicional es consecuencia del hecho de que, si quieres que el mundo sea más sostenible, éste tiene que cambiar mucho; y los cambios necesitan inversiones, que a su vez estimulan el crecimiento económico. Éste es un crecimiento que es puntual, y que es causado por la inversión en ahorro y eficiencia. El crecimiento en el consumo de recursos crece muy rápido al principio, para luego descender a medida que la inversión se hace efectiva.

Dado que la gente está educada para pensar que el crecimiento es bueno, tenemos que hacerles conscientes de que no es así. Necesitamos campañas para informar y educar a la gente, necesitamos otros objetivos más humanos y atractivos que el crecimiento económico y necesitamos otro tipo de políticas para implementar estos objetivos.

La economía azul parte de una premisa sencilla: servirse del conocimiento acumulado durante millones de años por la naturaleza para alcanzar cada vez mayores niveles de eficacia, respetando el medio y creando riqueza, y traducir esa lógica del ecosistema al mundo empresarial.

Un ejemplo en práctica:

> Songhai desarrolló un sistema lógico para aprovechar los nutrientes y la energía con resultados notables. Las aguas residuales (grises y negras) procedentes de los retretes y la limpieza, así como cualquier desecho de origen humano o animal, se depositan en un digestor de tres cámaras. Luego se añade jacinto (una planta acuática invasora local) troceado. En el digestor, la biomasa combinada produce metano, que proporciona energía para uso local. Tras la mineralización, la materia remanente sirve para nutrir el zoo plancton, el fitoplancton y el bentos, que a su vez sirven para alimentar peces en el proyecto de acuicultura. (Díaz et al., 2012, 83)

El desarrollo a escala humana se concentra y sustenta en la satisfacción de las necesidades humanas fundamentales, en la generación de niveles crecientes de auto-dependencia y en la articulación orgánica de los seres humanos con la naturaleza y la tecnología, de los p ro ceso s globales con los comportamientos locales, de lo personal con lo social, de la planificación con la autonomía y de la sociedad civil con el Estado (Max-Neef et al., 1994).

Necesidades humanas, auto-dependencia y articulaciones orgánicas, son los pilares fundamentales que sustentan el Desarrollo a Escala Humana. Pero para servir su propósito sustentador deben, a su vez, apoyar se sobre una base sólida. Esa base se construye a partir del protagonismo real de las personas, como consecuencia de privilegiar tanto la diversidad como la autonomía de espacio s en que el protagonismo sea realmente posible. Lograr la transformación de la persona-objeto en persona-sujeto del desarrollo es, entre otras cosas, un problema de escala; porque no hay protagonismo posible en sistemas gigantísticos organizados jerárquicamente desde arriba hacia abajo.

Desde la publicación en 1986 de la primera versión de Desarrollo a Escala Humana, se logró acumular una considerable experiencia en lo relativo a la utilización de la matriz de necesidades y satisfactores con fines analíticos, con distintos grupos en diferentes países. La metodología desarrollada hasta el momento muestra que dicha matriz permite lograr una idea acabada de los problemas centrales que impiden la actualización de las necesidades humanas fundamentales en la sociedad, comunidad o institución que se estudia.

Por su parte Toledo y Gonzalez (2014) en su artículo sobre el metabolismo social: las relaciones entre la sociedad y la naturaleza nos señala que las sociedades humanas producen y reproducen sus condiciones materiales de existencia a partir de su metabolismo

con la naturaleza, una condición que aparece como pre-social, natural y eterna. En otras palabras y de acuerdo con Schmidt (1976) citado por Toledo y Gonzalez (2014) el metabolismo entre la naturaleza y la sociedad es independiente de cualquier forma histórica porque aparece previamente bajo las condiciones pre-sociales o histórico-naturales de los seres humanos. Dicho fenómeno implica el conjunto de procesos por medio de los cuales los seres humanos organizados en sociedad, independientemente de su situación en el espacio (formación social) y en el tiempo (momento histórico), se apropian, circulan, transforman, consumen y excretan, materiales y/o energías provenientes del mundo natural.

> Las relaciones que los seres humanos establecen con la naturaleza son siempre dobles: individuales ó biológicas y colectivas o sociales. A nivel individual los seres humanos extraen de la naturaleza cantidades suficientes de oxígeno, agua y biomasa por unidad de tiempo para sobrevivir como organismos, y excretan calor, agua, bióxido de carbono y sustancias mineralizadas y orgánicas. Al nivel social, el conjunto de individuos articulados a través de relaciones o nexos de diferentes tipos se organizan para garantizar su subsistencia y reproducción y extraen también materia y energía de la naturaleza por medio de estructuras meta-individuales o artefactos, y excretan toda una gama de residuos o desechos. (Toledo & Gonzalez, 2014, p. 4)

Para finalizar Toledo y González (2014) menciona que los cinco procesos metabólicos (apropiación, circulación, transformación, consumo y excreción) se articulan de manera específica, particular y estable a lo largo del tiempo, lo que permite hablar de formas específicas de articulación entre esos y entre la sociedad por entero con la naturaleza. Las instituciones, que expresan relaciones estrictamente sociales como la familia, el mercado, las reglas de acceso a los recursos, el poder político, la fiscalidad, el parentesco, el apoyo recíproco, etc. suelen organizar socialmente esa articulación de los procesos metabólicos.

Figura 2.2
El metabolismo social

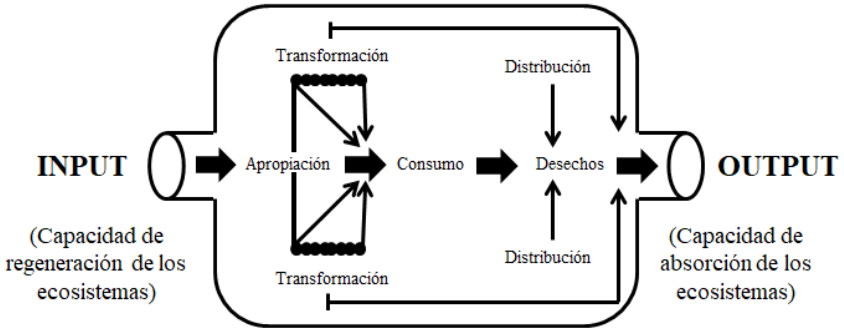


Figura de: Toledo (2013)

El enfoque Leader se puso en marcha en 1991 con el fin de mejorar el potencial de desarrollo de las zonas rurales aprovechando las iniciativas y aptitudes locales, fomentando la adquisición de conocimientos sobre desarrollo local integrado y difundiendo estos conocimientos en otras zonas rurales (Comunidades europeas, 2019).

Los objetivos de Leader están en sintonía con los de la política general de desarrollo rural de la UE. La PAC, política en continua evolución, tiene en cuenta la diversidad de las zonas y paisajes rurales, las ricas identidades locales y el valor cada vez mayor que la sociedad concede a un entorno natural de gran calidad. Se admite que estos aspectos son los principales activos con que cuentan las zonas rurales de la UE.

Varios de los enfoques sobre desarrollo rural que se pusieron en práctica a principios de la década de los noventa eran en general sectoriales: se centraban en los agricultores y tenían por objeto fomentar cambios estructurales en el sector agrícola. Utilizaban planteamientos «descendentes» y regímenes de ayuda decididos a escala nacional o regional. No siempre se animaba a las partes interesadas a escala local a adquirir los conocimientos necesarios para convertirse en los artífices del futuro de sus propias zonas.

Poco a poco se fue considerando que la utilización de planteamientos zonales y ascendentes, en los que intervinieran los núcleos locales y que revalorizarán los recursos de la zona, era una nueva forma de crear puestos de trabajo y empresas en las zonas rurales. Leader comenzó a agrupar experimentalmente, a escala local, varios proyectos e ideas, partes interesadas y recursos. La iniciativa demostró ser un instrumento ideal para probar el modo de hacer llegar las oportunidades a las zonas rurales. La porción del territorio de la UE en la que se aplica el enfoque Leader, el número de grupos Leader y el

volumen de la financiación asignada a enfoques del tipo Leader han aumentado considerablemente desde que se puso en marcha esta iniciativa en 1991.

Figura 2.3
El enfoque leader

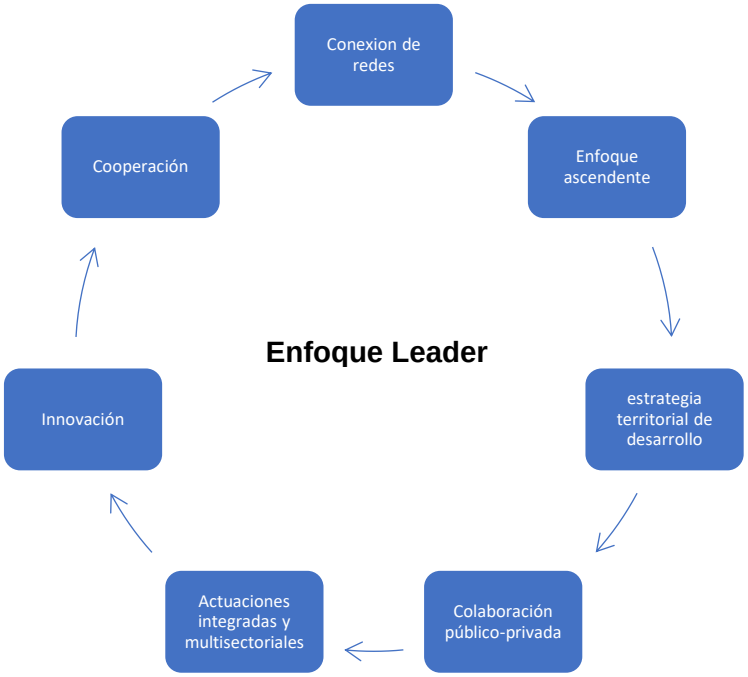


Figura de: Comunidades europeas (2019)

Un ejemplo de enfoque Leader en la región de Montiferru, Cerdeña (Italia) es testigo del profundo éxodo de su población rural hacia las zonas urbanas, con el resultado de que la agricultura y otras numerosas actividades tradicionales han perdido su mano de obra, así como también los conocimientos y las técnicas necesarias para elaborar los productos tradicionales de la región. El trabajo del Grupo de Acción Local (GAL) se ha centrado en añadir valor y ayudar al sector agroalimentario local a acceder a los mercados. El proyecto tiene por objeto un típico queso local, denominado «Casizolu», elaborado con leche de una raza vacuna.

El desarrollo regional consiste en un proceso de cambio estructural localizado (en un ámbito territorial denominado “región”) que se asocia a un permanente proceso de progreso de la propia región, de la comunidad o sociedad que habita en ella y de cada individuo miembro de talo comunidad y habitante de tal territorio.

2.2 Gestión del agua

La gestión del agua de acuerdo con Vargas & Pineyro (2005) es un conjunto de decisiones que afectan y condicionan el uso que se hace de ella. El agua es la fuerza vital que modela y sostiene a todos los ecosistemas y sus servicios, que aprovechamos todos: abastece a comunidades rurales y centros urbanos de este recurso y es también fuente de alimentación, recreo y desarrollo (Fondo Mundial para la Naturaleza, 2021). La participación social en cuanto a la toma de decisiones con relación a la gestión del agua es importante, debido a que es la sociedad quien se ve beneficiada o perjudicada (Gil & Reyes, 2015). La GWP (2013) menciona la importancia que tienen los municipios y gobiernos locales en impulsar acciones orientadas a la gestión sostenible del agua, y esta ha ido tomando preponderancia, debido a los procesos de descentralización de la gestión ambiental. El enfoque de derechos humanos en agua y saneamiento coloca a las personas en el centro del tema y hace visible la relación del gobierno y la sociedad como elemento esencial en una gestión democrática e incluyente del agua (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2012).

2.2.1 Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH)

La gestión de los recursos hídricos es un componente integral de la gestión preventiva de la calidad del agua de consumo. La prevención de la contaminación microbiana y química del agua de origen es la primera barrera contra la contaminación del agua de consumo que supone un peligro para la salud pública (OMS, 2006). La sociedad de hoy en día experimenta cambios que remiten a transformaciones del Estado en el marco de la gestión pública, estos cambios están relacionados con los procesos de adaptación y adecuación de las nuevas condiciones que surgen de las demandas sociales que tienen que ver son los recursos naturales. Lo anterior conlleva a un ámbito de complejidad y se establece una interrelación del individuo y/o sociedad con el medio ambiente. (Menchaca, 2017). Los cuatro Principios de Dublín establecen que: el agua dulce es un recurso finito y vulnerable, esencial para sustentar la vida, el desarrollo y el medio ambiente, el desarrollo y manejo del agua deberían ser participativos, involucrando a planificadores y a formuladores de políticas en todos los niveles, la mujer desempeña un papel fundamental en la provisión, manejo y

protección del agua, el agua tiene un valor económico en todos los usos de la misma que compiten entre sí y debería reconocerse como un bien económico.

Por su parte la Global Water Parthership (GWP) define la GIRH, como: “un proceso que promueve el manejo y desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales.” Para considerar una mejora en la gestión de los recursos hídricos se constituyeron en 1992 en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo en Rio de Janeiro los principios básicos de la GIRH los cuales permanecen vigentes: 1. El agua dulce es un recurso vulnerable y finito, esencial para mantener la vida, el desarrollo y el medioambiente. 2. El desarrollo y manejo del agua debe estar basado en un enfoque participativo, involucrando a usuarios, planificadores y realizadores de políticas a todo nivel. 3. La mujer juega un papel central en la provisión, el manejo y la protección del agua. 4. El agua posee un valor económico en todos sus usos competitivos y debiera ser reconocido como un bien económico.

En el tema de gobernanza la Organisation for Economic Cooperation and Development (2015) ha aportado pruebas sobre las principales lagunas de gestión que obstaculizan la formulación y la implementación de políticas del agua, y sugirió una serie de respuestas políticas y buenas prácticas para su resolución. El "Marco de gobernanza multinivel de la OCDE: Mind the Gaps, Bridge the Gaps" fue desarrollado como un marco analítico y una herramienta para los diseñadores de políticas que permitiese identificar los desafíos y superar las brechas de gobernanza que afectan, en mayor o menor grado, a todos los países independientemente de su configuración institucional, disponibilidad de agua o grado de descentralización.

2.2.2 Principios básicos para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico

Los diez principios básicos que considera la GIRH que permita establecer un plan o una estrategia son los siguientes:

Primero: El agua es un recurso finito, vulnerable e indispensable para la vida de los seres humanos y la naturaleza y un insumo imprescindible en numerosos procesos productivos. Segundo: El agua es un recurso único, su gestión debe realizarse en sus distintas fases en forma conjunta. Tercero: El agua es un recurso de ocurrencia variable tanto espacial como

temporal. Cuarto: El agua se desplaza sobre la superficie del terreno dentro de un espacio (cuenca hidrográfica). Los análisis y discusiones sobre la asignación del recurso hídrico de debe encarar a nivel de cuenca. Quinto: El agua tiene usos múltiples, el consumo humano básico y la sostenibilidad ambiental sin prioritarias. Se requiere articular la planificación hídrica con la planificación ambiental y la planificación del desarrollo social económico. Sexto: El superficial y los acuíferos transcienden los límites de una determinada jurisdicción política por lo que se requiere una gestión coordinada y consensuada. Séptimo: Las múltiples actividades que se desarrollan en un territorio afectan al recurso hídrico, por ello la necesidad de vincular la gestión hídrica con la gestión del territorio. Octavo: El agua se transforma en ocasiones en factor de riesgo ante situaciones a fenómenos como de escasez hídrica, contaminación y fallas de la infraestructura. Noveno: La ética en la gestión del recurso hídrico se logrará incorporando la equidad, la participación efectiva, la comunicación, el conocimiento, la transparencia y la capacidad de respuesta a las necesidades humanas. Decimo: El logro de los objetivos de planificación hídrica se alcanzará mediante la combinación de acciones estructurales y de medidas no estructurales.

2.2.3 Gestión Integrada del Recurso Hídrico a nivel Municipal

De acuerdo con Global Water Parthership (GWP) la Gestion Integrada del Recurso hídrico a escala local o municipal responde más directamente a las necesidades y prioridades de los actores y usuarios locales y por lo tanto logra ser más efectiva y sostenible para la protección del recurso hídrico. Dentro de los beneficios de la aplicación de la GIRH a nivel municipal son la mejora en la cantidad y calidad del agua para sus distintos usos.

Para aplicar un enfoque de GIRH, la principal tarea es la elaboración de un Plan de Manejo de Microcuenca como instrumento para ordenar el uso del territorio a las medidas necesarias para la conservación del agua. Iniciar un proceso de investigación y planificación permite analizar la influencia que los diferentes sectores están teniendo sobre la microcuenca. Con relación a la calidad del agua el cambio de uso de la tierra como son cultivos agrícolas intensivos con alto consumo de agroquímicos, descargas de aguas contaminadas incrementan el riesgo de cambio de la calidad química y física del agua. Por ello el proceso de planificación se deben identificar estos riesgos para proponer medidas que permita reducir los impactos negativos en la calidad del agua. Otro tema que debe

gestionarse a nivel municipal es el manejo de conflictos entre usuarios del agua que se genera por problemas como la disminución del volumen del agua debido al incremento de número de usuarios, contaminación de una fuente o el aprovechamiento en la propiedad de otro sin autorización de explotación o permiso. El manejo de estos conflictos debe realizarse a través de procesos participativos, en donde los distintos sectores y actores estén involucrados.

La base para contar con un servicio de agua sostenible, es conocer la microcuenca e identificar los puntos críticos que pueden afectar la calidad y cantidad del agua. Al tener esta información, la organización municipal o comunitaria encargada de administrar el servicio de agua, puede tomar las acciones correctivas correspondientes. La GIRH promueve que el ordenamiento o la planificación del territorio se haga en función de la cuenca o microcuenca hidrográfica. Como resultado de la planificación, se identifican las zonas críticas que contribuyen con la protección del recurso hídrico y por lo tanto, en estas no se debe permitir la instalación de actividades de alto o moderado riesgo de contaminación, ni aquellas que no permiten la infiltración y la recarga de aguas en los acuíferos.

Las consecuencias por una mala gestión en el recurso hídrico acentúan por efecto de un aumento en la temperatura y una mayor variabilidad de las precipitaciones como consecuencia del cambio climático. Con acciones enmarcadas en la GIRH, se puede lograr formas de adaptación y de mitigación de estos efectos. El ordenamiento territorial es una medida fundamental para reducir los impactos del cambio climático, los planes de microcuenca incluyen el ordenamiento del territorio contribuyendo a disminuir riegos y conflictos. La implementación de la GIRH incluye considerar a los grupos vulnerables, quienes generalmente los más afectados ante fenómenos naturales, también considera las consecuencias o impactos futuros, esto permite planificar a largo plazo y prever una mejor gestión del recurso hídrico.

Un ejemplo de gestión sostenible del recurso hídrico destaca el caso del Programa Sistemas de Captación de Agua de Lluvia en Viviendas de la Ciudad de México. Este programa social operado por la Secretaría del Medio Ambiente, a través de la Dirección General de Coordinación de Políticas y Cultura Ambiental cuyo objetivo general es mejorar las condiciones de acceso al agua de la población en viviendas marginadas y con elevada

escasez de agua y aumentar la resiliencia ante las crisis puntuales de abasto en la Ciudad de México mediante la provisión e instalación de sistemas de captación de agua de lluvia en viviendas, contribuyendo así a promover los derechos al agua, a una vida digna, a la ciudad y a la infraestructura social. (Gobierno de la Ciudad de México, 2020).

2.3 Cuenca Hidrológica

La cuenca hidrológica es una unidad morfológica, que además de incluir el área que cubre la cuenca superficial, incorpora el área de la cuenca subterránea o del acuífero como un todo (Faustino, 2007). La cuenca constituye la principal unidad territorial donde el agua proveniente de la precipitación es captada, almacenada y es disponible como oferta de agua (Jiménez, 2004). Por su parte la SEMARNAT (2018) menciona que una cuenca hidrológica es una cavidad natural en la que se acumula agua de lluvia. Esta circula hacia una corriente principal y finalmente llega a un punto común de salida. Unidad básica para la gestión de los recursos hídricos.

En México, se han delimitado 1,471 cuencas hidrográficas que, con propósitos administrativos la Comisión Nacional del Agua (Conagua) ha agrupado en 757 cuencas, que a su vez conforman 37 regiones hidrológicas, nuevamente agrupadas en 13 regiones económico-administrativas (Sistema Nacional de Información del Agua, 2022)

2.3.1 Consejo de Cuenca

Un consejo de cuenca es un órgano colegiado que reúne a los diferentes interesados en el manejo de agua, incluidas las autoridades federales, estatales y locales, de cada cuenca para lograr acuerdos y propuestas sobre la mejor administración de este importante recurso para toda clase de actividades humanas y el mantenimiento del medio ambiente (SEMARNAT, 2018). Por su parte la CONAGUA (2002) menciona que los Consejos de Cuenca se han establecido como instancias de coordinación y concertación entre la Comisión Nacional del Agua, dependencias de los tres niveles de gobierno existentes en México: Federal, Estatal y Municipal, y los representantes de los usuarios de la respectiva cuenca hidrológica. Su objeto es formular y ejecutar programas y acciones para la mejor administración de las aguas, el desarrollo de la infraestructura hidráulica y de los servicios respectivos, y la preservación de los recursos de la cuenca.

2.2.2 Gestión integral

Esta gestión se basa en tres pilares que son la eficiencia económica, la equidad y la sostenibilidad ambiental. Se necesita de un ambiente propicio mediante la creación de políticas y legislación, y el marco institucional a diferentes niveles, con esto se puede tener agua tanto para las actividades humanas como para el medio ambiente (Gil & Reyes, 2015). Por su parte Sánchez y Sánchez (2004) señalan que el uso eficiente del agua involucra el cambio de la manera tradicional de afrontar el incremento de la demanda de recursos hacia una gestión estratégica e integral de la demanda de agua, que implica modificar las prácticas y los comportamientos de los diferentes sectores de usuarios del agua, para maximizar el uso de la infraestructura existente, de tal manera que se pueda aumentar la cobertura hacia sectores necesitados y vulnerables.

2.2.3 Gestión comunitaria

La Organización Mundial de la Salud (2006) señala que para que los programas de gestión de la calidad del agua de consumo comunitario sean eficaces y sostenibles, es preciso que cuenten con el apoyo activo y la participación de las comunidades locales. La guía para el diseño de planes de intervención comunitaria, una herramienta que fomenta la resiliencia y cohesión comunitaria, establece en una serie de cinco pasos fundamentados en diagnósticos participativos, los cuales son: la planificación, el diagnóstico, el diseño de la estrategia comunitaria, la gestión de la estrategia comunitaria y por último el plan de monitoreo y evaluación. Respecto al tema del agua, son frecuentes en todo el mundo, tanto en países desarrollados como en desarrollo, los sistemas de abastecimiento de agua de consumo (con o sin tuberías) gestionados por comunidades. La administración y operación de los sistemas de abastecimiento de agua de consumo comunitarios dependen en mayor medida de miembros de la comunidad que, con frecuencia, no cuentan con capacitación y que a veces no cobran por el servicio prestado (Organización Mundial de la Salud, 2006).

Por su parte (Moreno & Ximhai, 2013) menciona que la gestión del agua para consumo humano en las zonas rurales, tanto de México como de Ecuador, se identifica con la gestión social, en donde los actores locales son quienes planean, administran y organizan los

modos de distribución del recurso entre la población. Por su parte la Universidad Nacional Autónoma de México y Montiel (2020) menciona que las instituciones locales, la infraestructura hidráulica, la normatividad, el sistema de tradiciones y costumbres, así como la organización son elementos claves en el análisis del territorio hidro-social. En ese sentido Sáez et al., (2008) señala que, en nuestros barrios, sectores, comunas y comunidades, debemos organizarnos para gestionar el agua de forma colectiva, equitativa, solidaria y sostenible, trabajando para que el proyecto comunitario responda a nuestras verdaderas necesidades y se cumpla estrictamente lo que decidamos.

2.2.3.1 Cambio conductual y de hábitos

La OMS señala que es importante establecer programas de educación en materia de higiene y salud para garantizar que la comunidad: conozca la importancia de la calidad del agua de consumo y su relación con la salud, así como la necesidad de disponer de agua potable en cantidades suficientes para los usos domésticos: para beber, para cocinar y para la higiene; reconozca la importancia de la vigilancia y la necesidad de responder. Así mismo Vargas & Pineyro (2005) señalan que cultura hídrica o cultura del agua indistintamente se define como:

> … conjunto de creencias, conductas y estrategias comunitarias para el uso del agua que puede 'ser leído' en las normas que la comunidad seda o acepta tener, en el tipo de relación entre las organizaciones sociales que tienen el poder y en los procesos políticos que se concretan en relación con el aprovechamiento, uso y protección del agua. (p. 65)

La sensibilización sobre la importancia de conservar el agua, el conocimiento de las buenas prácticas para un manejo sostenible de este recurso y el logro de un cambio de actitud, solo se consigue con programas de educación y comunicación. La educación ambiental puede ser formal, informal o no formal (Global Water Partnership, 2013).

2.3 Uso sostenible del agua

El uso sostenible del agua consiste en utilizar el recurso hídrico para diferentes actividades que tienen resultados productivos y de bienestar social, sin que se produzca una

degradación de las dinámicas naturales que permiten su disponibilidad en cantidad y calidad; es decir, sin degradar la cuenca hidrográfica. (Coordinadora Latinoamericana y del Caribe de Pequeños Productores y Trabajadores de Comercio Justo., 2017). En experiencias se destaca la construcción de fosas de contención mayor captación y infiltración de agua hacia el suelo, y mejor conservación de los suelos evitando su erosión, como es el caso de Brasil, en donde se construyó 472 fosas en 46 propiedades, con un volumen de captación de 4,728,000 m^3 de agua lluvia. Con relación al manejo sostenible del agua, el aporte principal de estas tecnologías es en relación a su apoyo a la zona de recarga hídrica o fuentes de agua en el entorno de las cuencas y microcuencas hidrográficas (Asociación Mundial para el Agua, 2013).

2.3.1 Conceptos relacionados

De acuerdo con la GWP (2013) la gobernabilidad del agua es el rango de los sistemas políticos, sociales, económicos y administrativos que se establecen para desarrollar y manejar los recursos hídricos y el suministro de agua en los diferentes niveles de la sociedad. Por su parte la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE], (2016) define gobernanza del agua como normas, prácticas y procesos (formales e informales) políticos, institucionales y administrativos mediante los que se toman e implementan las decisiones. En este sentido el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2012) define disponibilidad como el abastecimiento de agua de cada persona debe ser continuo y suficiente para los usos personales y domésticos. Estos usos comprenden normalmente el consumo, el saneamiento, el lavado de ropa, la preparación de alimentos y la higiene personal y doméstica.

2.3.2 Sistemas y técnicas sustentables para la gestión del agua

La precipitación pluvial constituye una parte importante del ciclo hidrológico, ya que produce el agua renovable del planeta. Sin embargo, la precipitación pluvial varía regional y estacionalmente (CONAGUA, 2011). En este sentido una de las soluciones para hacer frente a la escasez de agua se refiere al aprovechamiento eficiente de la precipitación pluvial, es decir, el agua de lluvia. El agua pluvial generalmente es de muy buena cualidad y sólo requiere de una filtración simple antes de almacenarla (Sarar Transformacion, 2016).

Por su parte Acosta et al., (2018) señala que un sistema de captación de agua de lluvia (scall) consiste básicamente en interceptar el agua de lluvia, captarla y almacenarla para su aprovechamiento posterior. En muchos lugares del mundo con alta o media precipitación y en donde no se dispone de agua en cantidad y calidad necesaria para consumo humano, se recurre al agua de lluvia como fuente de abastecimiento.

De acuerdo con la Asociación Mundial para el Agua (2013) todas las tecnologías para la captación y almacenamiento de agua tienen potencial positivo para contribuir a la adaptación al cambio climático, pues permiten almacenar el agua de la precipitación durante la temporada lluviosa. Sin embargo, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2013) señala que en situaciones críticas de escasez de agua, aunque las poblaciones pueden organizarse y autoayudarse, el apoyo externo es necesario, principalmente técnico y financiero, para hacer frente a los costos de las obras necesarias para almacenar mayores volúmenes de agua.

2.4 Captación de agua de lluvia

De acuerdo con Kinkade-Levario (2007) citado por Acosta et al., (2018) menciona que los sistemas de captación de agua de lluvia se dividen en sistemas activos y pasivos: Los sistemas pasivos de agua de lluvia son sistemas sencillos en que se modifica o amolda el lugar para captar e infiltrar al suelo el agua o para dirigirla hacia la vegetación que se pretenda beneficiar y los sistemas activos o complejos son en los cuales se utiliza algún sistema para captar, almacenar y distribuir el agua (Water Resource Research Center [WRRC], 2013). Los sistemas de captación externo se usan comúnmente en regiones áridas y semiáridas de México y tienen como objetivo suministrar agua adicional a cultivos con técnicas de riego por inundación o avenidas (Anaya, 2008). Por otra parte, los sistemas de captación en techos se utiliza una superficie, ya sea un techo, una azotea, una loza o un balcón para captar agua de lluvia y dirigirla a una unidad de almacenamiento, ya sea una cisterna, tanque o aljibe (Anaya Garduño et al., 1998). Por ultimo los sistemas de microcaptación o captación in-situ del agua de lluvia son aquellos en los que el área de captación y el área de cultivo están adyacentes pero diferenciadas (Loredo-Osti, 2014). Para Gleason (2005) a la cantidad de agua que es recibida en forma de lluvia en un área se le denomina dotación de agua pluvial del área, y a la cantidad que puede realmente ser cosechada o captada es denominada potencial de captación o cosecha de agua de lluvia,

y se refleja de la siguiente manera: potencial de captación de agua pluvia es igual a precipitación pluvial (mm) por eficiencia de captación o recolección.

De manera empírica Garcia-Chevesich (2015) comenta que desde el año 2003 a la fecha, se ha trabajado en varios estados de la república mexicana con sistemas a nivel vivienda y comunitario, en los que se promovió la transferencia de tecnologías apropiadas para el manejo integral del agua en localidades rurales e indígenas con alto grado de marginación. Con esta iniciativa se ha equipado con tecnologías sencillas y económicas, mediante un proceso de capacitación y transferencia, a familias habitantes de comunidades donde la calidad y cantidad del agua es limitada. En muchos lugares del mundo con alta o media precipitación y en donde no se dispone de agua en cantidad y calidad necesaria para consumo humano, se recurre al agua de lluvia como fuente de abastecimiento (Organización Panamericana de la Salud, 2004).

2.4.1 Técnicas utilizadas por civilizaciones antiguas

De manera histórica se puede mencionar que existieron diferentes técnicas de captación de agua de lluvia como son el Impluivum en la Domus romana era la casa grande y lujosa que pertenecía a las élites romanas. Este tipo de casa tenía un estanque llamado Impluvium. El Impluvium, palabra proveniente del verbo latino impluere, es una especie de estanque rectangular con fondo plano.
Un Chultún o Chulub Tun, es un aljibe abierto que solía utilizarse para recoger agua de lluvia o almacenar maíz en la península de Yucatán durante la civilización maya. La construcción consiste en una cámara subterránea con una sección en forma de botella, siendo el cuello de ésta el acceso a la cámara propiamente, que actúa como almacén de grano (Prieto, 2015).

2.4.2 Clasificación de sistemas y técnicas

Se estipulan que existen dos denominaciones: el agua de lluvia (Rainwater) es la que cae sobre los techos y se dispone para almacenarla o infiltrarla y el agua pluvial (Stormwater) es la que una vez que toca el suelo en las calles y es canalizada haca las bocas de tormenta o los drenajes urbanos.

2.4.3 Componentes de los sistemas

Las partes que conforman el sistema captación de agua de lluvia y según (Gleason, 2020) define como conjunto de tuberías, accesorios y equipos que captan y recolectan la lluvia que cae sobre una superficie para conducirla a un dispositivo de almacenamiento para su uso posterior son 1. Captación, 2. Conducción, 3. Dispositivo de primeras lluvias, 4. Cisterna, 5. Bombeo, 6. Purificación, 7. Distribución, 8. Mantenimiento.

2.4.3.1 Superficie de captación

Es el área sobre la cual caerá la lluvia, generalmente techos, patios, explanadas, caminos pavimentados, garajes, y cualquier superficie no permeable por donde escurra el agua de lluvia, y sea factible recolectarla.

2.4.3.2 Conducción

El sistema de conducción se refiere al conjunto de canaletas o tuberías de diferentes materiales y formas que conducen el agua de lluvia del área de captación al sistema de almacenamiento a través de bajantes con tubo de PVC. Son los conductos ubicados en la parte más baja del área de captación que recibe el agua captada y la trasladan a la tubería que conducirá el agua al dispositivo de almacenamiento. Algunas de las características de las canaletas de recolección son: que su material no contamine ni altere las características físicas y químicas del agua de lluvia, contar con un ancho suficiente para contener y trasladar el agua que se capta por la superficie, contar con una pendiente del 2%, estar adosada a la superficie de captación, tener un prefiltro (malla) que no permita la entrada de hojas de árboles u objetos que puedan decantarse fácilmente por su tamaño, y ser livianas.

2.4.3.3 Dispositivo de primeras lluvias

Es el dispositivo o interceptor destinado exclusivamente para almacenar las primeras lluvias de la temporada (DPLL). Una vez lleno el interceptor, su mecanismo no permite la entrada de más agua, el flujo es desviado y conducido a la cisterna.

2.4.3.4 Almacenamiento

Son los equipos que acumulan, preservan y suministran el agua de lluvia a la edificación. Es el depósito destinado para la acumulación, conservación y abastecimiento del agua lluvia a los diferentes usos. Estos depósitos protegen el agua de la intemperie. Los almacenamientos pueden ser superficiales o subterráneos.

2.4.3.5 Bombeo

El sistema de bombeo distribuirá el agua desde el tanque de almacenamiento hacia las unidades sanitarias requeridas. Se debe tener presente que la tubería de succión de la bomba debe estar al menos 50 cm por encima del fondo del tanque para evitar el arrastre de material sedimentado (Palacio, 2010).

2.4.3.6 Purificación

Es el proceso de purificación al que se somete el agua de lluvia para garantizar cierta calidad, con el fin de que reúna las condiciones necesarias para que tenga un determinado uso y evite la formación de algas o la fermentación del agua.

2.4.3.7 Distribución

Una vez limpia el agua el agua de lluvia dependiendo del uso que se le quiera dar al agua de lluvia, se distribuirá hasta los puntos de servicio. Esta distribución se llevará a cabo a través de tuberías hasta el grifo para riego, o hasta el tinaco en el caso de que se vaya a utilizar el agua de lluvia para consumo humano, y de ahí se repartirá el agua hasta los muebles para el consumo humano.

2.4.3.8 Mantenimiento

Se puede dividir en mantenimiento de conservación, que esté destinado a compensar el deterioro de equipos sufrido por el uso, de acuerdo a las condiciones física y químicas a las que fue sometido. El mantenimiento preventivo está destinado a garantizar la fiabilidad del

SCALL antes de que se pueda presentar una falla, por lo que hay que realizar las siguientes tareas periódicas en antes y durante el temporal.

CAPÍTULO 3. MARCO CONTEXTUAL

3.1 Disponibilidad y acceso
3.1.1 Nacional

La Asamblea General de Naciones Unidas reconoció en el año 2015 el derecho de todos los seres humanos a tener acceso a una cantidad de agua suficiente para el uso doméstico y personal (entre 50 y 100 litros de agua por persona y día), segura, aceptable y asequible (el coste del agua no debería superar el 3% de los ingresos del hogar), y accesible físicamente (la fuente debe estar a menos de 1000 metros del hogar y su recogida no debería superar los 30 minutos).

A propósito de disponibilidad de agua la CONAGUA (2011) ha definido 757 cuencas hidrológicas en el país de las cuales 649 se encontraban en situación de disponibilidad, dichas cuencas se encuentran organizadas en 37 regiones hidrológicas y a su vez se agrupan en las 13 regiones hidrológico-administrativas.

Figura 3.1
Delimitación de acuíferos

Figura de: Comisión Nacional del Agua (2011)

El volumen promedio de agua que ingresa al país vía la precipitación es de 1488.8 km^3 anuales, del cual 71.5% regresa a la atmósfera por evapotranspiración. Para tener el

balance completo es necesario agregar alrededor de 48.4 km^3 anuales que ingresan por importaciones de los ríos de las fronteras norte y sur y restar las exportaciones a los Estados Unidos que contabilizan 0.432 km^3 anuales. Así, en el balance general la disponibilidad natural media en México es de 471.5 km^3 anuales de agua en promedio al año (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2014). En la tabla 3.1 se presentan datos de registro de precipitación pluvial de las regiones hidrológico-administrativas durante al año 2018, durante el cual la región de la Península de Yucatán registró un promedio anual de 1235.1 mm, de las demás regiones el mayor registro de precipitaciones lo alcanzó Frontera sur con 1768.8 mm y el menor registro fue de Península de Baja California con 142.6 mm.

Tabla 3.1

Registro de precipitación (mm) en México 2018

Región hidrológico-administrativa	Mensual												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	**Anual**
Península de Baja California	7.6	10.8	2.5	0.1	0.2	7.3	5.6	12.4	40.7	31.2	5.3	19.9	**142.6**
Noroeste	1.4	33.8	1.7	0.1	0.9	49.2	123.0	153.1	110.8	78.4	1.5	27.8	**581.6**
Pacífico Norte	2.2	23.5	0.4	0.5	4.9	103.5	130.8	221.6	257.1	80.2	9.3	38.2	**872.2**
Balsas	10.4	10.4	4.2	29.1	96.5	277.1	106.6	257.5	179.7	147.1	84.0	3.2	**1205.7**
Pacífico Sur	2.6	2.3	7.9	17.2	62.4	275.3	67.1	187.6	167.7	234.8	42.2	10.5	**1077.5**
Río Bravo	3.0	10.5	2.4	12.0	15.2	45.6	59.3	71.3	144.1	59.0	6.4	24.5	**453.1**
Cuencas Centrales del Norte	9.8	17.3	0.6	12.7	19.5	74.7	34.1	52.8	162.5	53.6	13.7	12.0	**463.2**
Lerma Santiago Pacífico	13.3	14.6	0.4	5.9	45.2	209.9	121.6	191.1	204.3	120.1	61.9	2.6	**990.6**
Golfo Norte	29.6	12.2	15.4	75.9	55.2	125.6	31.1	55.6	167.4	95.0	27.5	6.9	**697.2**
Golfo Centro	99.4	38.2	54.1	89.5	44.9	184.3	133.5	260.3	215.2	348.5	92.4	66.9	**1627.2**
Frontera Sur	155.6	30.0	34.1	103.0	136.2	210.4	116.2	241.5	280.0	233.4	180.2	48.3	**1768.8**
Península de Yucatán	82.9	14.2	25.9	87.8	103.9	185.2	121.3	182.0	164.5	137.0	91.1	39.4	**1235.1**
Aguas del Valle de México	6.1	10.7	6.6	37.7	36.2	126.7	43.2	121.0	85.9	60.0	33.9	3.1	**581.0**
Nacional	**25.7**	**17.6**	**9.1**	**28.3**	**39.0**	**121.5**	**83.8**	**139.1**	**166.0**	**110.7**	**39.6**	**23.4**	**803.7**

Fuente: Conagua (2018)

Durante 2018 la Conagua tenía concencionados un total de 271,353 hm3 en todo el país distribuidos en diferentes rubros como son agrícola, agroindustrial, domestico, acuacultura, servicios y demás clasificaciones del Registro Público de Derechos de Agua. El 90.4% del volumen concencionado a escala nacional es para uso agrícola y abastecimiento público. El grado de presión sobre el recurso hídrico nacional experimenta un porcentaje de 19.7%

lo cual se considera de nivel bajo, este indicador representa el agua empleada respecto al agua renovable. Con relación a los permisos de descargas se contó con 508,803 títulos inscritos.

Respecto al número de plantas en operación para mejorar la calidad del agua y esta sea adecuada para el consumo humano, durante este año se tenía registro de un total de 965 a nivel nacional. En la tabla 3.2 se presentan datos del número de plantas operación por región hidrológica, así como se su capacidad instalada y el caudal potabilizado. Respecto a la región Península de Yucatán se observa que solo se tiene registro de una sola planta en operación en 2018.

Tabla 3.2

Plantas potabilizadoras en operación 2018

Región hidrológico-administrativa	Numero de plantas en operación	Capacidad instalada (m^3/s)	Caudal potabilizado (m^3/s)
Península de Baja California	56	12.76	7.99
Noroeste	19	4.84	3.10
Pacífico Norte	162	10.79	9.49
Balsas	29	27.00	17.33
Pacífico Sur	21	3.60	2.92
Río Bravo	138	27.90	19.91
Cuencas Centrales del Norte	168	2.64	2.10
Lerma Santiago Pacífico	191	20.76	19.53
Golfo Norte	43	7.20	7.07
Golfo Centro	15	7.51	5.23
Frontera Sur	50	13.28	10.37
Península de Yucatán	1	0.01	0.01
Aguas del Valle de México	72	6.54	5.21
Total	**965**	**144.84**	**110.25**

Fuente: Conagua (2018)

3.1.2 Regional

El tipo de suelo que se determina de la región es calizo y muy permeable, por lo cual no existe ríos o lagos sin embargo, y de acuerdo con sus propiedades filtrantes, debajo de ellos hay corrientes y depósitos subterráneos de agua, alimentados en parte con infiltraciones de lluvia desde la superficie, pero sobre todo están constituidos por

ensanchamientos de redes fluviales subterráneas muy complejas, alumbradas, a veces, con cenotes (Murillo y Chávez, 2016).

> Entre las características distintivas de un sistema kárstico se encuentra la presencia de puntos de recarga de agua a través de “hoyos”, cavernas, dolinas u otro tipo de depresiones en los cuales los contaminantes entran directamente y llegan a las aguas subterráneas en donde pueden ser transportados a grandes distancias a través de conductos kársticos o ser temporalmente almacenados; por estas razones, se considera que en estos sistemas los procesos de atenuación de contaminantes son poco eficientes y por lo tanto la vulnerabilidad a la contaminación es muy alta (Aguilar et al., 2016).

La disponibilidad de agua per cápita en la península de Yucatán asciende a 6,103 m^3/hab/año (CONAGUA, 2019) y durante al año 2018 se registró un promedio de precipitación pluvial de 1207.3 mm^3/año, colocando a la región como una de las zonas donde se ha registrado un alto número de precipitaciones y por encima de la media nacional que fue de 803.7 mm^3/año. Sin embargo en el año 2020 la región tuvo un incremento en registro de precipitaciones alcanzando un total de 1802.02 mm^3. En la tabla 3.3 se presenta información de los registros mensuales de precipitación en el estado de Yucatán durante el año 2020.

Tabla 3.3

Registro de precipitación (mm) en Yucatán 2020

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
29.5	8.0	4.1	23.4	194.8	551.9	121.8	144.9	166.5	402.7	103.3	51.6	1802.2

Fuente: Conagua (2020)

En la península de Yucatán se encuentra la reserva hidrológica de aguas subterráneas más importante a nivel nacional, ya que alberga cuatro acuíferos con una recarga media de 25 316 hm^3, es decir, más del 32% de la recarga media de todo el país (Gobierno del Estado de Yucatan, 2013)

Con relación a la calidad del agua en la región se llevan a cabo diferentes evaluaciones y se toman como base cuatro indicadores los cuales son: la Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días (DBO5), la Demanda Química de Oxígeno (DQO), los Sólidos Suspendidos Totales (SST) y Coliformes Fecales (CF). En la tabla 3.4 se presenta datos de los cuatro indicadores de la región hidrológica-administrativa de la Península de Yucatán con relación a la calidad del agua.

Tabla 3.4

Calidad del agua (Península de Yucatán)

Región hidrológico-administrativa	Indicador	Calidad				
		Excelente	Buena calidad	Aceptable	Contaminada	Fuertemente contaminada
Península de Yucatán	DBO	2.1	27.7	70.2	0.0	0.0
	DQB	0.0	0.0	63.8	34.0	2.2
	SST	75.5	21.4	2.0	1.1	0.0
	CF	74.5	6.1	12.8	6.6	0.0

Fuente: Conagua (2018)

El porcentaje que representa el agua empleada en usos consuntivos respecto al agua renovable es un indicador del grado de presión que se ejerce sobre el recurso hídrico de un país, cuenca o región. El grado de presión puede ser muy alto, alto, medio, bajo y sin estrés. Se considera que si el porcentaje es mayor al 40% se ejerce un grado de presión alto o muy alto. En la tabla 3.5 se presentan datos la región hidrológica-administrativa de la Península de Yucatán, el cual presenta un grado de presión de 16.7 y se clasifica como bajo.

Tabla 3.5

Grado de presión del recurso hídrico (Península de Yucatán)

Región hidrológico-administrativa	Volumen total de agua concesionado (hm3/año)	Agua renovable (hm3/año)	Grado de presión (%)	Clasificación del grado de presión

Península de Yucatán	4956	29647	16.7	Bajo

Fuente: Conagua (2018)

De acuerdo con los datos de registro del total de planta potabilizadoras en el país durante el año 2018, en la Península de Yucatán únicamente se cuenta una sola planta. Estas plantas tienen la función de mejorar la calidad del agua respecto a ablandamiento, adsorción, clarificación convencional, clarificación de patente, filtración directa, filtración lenta, filtros de carbón activado, ósmosis inversa y remoción de fierro y manganeso. Respecto al número de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales, durante este mismo año se tenía registro en la región de un total de 76 plantas en operación. A partir de la expedición de la LAN (1992), los títulos de concesión, asignación y permisos de descarga se inscriben en el Registro Público de Derechos de Agua, en la región durante 2018 se tenía un total de 3651 permisos de descarga.

3.2 Iniciativas sociales

3.2.1 Nacional

El Consejo Mundial del Agua es una organización internacional de plataforma multi-actoral. Fue fundada en 1996 por iniciativa de renombrados especialistas en recursos hídricos y organizaciones internacionales, en respuesta a una creciente preocupación por parte de la comunidad global sobre las problemáticas mundiales del agua, cuya misión es detonar la acción en temas críticos del agua a todos los niveles, incluyendo el más alto nivel de toma de decisiones, a través de la participación de la gente en el debate y desafiando el pensamiento convencional (World Water Council, 2021).

En el caso de México, existen diversos grupos interdisciplinarios relacionados con el tema del agua como es el caso de Sarar, cuya misión es:

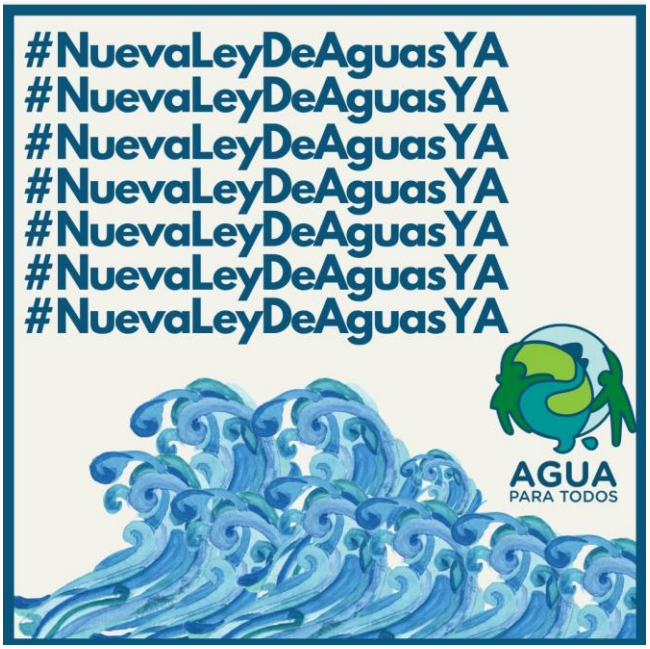
> Estimular la transformación de los modos convencionales de pensar y actuar en relación al agua y saneamiento hacia sistemas más naturales y holísticos, cerrando el ciclo de nutrientes para frenar la degradación de nuestro planeta y mejorar la

calidad de vida en un contexto de equidad y armonía económica, social y ecológica. (Sarar Transformación S.C., 2021)

Otro ejemplo de iniciativas sociales creadas con el propósito de generar propuestas para una mejor gestión y manejo del recurso hídrico en México es la Coordinadora Nacional Agua para Todos, Agua para la Vida (Agua para Todxs). Este movimiento es un proceso de organización y articulación autónomo, amplio e incluyente, en donde confluyen pueblos originarios, organizaciones sociales, trabajadores, sistemas comunitarios de gestión del agua e investigadores comprometidos con la construcción del buen gobierno del agua y el territorio (Coordinadora Nacional Agua para Tod@s Agua para la Vida, 2021). El surgimiento de este movimiento social tiene como propósito cambiar el paradigma extractivista de gestión del agua, por uno de gestión de ciclos vitales desde la población en el territorio, basado en la planeación, regeneración, aprovechamiento, tratamiento y reúso del vital líquido en una lógica de derecho humano al agua en el campo y la ciudad (Moctezuma, 2020).

A partir de la publicación en el Diario Oficial de la Federación de la reforma del artículo cuarto constitucional en el año 2012 en el cual se reconoce el derecho humano al agua y saneamiento y estableciendo un plazo máximo de 360 días para la emisión de una nueva Ley General de Aguas es que se inicia la organización de un congreso nacional que tuvo sede en la Universidad Autónoma Metropolitana en el cual se abordaron temas relacionados a la gestión hídrica en México, la participación ciudadana entre otros temas en el cual surge la propuesta de elaboración de una iniciativa ciudadana de Ley General de Aguas. Durante el año 2013 y 2014 se organización foros en todo el país y se llevó a cabo el segundo congreso sumando a diferentes actores sociales, universidades, sindicatos y organizaciones. Durante estos años el movimiento ha ido creciendo y continua en la lucha por la defensa del agua en México. En la figura 3.2 se observa el material infográfico de comunicación ampliamente difundido por la Coordinadora Nacional Agua para Tod@s Agua para la Vida con el proposito de expresar el manifiesto hacia una urgente nueva ley de aguas en México.

Figura 3.2
Nueva Ley de Aguas Ya



Fuente: Coordinadora Nacional Agua para Tod@s Agua para la Vida (2020)

3.2.2 Regional

En el mes de abril de 2021 se llevó a cabo el Foro Peninsular en Defensa del Agua y de la Vida que organizó el Consejo Ciudadano por el Agua de Yucatán cuyos objetivos fueron los siguientes:

- Iniciar un proceso social para analizar y confrontar los intereses económicos y las fallas normativas, de política pública y de gobernanza que están detrás de la creciente crisis hídrica y socioambiental en la Península de Yucatán.
- Constituir grupos de trabajo temáticos que, durante las próximas semanas, realicen este análisis conjuntamente con comunidades y localidades afectadas por la problemática abordada por cada grupo de trabajo. Planificar la labor de los grupos de trabajo, con vistas a generar a fines de marzo un diagnóstico participativo y una serie de propuestas y demandas para cada tema.
- A través de los grupos de trabajo, generar propuestas colectivas desde una perspectiva crítica para ser incluidas en el Programa Hídrico Regional de la Península de Yucatán, con planteamientos concretos de mejora regulatoria, mayor participación ciudadana, cambios de política pública y gobernanza, transformación

de conflictos y rendición de cuentas en asuntos tales como concesiones, permisos de descarga de aguas residuales, etc.

- Contribuir al entendimiento y fomentar la participación ciudadana en el Consejo de Cuenca.
- Fomentar la participación ciudadana en el proceso de aprobación de la Ley General de Aguas.

Dicho Foro permitió la conformación de grupos de trabajo en las cuales se organizaron en los siguientes ejes temáticos: actividad pecuaria, agricultura y agroquímicos, cambio climático, urbanización, megaproyectos y comunidades sin acceso adecuado a agua potable y saneamiento. El primer objetivo de estos grupos de trabajo fue realizar un diagnóstico participativo en el que se contó con académicos, investigadores, organizaciones en defensa del agua, estudiantes y sociedad civil para posteriormente presentar una serie de propuestas para que pudieran ser integradas como parte del Plan Hídrico Regional de la Península de Yucatán.

3.2.3 Local

La Red Ciudadana por la Sostenibilidad nace en el año 2017 con el objetivo de contribuir a resolver los grandes problemas socio ambientales locales y globales a través de la suma de esfuerzos de organizaciones y personas, que permita proponer, impulsar y defender acciones puntuales y políticas públicas en materia de desarrollo sostenible, de manera eficaz y consensuada (Red Ciudadana por la Sostenibilidad en Yucatán, 2020). A consecuencia de los diversos fenómenos meteorológico ocurridos en el año 2020 en el cono sur del estado, en el cual diversos habitantes de las comunidades de Tekax y Tzucacab se vieron afectados por las inundaciones provocadas por la tormenta tropical “Cristóbal” es que organizaciones como la antes mencionada Red Ciudadana por la Sostenibilidad en Yucatán decidieron realizar una campaña de apoyo para entregar víveres básicos y agua purificada a comunidades afectadas particularmente a la localidad de Tigre Grande, Tzucacab debido a la urgente necesidad de los habitantes ya que el servicio de energía eléctrica estaba suspendido y esto ocasionó que la bomba de extracción de agua de la comunidad deje de funcionar provocando que el servicio de entrega de agua fuese ilimitado o nulo.

Finalmente, terminó la 2da Colecta con la alianza entre esta Red y un grupo de voluntari@s de la iglesia de Tekax, que nos ayudaron a llevar las donaciones a la comunidad de Tigre Grande, al sur del Estado de Yucatán, con 50 despensas de víveres, frutas y verdura e implementos de limpieza y desinfección, además de Agua purificada (Red Ciudadana por la Sostenibilidad en Yucatán, 2020).

En la imagen 3.3 se puede observar a los habitantes de la localidad de Tigre Grande, Tzucacab recibiendo por parte de personas voluntarias insumos de la canasta básica y garrafones de agua purificada de 20 litros cada uno.

Figura 3.3
Entrega de víveres básicos y agua purificada a los habitantes de Tigre Grande

Fuente: Red Ciudadana por la Sostenibilidad en Yucatán, 2020.

A raíz de este suceso es que se puso en contexto la difícil situación de acceso al agua en que viven estas comunidades, además de la falta de atención de servicios básicos como son salud y educación. Por su parte la Red Ciudadana por la Sostenibilidad en Yucatán hizo un llamado para que las autoridades de los gobiernos estatales y municipales tomen cartas en el asunto y concluyó que la población no puede quedarse sin agua ya que es esencial para vivir y lamentó el abandono en que viven estas familias.

3.2.2 Públicas

El Programa Hidrológico Intergubernamental (PHI) de la UNESCO apoya a los países en su esfuerzo para alcanzar la seguridad hídrica mediante la mejora de la gestión del agua, la investigación, la educación y el desarrollo de capacidades (UNESCO, 2021).

3.3 Instrumentos de gestión del agua

En México, el agua de los ríos, lagos y acuíferos es propiedad de la nación y corresponde al Poder Ejecutivo su administración. Para ello, se cuenta con dos instrumentos principales: La Ley de Aguas Nacionales y la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), autoridad responsable de la administración del recurso. Actualmente, en nuestro país cada seis años se elabora el Plan Nacional de Desarrollo, en el cual se plantean las prioridades, objetivos y estrategias que la administración pública federal se ha fijado para el periodo sexenal (CONAGUA, 2006d). En ese sentido el artículo 115 constitucional establece que es responsabilidad de prestar los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento a los municipios de los estados.

3.3.1 Agenda 2030 de la ONU

El acceso a agua, saneamiento e higiene es un derecho humano, y sin embargo, miles de millones de personas siguen enfrentándose a diario a enormes dificultades para acceder a los servicios más elementales. Aproximadamente 1.800 millones de personas en todo el mundo utilizan una fuente de agua potable que está contaminada por restos fecales. Unos 2.400 millones de personas carecen de acceso a servicios básicos de saneamiento, como retretes y letrinas. La escasez de agua afecta a más del 40% de la población mundial y este porcentaje podría aumentar. Más del 80% de las aguas residuales resultantes de la actividad humana se vierte en los ríos o en el mar sin ningún tratamiento, lo que provoca su contaminación. (ONU, 2020).

La agenda 2030 señala 17 objetivos y 169 metas de carácter universal. Las metas del objetivo número 6 plantea lo siguiente en relación con la escasez del agua:

- De aquí a 2030, lograr el acceso universal y equitativo al agua potable a un precio asequible para todos.
- De aquí a 2030, mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial.
- De aquí a 2030, aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren falta de agua.
- De aquí a 2030, ampliar la cooperación internacional y el apoyo prestado a los países en desarrollo para la creación de capacidad en actividades y programas relativos al agua y el saneamiento, como los de captación de agua, desalinización, uso eficiente de los recursos hídricos, tratamiento de aguas residuales, reciclado y tecnologías de reutilización.

3.3.2 Agua limpia y saneamiento

Según datos de la ONU (2021) se estima que aproximadamente 1.800 millones de personas en todo el mundo utilizan una fuente de agua potable que está contaminada por restos fecales. Unos 2.400 millones de personas carecen de acceso a servicios básicos de saneamiento, como retretes y letrinas. Por su parte la FAO (2021) menciona que los cultivos y la ganadería representan el 70 por ciento de todas las extracciones de agua y hasta el 95 por ciento en algunos países en desarrollo.

3.3.3 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece, en su Artículo 4to, que el acceso al agua potable para el consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible, así como el saneamiento, es un derecho humano que el Estado debe garantizar. El agua es uno de los recursos más importantes para el desarrollo

integral y digno de los individuos, por lo que su carencia transgrede el derecho a la salud, la alimentación, el ambiente sano y la vida y vivienda dignas.

El decreto por el cual se modifica el artículo 4to. constitucional fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 8 de febrero de 2012. En su tercer artículo transitorio se estable que: El Congreso de la Unión, contará con un plazo de 360 días para emitir una Ley General de Aguas. Sin embargo hasta fechas actuales dicha ley aún no ha sido emitida.

3.3.4 Ley de Aguas Nacionales

La vigente Ley de Aguas Nacionales fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el primero de diciembre de 1992 por el entonces presidente de México Carlos Salinas de Gortari. Esta ley tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable (Ley de Aguas Nacionales, 1992).

Tras la reforma del artículo 4to constitucional en el cual se reconoce el derecho humano al agua y saneamiento y al haberse cumplido los 360 días previstos para emitir una nueva Ley General de Aguas es que surge la iniciativa ciudadana nacional Agua Para Todos, Agua para la Vida, en la cual se propone la creación de una nueva ley de aguas, en el apartado 3.2.1 se detalla el surgimiento de esta iniciativa ciudadana.

3.3.5 Programa Nacional Hídrico 2020-2024

La actual visión del plan nacional hídrico está orientado al complimiento de objetivos y estrategias prioritarias divididas en cinco apartados o puntos. El primero es garantizar progresivamente los derechos humanos al agua y saneamiento especialmente en la población vulnerable, el segundo aprovechar eficientemente el agua para contribuir al desarrollo sostenible de los sectores productivos, el tercero reducir la vulnerabilidad de la población ante inundaciones y sequías, con énfasis en los pueblos indígenas y afromexicanos, el cuarto preservar la integridad del ciclo del agua a fin de garantizar los servicios hidrológicos que brindan cuencas y acuíferos, y el quinto mejorar las condiciones para la gobernanza del agua a fin de fortalecer la toma de decisiones y combatir la corrupción.

3.3.6 Programa Hídrico Regional de la Península de Yucatán

El Programa Hídrico Regional de la Península de Yucatán (PHRPY) busca ser un instrumento estratégico de planeación y programación que establezca la ruta para lograr la seguridad y sustentabilidad hídrica en la Región Hidrológico-Administrativa XII Península de Yucatán (RHPY), alineado con la política hídrica nacional definida en el Programa Nacional Hídrico 2020-2024 (Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán, 2021).

3.3.7 Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2020-2024

Con relación al recurso hídrico este programa contempla en su objetivo prioritario 3 el promover al agua como pilar de bienestar, manejada por instituciones transparentes, confiables, eficientes y eficaces que velen por un medio ambiente sano y donde una sociedad participativa se involucre en su gestión.

Así como su objetivo prioritario 4 el cual menciona que se deberá promover un entorno libre de contaminación del agua, el aire y el suelo que contribuya al ejercicio pleno del derecho a un medio ambiente sano.

3.3.8 Plan Estatal de Desarrollo Yucatán 2018-2024

Este documento publicado por el Gobierno del Estado alinea sus objetivos de desarrollo sostenible con la agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas, con el fin de adoptar medidas y contribuir al plan de acción mundial en favor de las personas, el planeta y la prosperidad.

Contenido como política pública en el objetivo de mejorar la calidad del agua en Yucatán con base en el indicador de porcentaje de agua suministrada y desinfectada por consumo humano en litros, se señala el compromiso de promover la creación de una ley que regule el uso eficiente y el cuidado del agua con la estrategia para disminuir su contaminación y desperdicio. Dicha política de desarrollo estatal se basa del objetivo 6 agua limpia y saneamiento de la ONU.

Calidad del agua suministrada

En el año de 2016 se suministraron 348 mil 306 litros por segundo de agua en todo el país, de los cuales 6 mil 876 litros por segundo lo suministró Yucatán, lo que representó el 2% del total de agua suministrada en el país, cifra por debajo de la media nacional de 10 mil 884.6 litros por segundo por lo que el estado se ubicó en el lugar 20 entre las entidades que más suministraron este recurso a su población.

La Semarnat, señaló que para 2016 Yucatán suministró 283.41 litros al día por habitante, lo cual colocó al estado en el lugar 13 por encima del promedio nacional de 273 litros al día por habitante.

De 2007 a 2016 Yucatán disminuyó los litros suministrados por habitante para uso humano en -9.7%, cifra similar a la disminución media nacional de -10.7%; la disminución del suministro de agua se debe a que la población crece más que la capacidad instalada del suministro del vital líquido, por lo tanto, la tendencia nacional es la disminución del agua suministrada al día por habitante para prácticamente todos los estados, sin embargo, Yucatán fue de los que menos disminuyó.

El porcentaje de agua suministrada y desinfectada para consumo humano en litros por segundo para el estado en 2016 fue de 88.5%, con lo que el estado se situó en el penúltimo lugar y por debajo del promedio nacional de 97.3% en dicho indicador. El agua desinfectada a nivel estatal entre 2007 y 2016, presentó una disminución de -1.3 puntos. (Plan Estatal de Desarollo, 2018, p. 233)

Objetivo 4.3.1. Mejorar el saneamiento de aguas residuales en Yucatán

Estrategia 4.3.1.1. Fortalecer la cultura de reutilización de aguas residuales, para disminuir la demanda del agua.

Línea de acción 4.3.1.1.2. Diseñar programas para la reutilización de las aguas residuales tratadas para uso general y en el sector industrial.

Estrategia 4.3.1.2. Mejorar la infraestructura y el funcionamiento en torno al abastecimiento y tratamiento del agua

Línea de acción 4.3.1.2.2. Ampliar la infraestructura existente para el suministro de agua potable en el estado.

Objetivo 4.3.2. Mejorar la calidad del agua en el estado.

Estrategia 4.3.2.1. Impulsar el uso responsable del agua para disminuir su contaminación y desperdicio.

Línea de acción 4.3.2.1.4. Incrementar la captación y aprovechamiento del agua pluvial.

Línea de acción 4.3.2.1.7. Promover prácticas sustentables en las actividades agrícolas eficientes en el uso del agua.

3.4 Crisis Hídrica en México

La "crisis del agua" se ha extendido en las últimas décadas, pasando de ser una problemática característica de zonas donde por naturaleza el recurso es escaso, a ser una problemática de orden mundial (Torres Hernández et al., 2011). México enfrenta problemas que obligan a hacer una administración mejor para poder satisfacer las demandas de sus habitantes, entre ellos destacan la escasez, la contaminación del recurso, la necesidad de mejorar la administración del agua, etc (Arreguín Cortés et al., 2010). La crisis hídrica mexicana es producto del paradigma que trajo consigo el capitalismo neoliberal, el cual impulsa la mercantilización de bienes comunes y la extracción de materias primas por encima de la capacidad de recarga natural, para procesos de extracción destructivos y contaminantes, que alteran el ciclo hidrológico (Moctezuma Barragán, 2020).

> En México el grado de desarrollo de las relaciones de poder en torno a la gestión social del agua a partir de las políticas de privatización -que trajo consigo la política de acumulación de capital neoliberal-, se patentiza por una clara irresponsabilidad por parte de las instituciones del Estado que son encargadas de velar porque los recursos hídricos de la Nación sean suficientes en cantidad y calidad para satisfacer las necesidades de la población (Luna Nemecio, 2018).

La Ley de Agua Nacionales de 1992 sentó las bases para que un "particular" mediante concesiones pueda acceder a las aguas nacionales, buscando la descentralización administrativa del proceso, ya que anteriormente solo era posible obtener una concesión por medio de un mandato presidencial y mediante consulto (Rolland y Vega Cárdenas, 2010).

> La crisis hídrica en México se caracteriza por la distribución inequitativa del agua, la imposición de megaproyectos hidráulicos (megapresas, trasvases, pozos ultraprofundos, desalinizadoras y acueductos), la prioridad a inmobiliarias que agudizan la saturación urbana en zonas de no disponibilidad hídrica; el avasallamiento del territorio con megaminería toxica, la persistencia de la fracturación hidráulica (fracking), la priorización de la agroexportación en gran escala y el auge de embotelladoras y cerveceras, varios de estos proyectos en pleno desierto (Moctezuma Barragán, 2020)

En el caso del estado de Yucatán en los últimos años, la contaminación del acuífero maya, incluidos los cenotes de Yucatán, ha llegado a puntos críticos debido al uso de carga y descarga de agua para la industria, la proliferación de mega-granjas y el uso de plaguicidas, principalmente los usados en fumigaciones aéreas y extensivas para la agroindustria (Medina Carrillo et al., 2021). Actividades antrópicas como el uso industrial, el urbano habitacional, agrícola con agroquímicos y pecuaria han contaminado las aguas con plaguicidas, nitratos, hidrocarburos, coliformes fecales, metales pesados y productos de consumo humano como nicotina, cafeína y fármacos (Bautista y Aguilar, 2011).

La contaminación del agua es un reto para la seguridad hídrica, de manera directa produce riesgos para la salud humana y el medio ambiente; de manera indirecta disminuye también la disponibilidad, al hacer al recurso inútil para determinados usos, a menos que se apliquen tratamientos cada vez más costosos (Martínez-Austria, 2013). Se estima que el 30% de la población en la zona rural de Yucatán bebe agua de pozo o de cenotes contaminados, estos factores pueden explicar por qué, en los últimos 15 años, el estado de Yucatán ha presentado alta prevalencia de muertes en mujeres causadas por cáncer cervico-uterino, cáncer de mama, así como una alta prevalencia de malformaciones congénitas y de mortalidad fetal e infantil (Rodriguez et al., 2017).

3.5 Caracterización de la microrregión

3.4.1 Biotopo

De acuerdo con Bautista y Palacio (2014) la península de Yucatán (PY) se localiza al extremo sureste de la República Mexicana entre los 18º y 21º30' de latitud norte. Es una región de escaso relieve con altitudes menores a los 400 msnm. La región o provincia fisiográfica de la PY, ocupa todo el territorio de los estados de Yucatán y Quintana Roo, casi todo el estado de Campeche, el Departamento de Petén en la República de Guatemala y el Norte de Belice.

La PY es una región terrestre conformada por cuatro subregiones terrestres con base en los ambientes y al interior de esas subregiones terrestres hay 36 sistemas terrestres o paisajes geomorfológicos identificados, en primera instancia, con base en el modelo digital de elevación, imágenes de radar e imágenes satelitales multiespectrales.

La caracterización que corresponde a la región sur de Yucatán, específicamente en el municipio de Tzucacab es de subregión Cárstica con ambiente Cárstico en un sistema de terreno Lomerío de tipo Cupulares, una altitud de 50-250 y pendiente 4-12 con un área de 2244029 hectáreas. El clima que predomina es cálido subhúmedo, con lluvias de verano del 5 al 10.2% anual.

Al sur de la península se tiene un drenaje incipiente, destacando el Río Hondo y el Río Sorpresas, de carácter intermitente. El alto grado de fracturas en las rocas superficiales; un suelo delgado, de buen drenaje interno y altamente permeable; y la alta precipitación en la mayor parte de la península, permiten la formación de una compleja trama de cavidades subterráneas como grutas, cavernas, sumideros y cenotes. La alta permeabilidad de las rocas carbonatadas y bajo nivel freático, hacen que los acuíferos sean de alta a extrema vulnerabilidad.

Figura 3.4
Ubicación de Tigre Grande en Yucatán

Figura de: Miguel Angel Morón (2005)

El ecosistema principal del cono sur del estado es principalmente compuesto por una selva mediana caducifolia y subcaducifolia. La característica más sobresaliente es la baja altura de los componentes arbóreos, entre 8 y 10 m, los cuales se organizan en un solo estrato y la pérdida de sus hojas durante un periodo de cinco meses o más durante la época seca. La mayoría de las especies son leñosas y de diámetros pequeños, a excepción de los sitios en donde se acumula humedad en el suelo

Estudios recientes realizados por Bautista y Palacio (2014) en el norte, centro y sur del estado de Yucatán, han dado evidencias de un desarrollo de suelos a partir de la disolución de la roca caliza, con una consecuente formación de un horizonte petrocálcico en la parte baja del perfil del suelo bajo condiciones de clima árido, es decir, C; y Cambisoles (CM) y Luvisoles (LV) en los climas subhúmedos. Estos autores mencionan que la morfología de los perfiles sugiere la existencia de un proceso de descarbonatación de la caliza, cuya intensidad y transporte de carbonatos, depende del tipo y pureza de la roca y de la intensidad de la precipitación pluvial. El estado de Yucatán se divide en 18 subregiones agrupadas en siete regiones, cada una de las cuales presenta cierta homogeneidad en sus procesos de ocupación del territorio, dinámica demográfica y especialización productiva agropecuaria que inciden de manera particular sobre la biodiversidad natural.

El municipio de Tzucacab se encuentra ubicada en la región 5 sur, y subregión cono sur. Integrada por los municipios de Chacsinkín, Peto, Tahdiú, Teabo, Tekax y Tixméhuac. Ocupa el 13.7 % de la superficie estatal y concentra sólo el 4.9 % de la población. Es significativa la producción de hortalizas y en menor medida la de cítricos. Destaca la apicultura, ya que aquí se concentra el 16% de las colmenas del estado.

3.4.2 Biocenosis

De acuerdo con Zamora, Flores y Ruenes (2009) señala que los productos de mayor importancia que aportan las diferentes comunidades vegetales, de las cuales se benefician las poblaciones rurales y urbana, son la leña, las plantas alimenticias, las plantas medicinales, las especies de construcción, entre otros usos (Segura et al. 2001). Este conocimiento de las plantas es de suma importancia ya que existen en forma natural muchas especies vegetales que poseen cualidades de las que se pueden extraer una gran diversidad de productos.

Figura 3.5
Localización de las comunidades en el municipio de Tzucacab, Yucatán

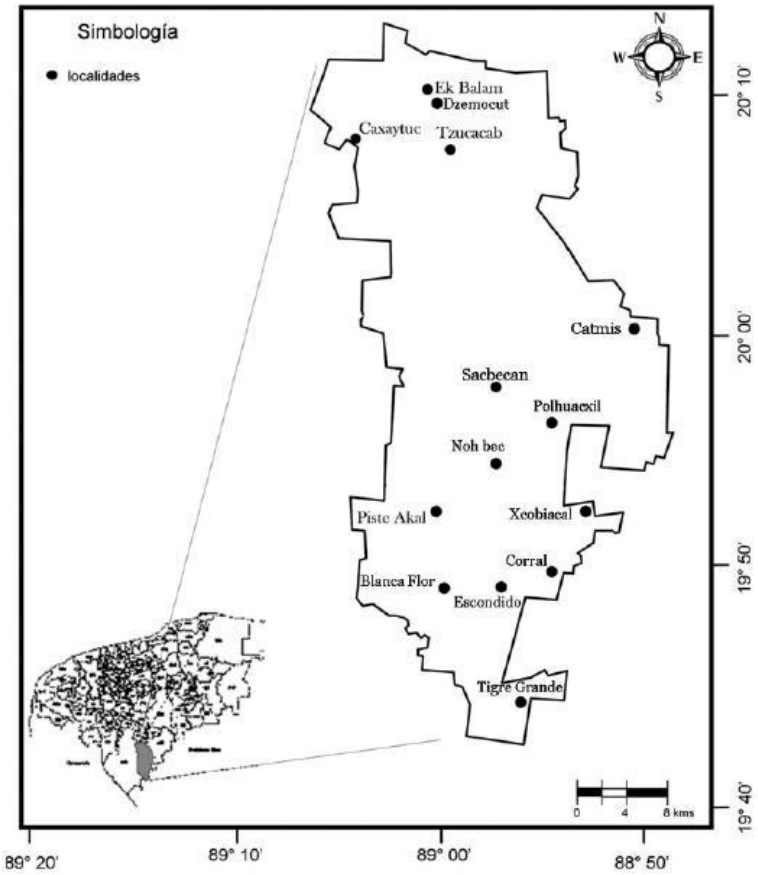


Figura de: Zamora, Flores y Ruenes (2009)

El resultado de la investigación de Zamora, Flores y Ruenes (2009) registró 132 especies vegetales que las familias campesinas de Tzucacab emplean para diversos fines. Del total de especies registradas, 70 son árboles, 27 arbustos, 27 hierbas, seis son bejucos y dos palmas. Por último, se describe que en Tzucacab siembran el *Brosimum alicastrum* (ramón) que es elemento florístico de selva mediana subperennifolia, que se emplea como forraje para alimentar al ganado y se vende a pequeños ganaderos.

Un estudio realizado en el municipio de Tzucacab por Segovia-Castillo (2001), encontró que en el año de 1997 se extrajeron a través de la cacería un total de 180 animales, pertenecientes a un total de 11 especies. El temazate (M. americana), el venado cola blanca (O. virginianus), el pecarí de collar (P. tajacu) y el tejón (N. narica) presentaron los mayores registros de caza.

Dentro de las especies registradas en la cacería de subsistencia en Tzucacab, Yucatán se encuentra el Pavo de monte, Tepezcuintle, Armadillo, Sereque, Temazate, Tejón o pizote, Venado cola blanca, Mapache, Jaguar, Pecarí de collar y Conejo.

3.4.3 Infraestructura

Tigre Grande cuenta con alrededor de 60 viviendas construidas con techo de palma y paredes de piezas de concreto tipo “block”. De igual manera se tiene una cancha de basquetbol y campo de fútbol. El sistema de energía eléctrica es proveído por la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

Respecto a la cartografía de carreteras, caminos y vialidades consultados en el mapa del INEGI se observa que la mayor parte de los caminos al igual que de su acceso principal a la comisaría es de tipo “terracería”.

Figura 3.6
Localidades e Infraestructura para el Transporte, Tzucacab

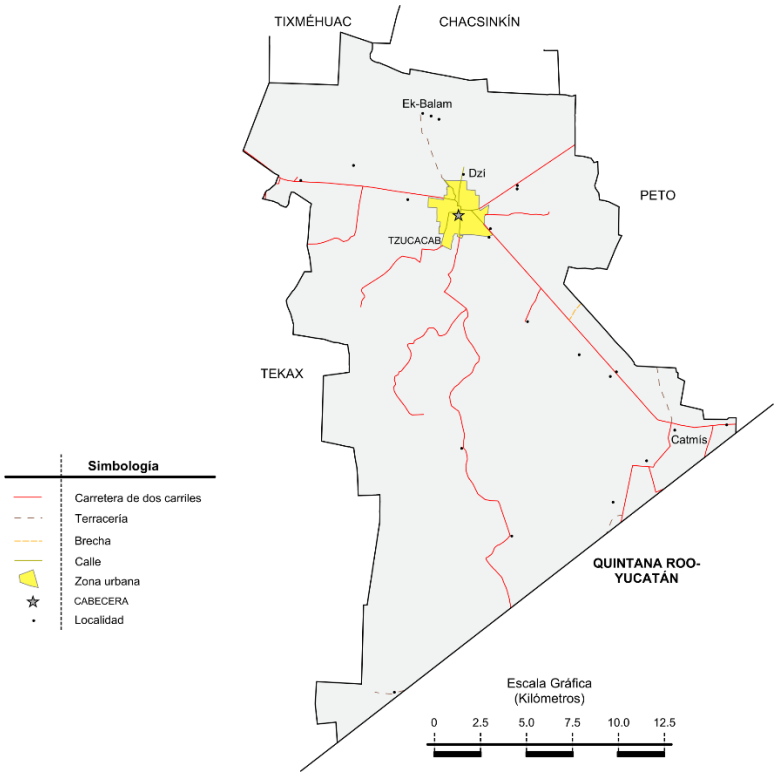


Figura de: INEGI. Marco Geoestadístico Municipal 2005, versión 3.1.

No se cuenta con sistema de potabilización de agua, únicamente un cárcamo con capacidad de 10,000 litros aproximadamente como se observa en la figura 2, y un sistema de extracción del líquido por medio de una bomba sumergible; el cual provee de mantenimiento la Junta de Agua Potable y Alcantarillado de Yucatán (JAPAY). Al no contar con un sistema de potabilización del agua se pone en riesgo la salud de sus habitantes debido al mal olor y color turbio del agua.

3.4.4 Aspectos sociales (organizaciones, partidos)

El actual sistema de organización comunitaria es a través de la representación de un comisario ejidal, el cual es elegido por voto popular sin intervención de partidos políticos por un periodo de 3 años.

En el año 2016 Chávez (2019) describe que un grupo de académicos e investigadores desarrollaron un proyecto con la ayuda de la Escuela de Agricultura Orgánica U Yits Ka'an que tuvo como objetivo analizar problemáticas y consecuencias por la escasez de agua en la región. El grupo de personas que participaron en el diagnóstico participativo fueron agricultores principalmente mujeres de los municipios de Mayapán, Maní y Mama. Como parte de una propuesta general que buscó tomar acciones alternativas para hacer frente a los desafíos por el de agua, se presentó el plan para la construcción de un almacén de ferrocemento para la colecta de agua-lluvia para el riego de hortalizas.

> Un almacén de ferrocemento nos permite hacerlo al cosechar las precipitaciones que caen en los techos de las casas u otras superficies de captación durante la temporada de lluvias, y dirigirla al interior del tanque a través de tuberías, para así almacenarla y contar con ella en las sequías, que en lugares como Yucatán son cada vez más severas, y donde la caída de las precipitaciones se torna más impredecible. (Escuela de Agroecología U Yits Ka'an, 2019)

Así mismo, Rojas T. (2009) citado por Krotz E. (2019) comenta que: Particular atención se ha empezado a prestar, al igual que en otras partes del país, a maneras tradicionales de aprovechar el agua dulce, temática que ante la creciente escasez de agua en muchas partes del país y del mundo, reviste una importancia difícil de sobreestimar, de esta forma Krotz E. (2019) concluye: y de la que la presente publicación constituye un ejemplo.

CAPÍTULO 4. MARCO METODOLÓGICO

En el presente capítulo se establece la metodología utilizada en la investigación. De igual manera se define el tipo de investigación, diseño, población y muestra, variables de estudio, instrumentos y análisis de resultados.

4.1 Revisión de opciones metodológicas

A continuación se presentan cinco propuestas metodológicas con relación a gestión hídrica y comunidad, las cuales son: gestión democrática del agua y el saneamiento, investigación social, investigación acción participativa, intervención socio ambiental y diseño centrado en las personas.

4.1.1 Guía Ciudadana para la Participación Incluyente en la Gestión del Agua

De acuerdo con el documento publicado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo en el año 2012, que tiene como propósito promover la participación ciudadana incluyente en el manejo del agua bajo los principios del derecho humano al agua y la igualdad de género y etnia, ofrecer información básica y herramientas de gestión para avanzar a una gobernabilidad democrática del agua y el saneamiento y fortalecer las capacidades de las mujeres y los hombres para que participen en la toma de decisiones sobre el agua y el saneamiento de sus comunidades y municipios.

La Guía está organizada en tres partes:

- La primera, contenida en capítulo 1, describe los principios y lineamientos de la Guía desde el enfoque de los derechos: derecho humano al agua, derechos de las mujeres y derechos de los pueblos indígenas.
- La segunda parte proporciona el marco jurídico vigente, información y conceptos básicos para analizar los problemas del agua y el saneamiento desde un enfoque de género y etnia. Consta de los capítulos siguientes: 2) Conceptos básicos para la gestión del agua y saneamiento; 3) Leyes e instituciones: su importancia en los procesos de gestión, y 4) Participación ciudadana e igualdad en la gestión del agua.

- La tercera parte consta del capítulo 5, que ofrece una propuesta metodológica de ocho pasos para preparar procesos de gestión exitosos desde el planteamiento del problema hasta la evaluación de las actividades.

A continuación, en la tabla 4.1 se mencionan los 8 pasos de la metodología para la gestión democrática del agua y el saneamiento.

Tabla 4.1
Metodología para la gestión democrática del agua y el saneamiento

Paso	Descripción
1	Identificación del problema
2	Búsqueda de la información y análisis de la situación
3	Generación de alternativas
4	Proyección de resultados y formulación del objetivo
5	Formulación de la estrategia de gestión
6	Elaboración de un documento de gestión (agenda)
7	Presentación y aceptación de la estrategia de gestión (validación)
8	Instrumentación de la estrategia de gestión

Fuente: PNUD (2012)

Paso 1: Identificación del problema: en este primer paso se inicia con la selección de un problema o conjunto de problemas sobre los que se requiere actuar. Con este propósito, es preciso que todas las personas interesadas se reúnan y tengan oportunidad de manifestar sus intereses y necesidades con un peso similar.

Paso 2: Búsqueda de la información y análisis de la situación: En este paso se describe y analiza el contexto en el que se ubica el problema. Se hace una delimitación espacio-temporal del mismo y se jerarquizan e integran datos cuantitativos y cualitativos de una serie de interrelaciones sociales económicas, ecológicas, políticas, legales y culturales.

Paso 3: Generación de alternativas: Una vez que los grupos de mujeres y hombres han identificado el problema y lo han descrito con claridad, después de que han reunido la información pertinente y la han analizado, es el momento de plantear alternativas de solución.

Paso 4: Proyección de resultados y formulación del objetivo: La proyección de resultados permite aclarar lo que se busca con la alternativa seleccionada. Es un ejercicio para imaginar el futuro deseado, pero no de manera ideal, sino de manera muy concreta, de tal forma que se consideren los plazos y se dimensionen los logros.

Paso 5: Formulación de la estrategia de gestión: Una estrategia es un conjunto de acciones planificadas en el tiempo que se llevan a cabo para lograr un determinado fin. La estrategia define el camino a seguir para alcanzar el objetivo y los resultados esperados. Comprende aspectos operativos y normativos, así como procedimientos y mecanismos de gestión.

Paso 6: Elaboración de un documento de gestión: Este paso consiste en poner por escrito el análisis, objetivo, resultado esperado y las propuestas realizadas durante los pasos previos y tiene como propósito ser una herramienta de gestión. Constituye la "presentación pública" del grupo y su mensaje puede estar dirigido a uno o más interlocutores.

Paso 7. Presentación y aceptación de la estrategia de gestión (validación): El proceso de gestión constituye una escuela en la que las personas involucradas tienen la posibilidad de desarrollar sus capacidades, adquirir habilidades y emprender procesos de aprendizaje y empoderamiento muy valiosos.

Paso 8. Instrumentación de la estrategia de gestión: En este último paso el grupo está ahora listo para emprender la estrategia de gestión. Es conveniente formular un plan de negociación que permita visualizar de conjunto todas las actividades que tendrán que realizarse, las personas que lo llevarán a cabo, lo que se requerirá en términos de recursos y tiempo, así como los plazos para realizar esas actividades.

4.1.2 Investigación social

De acuerdo con Losada (2016) una estructura de intervención social se divide en las siguientes fases: identificación o diagnóstico, diseño, ejecución y seguimiento y evaluación.

Identificación o diagnóstico: En esta primera fase se realizará un diagnóstico de la realidad social sobre la que se quiere intervenir para poder conocer las necesidades y demandas de la población objeto de la intervención, delimitar el proyecto y establecer las prioridades de la actuación.

Fase de diseño: Una vez realizado el diagnóstico tiene lugar la etapa de diseño. Es el momento de decidir qué se va a hacer, cómo se va a hacer, con qué recursos, objetivos que se pretenden alcanzar, la temporalización y lugar de desarrollo.

Fase de ejecución y seguimiento: En esta fase llega el momento de poner en práctica lo que se ha previsto en las fases anteriores. A su vez, se llevará a cabo un seguimiento del desarrollo del proyecto.

Evaluación: No solo se valorarán los resultados obtenidos, sino que la evaluación deberá constituir un proceso constante durante todo el ciclo del proyecto. Se deberán establecer en todo momento métodos de análisis que determinen lo adecuado o no de las actividades y la metodología utilizada, la valoración inicial del diagnóstico y la pertinencia de los objetivos establecidos.

4.2.3 Intervención socio ambiental

De acuerdo con Catalina, (2009) una propuesta metodológica de intervención socio ambiental se divide en tres fases: revisión bibliográfica, desarrollo de la metodología y validación en el grupo de muestra.

Revisión bibliográfica: en esta primera etapa se deben considerar cuatro aspectos, los cuales son teoría sobre el desarrollo de metodologías, casos de Intervenciones socio-ambientales, metodologías de Intervenciones similares y metodología base.

Desarrollo de la metodología: selección de información relevante, aplicación de herramientas de ingeniería, aspectos compatibles de metodologías similares y metodología base.

Validación en grupo de muestra: incorporar aspectos relevantes de la metodología, primer programa de educación ambiental y retroalimentación.

4.1.4 Investigación Acción Participativa (IAP)

La investigación acción participativa hace referencia a 3 pilares, que de acuerdo con Zapata y Rondán (2016) son; Investigación: creencia en el valor y el poder del conocimiento y el respeto hacia sus distintas expresiones y maneras de producirlo. Participación: enfatizando los valores democráticos y el derecho a que las personas controlen sus propias situaciones y destacando la importancia de una relación horizontal entre los investigadores y los miembros de una comunidad. Acción: como búsqueda de un cambio que mejore la situación

de la comunidad involucrada según Greenwood y Levin (1998) citado por Zapata y Rondán (2016).

De acuerdo con Martí (2012) las etapas y fases de una investigación acción participativa se estructura de la siguiente forma:

Tabla 4.2
Etapas y fases de una Investigación Acción Participativa (IAP)

Etapa de pre-investigación: síntomas, demanda y elaboración del proyecto. 0. Detección de unos síntomas y realización de una demanda (desde alguna institución, generalmente administración local) de intervención. 1. Planteamiento de la investigación (negociación y delimitación de la demanda, elaboración del proyecto).
Primera etapa. Diagnostico. Conocimiento contextual del territorio y acercamiento a la problemática a partir de la documentación existente y de entrevistas a representantes institucionales y asociativos. 2. Recogida de información 3. Constitución de la Comisión de Seguimiento. 4. Constitución del Grupo de IAP. 5. Introducción de elementos analizadores. 6. Inicio del trabajo de campo (entrevistas individuales a representantes institucionales y asociativos). 7. Entrega y discusión del primer informe.
Segunda etapa. Programación. Proceso de apertura a todos los conocimientos y puntos de vista existentes, utilizando métodos cualitativos y participativos. 8. Trabajo de campo (entrevistas grupales a la base social). 9. Análisis de textos y discursos. 10. Entrega y discusión del segundo informe. 11. Realización de talleres.
Tercera etapa. Conclusiones y propuestas. Negociación y elaboración de propuestas concretas. 12. Construcción del Programa de Acción Integral (PAI). 13. Elaboración y entrega del informe final.
Etapa post.investigación: Puesta en práctica del PAI y evaluación. Nuevos síntomas.

4.1.5 Diseño Centrado a las Personas (DCP)

Es un proceso y un conjunto de técnicas que se usan para crear soluciones nuevas para el mundo. Estas soluciones incluyen productos, servicios, espacios, organizaciones y modos de interacción. El proceso DCP comienza examinando las necesidades, los sueños y los

comportamientos de las personas que se verán beneficiadas por las soluciones resultantes. Se pretende escuchar y entender lo que estas personas desean, lo que necesitan.

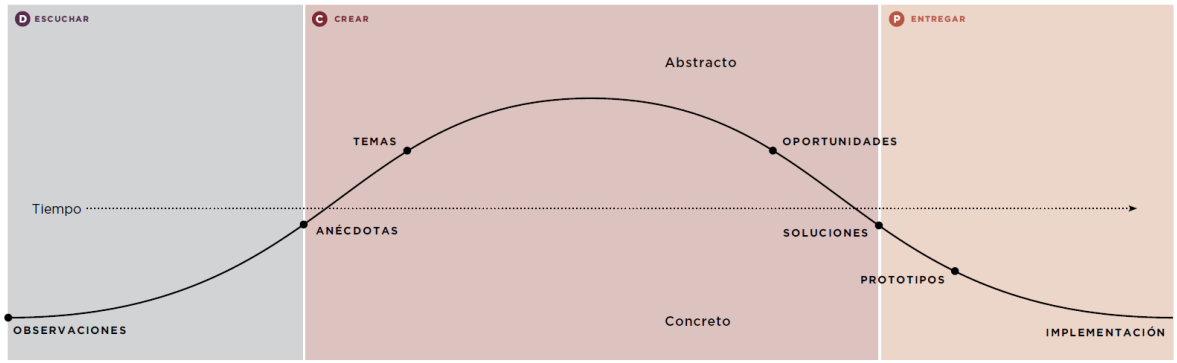
Tabla 4.3
Las tres lupas del diseño centrado en las personas

Deseabilidad	¿Qué desea la gente?
Factibilidad	¿Qué es técnica y organizacionalmente factible?
Viabilidad	¿Qué puede ser financieramente viable?

Fuente: Fundación bill & Melinda gates (2014)

El proceso de Diseño Centrado en las Personas empieza con la identificación de un reto especifico que se quiere resolver y pasa por tres fases principales: Escuchar, Crear y Entregar. Durante el proceso el equipo pasará de observaciones especificas a síntesis abstractas para más adelante volver a lo especifico mediante el diseño de soluciones concretas. En la figura 4.1 se observa la curva del proceso en sus tres etapas.

Figura 4.1
El proceso encuchar, crear y entregar



Fuente: Fundación bill & Melinda gates (2014)

En la tabla 4.4 se presentan las tres etapas de la metodología escuchar, crear y entregar con sus respectivos pasos que se debe de seguir para la puesta en marcha.

Tabla 4.4
Escuchar, crear y entregar

Escuchar	**Crear**	**Entregar**

Paso 1. Identificar un reto de diseño	Paso 1. Desarrollo del enfoque • Co-diseño participativo • Diseño empático	Paso 1. Desarrollo de un modelo de ingresos sostenible
Paso 2. Averiguar lo que ya se conoce	Paso 2. Compartir historias	Paso 2. Identificar las capacidades que se necesitan para entregar las soluciones
Paso 3. Identificar a las personas con quien hablar	Paso 3. Identificar patrones • Detectar intuiciones criticas • Encontrar temas • Crear modelos interpretativos	Paso 3. Planear un flujo de soluciones
Paso 4. Elige los métodos de investigación • Entrevista individual • Entrevista grupal • Inmersión en el contexto • Documentación propia • Conocimiento generado por la comunidad • Entrevistas con expertos • Buscar inspiración en otras partes	Paso 4. Crear áreas de oportunidad	Paso 4. Crear una línea de tiempo para la implementación
Paso 5. Desarrolla un enfoque para entrevistas • Entrevista guiada • Conceptos de sacrificio • Técnicas de entrevistas	Paso 5. Hacer tormenta de ideas de nuevas soluciones	Paso 5. Planear mini programas piloto y reiteraciones
Paso 6. Desarrolla tu paradigma • Mente de principiante • Observar vs interpretar	Paso 6. Concretar las ideas	Paso 6. Crear un plan de aprendizaje • Buscar indicadores
	Paso 7. Recoger comentarios	Paso 7. Evaluar los resultados

Fuente: Fundación bill & Melinda gates (2014)

4.2 Tipo de investigación

4.2.1 Propósito

La presente investigación se realizó con el propósito de caracterizar una situación existente, con la intención de modificar hacia una mejora a partir de un diagnóstico, posteriormente diseñar un plan con base en las metodologías antes mencionadas, seguimiento y evaluación de resultados.

4.2.2 Enfoque

El enfoque de la presente investigación es cuantitativo, debido a que fue de intervención, con el propósito de observar un cambio medible con base a indicadores. De acuerdo con Losada (2016) una intervención social es una acción programada sobre un colectivo o grupo con el fin de provocar un cambio social para mejorar su situación. Por su parte Hernández et al., (2014) menciona que el enfoque cuantitativo es un conjunto de procesos secuenciales y probatorios divididas en 8 fases que son: idea, planteamiento del problema, marco teórico, alcance del estudio, elaboración de hipótesis y definición de variables, desarrollo del diseño de investigación, definición y selección de muestra, recolección de datos, análisis de datos y elaboración de resultados.

4.2.3 Alcance y profundidad

La presenta investigación se define como investigación descriptiva. Según Hernández et al., (2014) este tipo de investigación puede iniciarse como descriptiva o correlacional, pues se descubrieron ciertas variables sobre las cuales fundamentar el estudio. Asimismo, es posible agregar variables para medir.

4.3.4 Amplitud

Se definió 1 unidad de análisis, la cual fue la localidad de Tigre Grande, Tzucacab, Yucatán, como estudio de caso.

4.2.5 Fuente de información

La fuente de información de la presente investigación fue de campo.

4.2.6 Horizonte temporal

Se consideró un escenario actual o contemporáneo. Para Hernández et al., (2014) el investigador contextualiza las experiencias en términos de su temporalidad (momento en que sucedieron), espacio (lugar en el cual ocurrieron), corporalidad (las personas que las vivieron) y el contexto relacional (los lazos que se generaron durante las experiencias).

4.2.7 Naturaleza de la intervención

La intención de la presente investigación fue de naturaleza técnica y conductual/cultural. Se buscan que cambien procedimiento y técnicas y manera de hacer las cosas respecto a actitudes o valores de la población.

4.2.8 Perspectiva disciplinaria

La investigación fue multidisciplinaria, debido que se realizaron consultar con expertos de diferentes disciplinas en temas de gestión de recurso hídrico, sistemas alternativos frente a escasez de agua.

4.2.9 Realidad a modificar

La realidad que modificar de la investigación fue social.

4.2.10 Sector de impacto

Sector hídrico, suministro relacionado al agua.

4.3 Diseño de la investigación

La presente investigación fue no experimental de intervención, longitudinal al inicio para la caracterización y al final para la evaluación de los resultados. De acuerdo a Hernández et al., (2014) un estudio no experimental no se genera ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente en la investigación por quien la realiza.

La construcción del diseño de la investigación se elaboró en cinco etapas dentro de las cuales se tomaron algunos pasos y/o etapas establecidas en metodologías y técnicas las cuales fueron Gestión Democrática del Agua, Diseño Centrado en las Personas e Investigación Acción Participativa. En la tabla 4.5 se presentan las etapas, los pasos utilizados de las metodologías y las actividades correspondientes.

En la primera etapa denominada “Sensibilización y caracterización” se tomó el paso uno (Identificación del problema) de la Gestión Democrática de Agua y Saneamiento, el paso 2 (Averiguar lo que ya se conoce) del Diseño Centrado en las Personas y la primera etapa (Diagnostico) fase 6, Inicio del trabajo de campo (entrevistas individuales a representantes institucionales y asociativos) de la Investigación Acción Participativa. Como se puede observar en la tabla 4.5, el total de actividades que se desglosan en esta primera etapa son diez.

En la segunda etapa denominada “Análisis de causas” se tomó el paso 2 (Búsqueda de la información y análisis de la situación) y el paso 4 (Proyección de resultados y formulación del objetivo) de la Gestión Democrática de Agua y Saneamiento. Como se puede observar en la tabla 4.5, el total de actividades que se desglosan en esta segunda etapa son ocho.

En la tercera etapa denominada “Elaboración del plan de intervención” se tomó el paso cinco (Formulación de la estrategia de gestión) y el paso 6 (Elaboración de un documento de gestión) de la Gestión Democrática de Agua y Saneamiento, así como la tercera etapa (Conclusiones y propuestas) fase 12, Construcción del Programa de Acción Integral de la Investigación Acción Participativa. Como se puede observar en la tabla 4.5, el total de actividades que se desglosan en esta tercera etapa son seis.

En la cuarta etapa denominada “Seguimiento de intervención” se tomó el paso siete (Presentación y aceptación de la estrategia de gestión) de la Gestión Democrática de Agua

y Saneamiento. Como se puede observar en la tabla 4.5, el total de actividades que se desglosan en esta cuarta etapa son cinco.

En la quinta y última etapa denominada “Evaluación de resultados” se tomó la etapa de post.investigación (Puesta en práctica del Programa de Acción Integral y evaluación. Nuevos síntomas) de la Investigación Acción Participativa. Como se puede observar en la tabla 4.5, el total de actividades que se desglosan en esta quinta etapa son cuatro.

Tabla 4.5

Diseño de la investigación

Numero de etapa	Nombre de etapa	Descripción	Actividades	Observaciones GDAS: Gestión Democrática de Agua y Saneamiento DCP: Diseño Centrado en las Personas IAP: Investigación Acción Participativa
1	Sensibilización y caracterización	Identificación del problema (GDAS) Averiguar lo que ya se conoce (DCP) Inicio del trabajo de campo (entrevistas individuales a representantes institucionales y asociativos) (IAP)	Actividad 1.1 Selección del territorio de intervención y población objetivo. Actividad 1.2 Acordar los tiempos de implementación. Actividad 1.3 Identificación y entrevistas a grupos focales en la comunidad. Actividad 1.4 Observación de las características físicas de la comunidad Actividad 1.5 Levantamiento de encuestas. Actividad 1.6 Elaboración de mapas de georreferenciación de la comunidad. Actividad 1.7 Consulta a expertos sobre temas relacionados al agua. Actividad 1.8 Observación de las características físicas del sistema actual de suministro de agua pública.	GDAS+DCP+IAP

			Actividad 1.9 Elaboración de estudio para calcular el suministro de litros de agua al día por habitante. Actividad 1.10 Identificación de existencia de empleo de sistemas de reaprovechamiento o captación de agua por vivienda	
2	Análisis de causas	Búsqueda de la información y análisis de la situación (GDAS) Proyección de resultados y formulación del objetivo (DGAS)	Actividad 2.1 Recopilación de datos y establecer variables de información. Actividad 2.2 Elaboración de lista de causas potenciales en conjunto con expertos y pobladores. Actividad 2.3 Elaboración de diagramas de causa raíz (espina de pescado, ¿por qué? ¿por qué?) Actividad 2.4 Corroboración de causas Actividad 2.5 Revisión de referencias teóricas Actividad 2.6 Análisis o contrastación de actividades Actividad 2.7 Corroboración de carencia de destrezas, cualidades y capacidades de los habitantes. Actividad 2.8 Elaboración de un análisis contextual sobre las condiciones climáticas de la comunidad y el impacto de diversos fenómenos meteorológicos.	DCD

3	Elaboración del plan de intervención	Formulación de la estrategia de gestión (GDAS) Elaboración de un documento de gestión (GDAS) Construcción del Programa de Acción Integral (IAP)	Actividad 3.1 Identificar, priorizar y seleccionar los principales problemas. Actividad 3.2 Identificar beneficiarios. Actividad 3.3 Organización de reuniones. Actividad 3.4 Entrevistas con líderes. Actividad 3.5 Evaluación de recursos disponibles (económico, espacios físicos). Actividad 3.6 Integración de información (reuniones y entrevistas)	GDAS+IAP
4	Seguimiento de intervención	Presentación y aceptación de la estrategia de gestión (GDAS)	Actividad 4.1 Gestión de recursos (elaboración de solicitudes). Actividad 4.2 Registro de acciones implementadas. Actividad 4.3 Realización de entrevistas de seguimiento. Actividad 4.4 Elaborar un cronograma. Actividad 4.5 Difusión del plan	GDAS
5	Evaluación de resultados	Post-investigación: Puesta en práctica del PAI y evaluación. Nuevos síntomas. (IAP)	Actividad 5.1 Realización de entrevistas con pobladores. Actividad 5.2 Elaboración de tablas comparativas (situación actual y final). Actividad 5.3 Aplicación de encuestas de satisfacción.	IAP

			Actividad 5.4 Realización un informe de resultados para su posterior evaluación	

Fuente: elaboración propia

4.4 Unidad de análisis población y muestra

De acuerdo con el Consejo Nacional de población [CONAPO] (2010) el término localidad se define como una unidad estadística territorial delimitado geográficamente. Para la presente investigación se consideró como unidad de análisis localidades del municipio de Tzucacab; Yucatán, las cuales presenten las siguientes características: lejanía mayor de 15 km. con la cabecera municipal, carencia de los servicios públicos municipales, grado de rezago social bajo y medio de acuerdo con datos de CONEVAL (2010), y un número de población no mayor a 1000 habitantes.

Se definió como población todas las localidades que cumplan con la definición de la unidad de análisis, las cuales fueron un total de 11, y se tomó como muestra 1 unidad de análisis la cual fue la localidad de Tigre Grande, que se ubica a una distancia de 52 km. de la cabecera municipal, su número de habitantes es de 175 y su grado de rezago social es medio, además de que en dicha localidad se tienen registro de intervenciones, investigaciones y trabajos anterior.

Tabla 4.6
Localidades, población, distancia y rezago social del municipio de Tzucacab

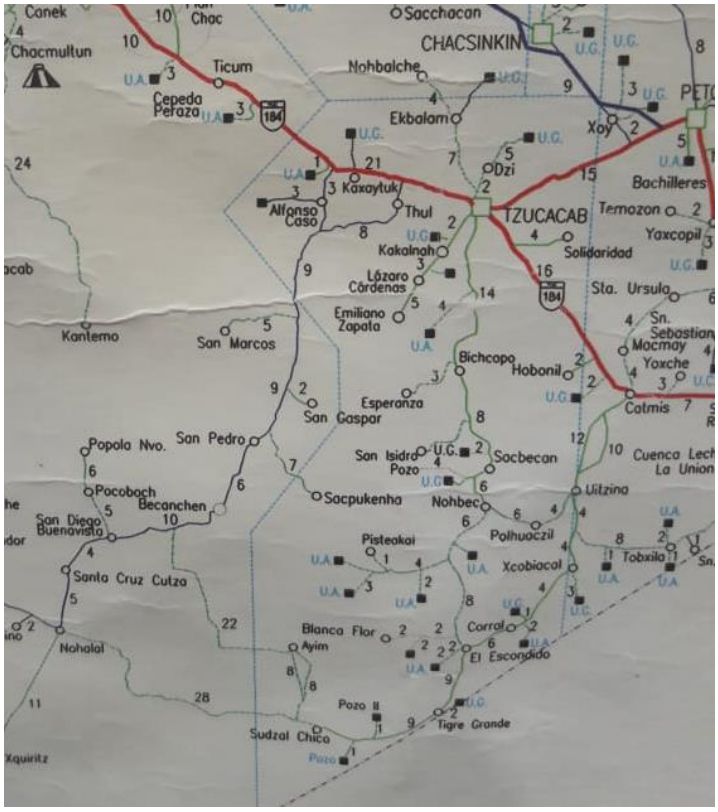
Municipio	Localidad	Población total	Distancia de la cabecera (km)	Grado de rezago social
Tzucacab	Tzucacab	9,967	0	Bajo
	Catmís	933	19	Bajo
	Caxaytuk	335	11	Bajo
	Corral	336	49	Bajo
	Dzemucut	32	N/D	Medio
	Dzí	491	8	Bajo
	Ek-Balam	569	15	Medio
	Noh-Bec	362	43	Medio
	San Salvador Piste Akal	116	57	Medio
	Polhuacxil	125	27	Medio
	Sacbecán	236	31	Medio
	Tigre Grande	124	52	Medio

	Xcobiakal (Xcobilakal)	81	32	Bajo
	El Escondido	131	45	Medio
	Blanca Flor	65	48	Medio
	Montana	26	N/D	Medio

Fuente: CONEVAL (2010)

En la figura 4.2 se puede observar un mapa actualizado de algunos municipios que conforma la región que se le conoce como cono sur del estado, así como las localidades que forman parte de estos municipios. La localidad del Tigre Grande se encuentra a escasos metros de la línea divisora que separa los estados de Yucatán y Quintana Roo.

Figura 4.2
Localidades del municipio de Tzucacab



Fuente: Coordinación Estatal de Protección Civil en Tekax (2020)

4.5 Definición conceptual de las variables y definiciones operacional de los indicadores

De acuerdo con Vargas y Pineyro (2005) todos los autores que se refieren a la gestión coinciden en que es necesario un cambio de paradigma pero el cambio, no se producirá sin que se creen las condiciones para el aprendizaje y la acumulación sucesiva de experiencias. Aprendizaje y memoria social que se transforman en cultura hídrica de la comunidad. A continuación, en la tabla 4.7 se presentan las variables de investigación que fueron utilizadas en el presente estudio:

Tabla 4.7
Variables de investigación

Prácticas	Actitudes	Infraestructura
1. Proporción de familias que recolectan agua de lluvia. 2. Proporción del agua utilizada en riego que proviene de la recolección de agua de lluvia. 3. Proporción de agua utilizada para uso doméstico que proviene de la recolección de agua de lluvia.	4. Grado de participación de los habitantes en talleres y eventos relacionados a la gestión del agua. 5. Nivel de conciencia de la importancia del recurso agua. 6. Nivel de conocimiento de prácticas y técnicas de gestión sostenible del agua. 7. Grado de asimilación de nuevas prácticas y técnicas. 8. Grado de satisfacción con los resultados obtenidos.	9. Disponibilidad y estado de la infraestructura hídrica

Fuente: elaboración propia

4.6 Técnicas e instrumentos de recolección de información

Los instrumentos utilizados para la presente investigación fueron un cuestionario y una guía de observación (Anexo 1). El cuestionario se aplicó a los habitantes de la comunidad con el propósito de analizar las características principales de sus viviendas, el grado de aprovechamiento del agua proveniente de la lluvia, el grado de involucramiento en la gestión del agua y participación. Este cuestionario se diseñó con un total de 43 preguntas. La guía de observación se utilizó con el propósito de analizar la disponibilidad y estado de la infraestructura hídrica comunitaria.

Las preguntas utilizadas en el cuestionario corresponden a una variable con relación a prácticas, actitudes e infraestructura. En la tabla 4.8 se establecen las variables que corresponden a cada pregunta

Tabla 4.8
Preguntas sobre infraestructura, equipo, prácticas y organización comunitaria

	Variable correspondiente
1. Registro de Infraestructura existente	9
a. Tanque elevado o cárcamo i. Altura ii. Capacidad iii. Funcionalidad y estado iv. Mantenimiento	
b. Tinacos y depósitos v. Número por tipo vi. Capacidades vii. Estado	
c. Cárcamo de almacenamiento viii. Capacidad	
d. Pozos: ix. Número por tipo x. Profundidades xi. Grado de contaminación	
e. Red de distribución xii. Magnitud xiii. Estado	
f. Fosas sépticas y/o sumideros xiv. Número por tipo xv. Frecuencia de extracción de lodos	
2. Instalaciones y equipos	9
a. Equipo de potabilización	
b. Bombas de extracción	
c. Bombas de distribución	
3. Prácticas de abasto de agua potable (proporciones entre la población)	1, 5, 6
a. Tratamiento doméstico (térmico, cloro)	
b. Red pública	
c. Compra de garrafones (proveedores, precios, confiabilidad)	
d. Compra de botellas (proveedores, precios, destino de botellas vacías)	
4. Organización institucional y comunitaria	4
a. Órgano responsable (funcionario responsable, competencias, recursos asignados)	
b. Comité comunitario (funciones, integrantes, presidencia, frecuencia de reunión)	

Fuente: elaboración propia

4.7 Procedimiento de análisis de información

Para el diseño del croquis de la comunidad se hiso uso de Google Earth que permitió la georreferenciación de la localidad. El CorelDraw se utilizó se utilizó como procesador de gráficos para la elaboración de diagramas y el croquis. Para el análisis de los resultados obtenidos que se presenta en el capítulo siguiente, se hizo uso de la hoja de cálculo Excel.

CAPÍTULO 5. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Practicas actitudes y tecnologías vigentes al inicio

Los resultados obtenidos a partir de la valoración de cada indicador componente de cada variable de estudio son los siguientes. En la tabla 5.1 se presenta información sobre el tipo de materiales con los que están construidas las viviendas de la localidad, así como de los diversos espacios con los que cuenta cada una. Respecto a los techos existen un total de 41 habitaciones construidas con losa de concreto, el cual puede ser aprovechado como superficie de captación de agua de lluvia, al ser este un material plano y liso.

Tabla 5.1

No. de espacios construidos en las viviendas estudiadas, por tipo de material de construcción y parte de la vivienda.

		No. de espacios construidos		
Parte de la vivienda	Material	Habitaciones	Cocinas	Baños
Techo	Losa de concreto	41	11	47
	Huano o zacate	30	37	1
	Zinc	0	0	0
	Ninguno	1	0	0
Total:		72	48	48
Piso	Cemento	47	39	43
	Tierra	1	9	5
Total		48	48	48
Paredes	Block	48	15	48
	Varas de madera	0	33	0
Total		48	48	48

Fuente: elaboración propia

En la tabla 5.2 se presenta información sobre las condiciones físicas y de operación de la infraestructura hídrica de la localidad, existe un tanque elevado de almacenamiento de agua el cual se encuentra en abandono desde hace ya 20 años, posterior al paso del Huracán

Isidoro que obligó a las familias de la comunidad a migrar hacía una zona con mayor altura, y así evitar los estragos de las inundaciones. Adicionalmente existe un cárcamo de capacidad de 20 m^3 conectado a un sistema de bombeo el cual no satisface plenamente las necesidades de demanda de los habitantes, al presentar constantes fallos por lo que el volumen entregado de agua es inferior al requerido. Previo a la instalación de la bomba actual existía una de mayor capacidad, pero debido a una falla general esta fue desinstalada para reparación y dejando en su lugar una de capacidad inferior.

Tabla 5.2

Capacidad, idoneidad y estado/funcionalidad de la infraestructura hídrica comunitaria, por elemento

Elemento de infraestructura comunitaria	Parámetro				
	Capacidad instalada	Capacidad empleada	Idoneidad	Estado	Tiempo de operación
Tanque elevado	N/D	N/A	N/A	Deteriorado	En desuso
Cárcamo	20,000 lts.	15,000 lts.	Insuficiente	Deteriorado	2 hrs/día
Bomba de extracción.	15,000 lts/hr., 120 HP	N/D	Insuficiente	Deteriorado	2 hrs/día
Tinaco y filtros comunitarios	450 lts.	0 lts.	Insuficiente	Deteriorado	En desuso
Volumen de agua entregada a las viviendas	50 lts/hab/día	N/A	N/A	N/A	N/A
Horario de entrega de agua a las viviendas	2 hrs	N/A	N/A	N/A	N/A
Red de distribución	N/A	N/A	N/A	N/A	2 hrs/día

Fuente: elaboración propia

En la tabla 5.3 se presenta información sobre existencia de equipos y/o elementos para el aprovechamiento y almacenamiento del agua. Las viviendas que cuentan con tanque elevado cuentan además con contenedores de plástico a nivel de piso, debido a la baja presión del agua que no permite la subida del líquido a los tinacos. De igual forma cuentan

con biodigestores que se utilizan para el tratamiento de aguas residuales. Estos equipos fueron entregados por medio del programa ProAgua que opera la CONAGUA en coordinación con la JAPAY en el año 2019.

Tabla 5.3

Capacidad y número de elementos registrados de infraestructura hídrica en viviendas, por elemento

Elemento de infraestructura hídrica en viviendas	Capacidad	No. de elementos registrados
Tinaco de almacenamiento elevado	450 lts.	22
Contenedor a nivel de piso	200 lts.	28
Biodigestor autolimpiable	600 lts.	22

Fuente: elaboración propia

En la tabla 5.4 se presenta información sobre el destino que dan los habitantes de la localidad a los residuos sólidos y líquidos. La localidad no cuenta con un servicio público de recolección de residuos, por lo que sus habitantes optan por llevar sus desechos a un tiradero o acumularlos en su vivienda para su posterior quema. Así mismo el agua utilizada para las labores de limpieza del hogar es vertida en los patios de las viviendas sin ningún tipo de tratamiento.

Tabla 5.4

Número de viviendas de Tigre Grande, por tipo de residuo generado y destino dado

Tipo de residuo	Destino	No. de viviendas
Residuos sólidos	Tiradero	44
	Quema en patio	5
	Ambos	1

Aguas residuales	Negras	Biodigestor	22
		Vertido en patio	N/D
	Grises	Vertido en patio	48

Fuente: elaboración propia

En la tabla 5.5 se presenta información sobre la participación de los habitantes respecto a la mejora del acceso relacionado al recurso agua. La mayoría de los habitantes han participado en reuniones que convoca el comisario para presentar sus demandas para la mejora en el servicio de agua en la localidad. En caso de presentarse alguna fuga en la red de distribución en el interior de cada vivienda son los propios habitantes quienes se encargan de repararlas, debido a que son únicamente mangueras y no tuberías, así mismo ninguna vivienda cuenta con toma domiciliaria. Con relación a tecnologías sustentables para el aprovechamiento del agua como son los sistemas de captación de agua de lluvia menos de la mitad de los habitantes tiene conocimiento sobre estas prácticas.

Tabla 5.5

Proporción de familias de Tigre Grande por aspecto de involucramiento en la gestión del agua

Aspecto de involucramiento en la gestión del agua	Proporción de familias (%)
Participación en talleres y eventos.	Más del 80% de los habitantes ha participado
Realización de acciones a favor del cuidado del agua.	64% de los habitantes realiza acciones a favor del cuidado del agua
Conocimiento de prácticas y técnicas de gestión sostenible del agua.	Menos de 40% de los habitantes tiene conocimiento

Fuente: elaboración propia

En la tabla 5.6 se presenta información respecto a la captación y aprovechamiento del agua de la lluvia que hacen los habitantes de la localidad. Ninguna vivienda cuenta con un

sistema de captación de agua de lluvia con los elementos básicos que este debe de contener como son la superficie de captación, conducción, dispositivo de primeras lluvias, almacenamiento y filtrado (Gleason, 2020). El agua únicamente se capta por medio de cubetas, trastes y ollas, al ser estos contenedores pequeños el agua recolectada es mínima e insuficiente. Este bajo volumen captado es utilizado para el riego de pequeños cultivos y uso doméstico.

Tabla 5.6

Número de viviendas en Tigre Grande por práctica de captura y forma de aprovechamiento del agua de lluvia

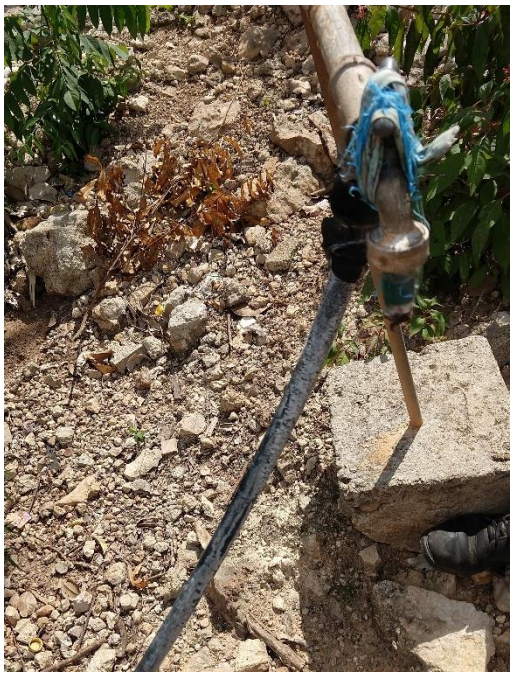
Práctica de captura y forma de aprovechamiento	Número de viviendas
Recolección y empleo frecuentes	Ninguna vivienda colecta frecuentemente
Riego en las viviendas y parcelas con agua de lluvia	6 viviendas
Satisfacción de diversas necesidades domésticas con agua de lluvia recolectada.	11 viviendas

Fuente: elaboración propia

El agua proveniente del cárcamo a pesar de ser agua únicamente con cloro añadido la mayoría de las familias señala que es aceptable, sin embargo existe la formación de sarro o salitre en el sistema de mangueras que distribuyen el agua a las viviendas.

Figura 5.1

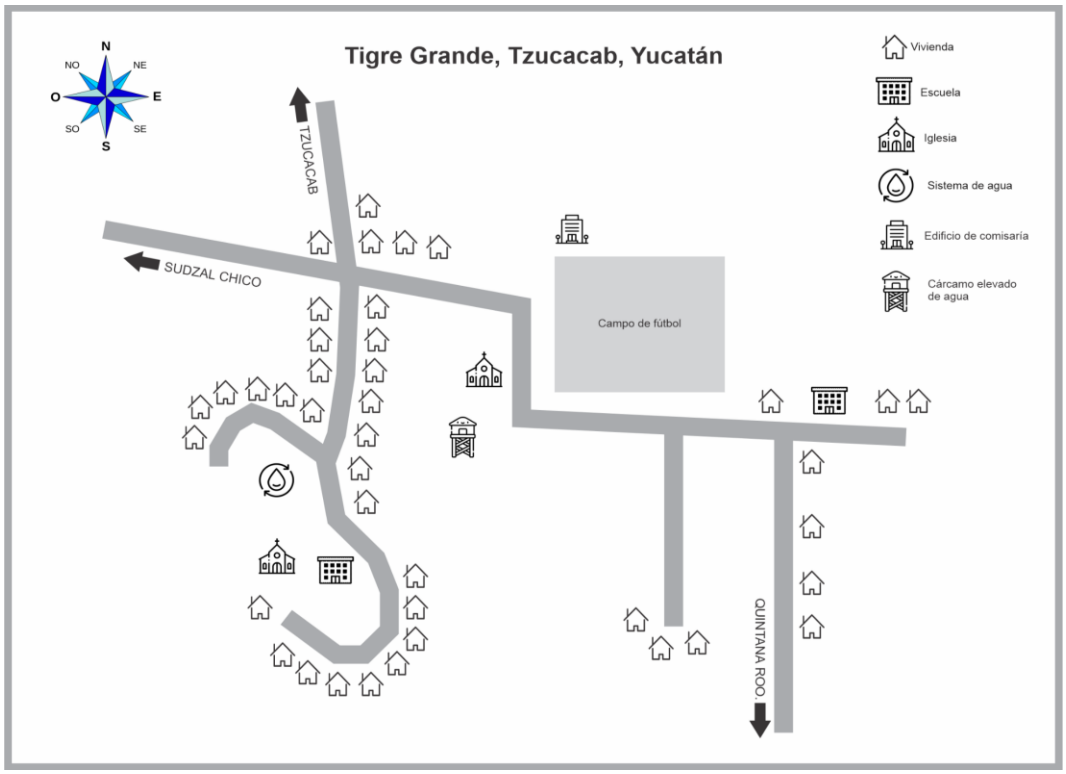
Manguera de distribución de agua en Tigre Grande



La principal fuente de agua para beber es la embotellada en garrafones de 20 litros, el cual provee a los habitantes 2 veces por semana una empresa purificadora de agua con sede en la cabecera municipal, en promedio cada familia consume 2 garrafones a la semana con un costo de $14.00 pesos mexicanos cada uno. En la figura 5.2 se puede observar la distribución de viviendas de la localidad, así como de sus edificaciones, las cuales se componen de dos escuelas públicas, dos iglesias, un edificio de la comisaría, un tanque elevado y un sistema de agua.

Figura 5.2

Croquis de la localidad de Tigre Grande, Tzucacab, Yucatán



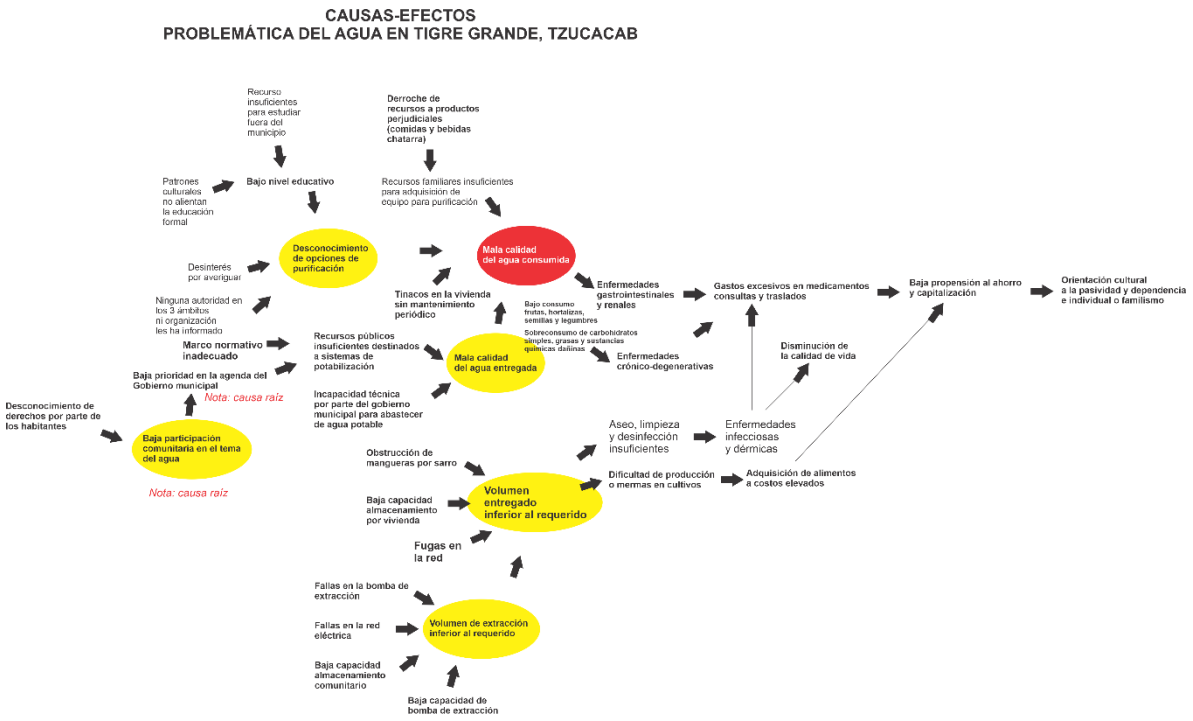
Fuente: elaboración propia

5.2 Análisis de causas

Dos de las principales problemáticas con respecto al abastecimiento de agua en la comunidad de Tigre Grande son que 1) el volumen entregado a las viviendas es inferior al requerido por las familias que en ellas habitan y que 2) el agua consumida por la población es de calidad inferior.

Figura 5.3

Problemáticas del agua en Tigre Grande



Fuente: elaboración propia

La primera problemática se deriva de las fugas de la red, la baja capacidad de almacenamiento de agua por vivienda, la obstrucción de mangueras por el sarro acumulado (lo que disminuye el caudal que circula por ellas), pero sobre todo por el volumen de extracción del sistema inferior al requerido. La segunda problemática parece deberse a que los tinacos de las viviendas no reciben un mantenimiento periódico, a que los recursos familiares son insuficientes para adquirir equipos purificadores, y a que la calidad del agua entregada por el sistema no tiene la calidad mínima aceptable. En la figura 5.4 se puede una de las mangueras que distribuye el agua en el interior de las viviendas.

Figura 5.4

Manguera de distribución en el interior de una vivienda

Los dos principales factores de que el volumen de extracción del sistema sea inferior al requerido y de que la calidad del agua entregada tenga una calidad deficiente, parecen ser la incapacidad técnica del gobierno municipal para abastecer de agua a la comunidad y que los recursos públicos destinados al sistema de extracción y potabilización sean insuficientes. Ambos factores se explican por el marco normativo obsoleto, incompleto e inadecuado y por la baja prioridad que tiene en la agenda el gobierno municipal la atención de estas problemáticas relacionadas con el agua. Ésta última parece derivarse, a su vez, de la escasa participación comunitaria en su análisis y en la prácticamente nula organización de acciones colectivas para exigir a las autoridades que garanticen el derecho humano al agua en la comunidad, lo cual parece deberse, en principio, al desconocimiento de ese derecho por parte de la población local. En la figura 5.5 se puede observar las conexiones del sistema de extracción, el cual se encuentra conectado a la bomba sumergida.

Figura 5.5

Sistema de conexión y tuberías (extracción)

La mala calidad del agua consumida por la población y el volumen inferior al requerido también se derivan del desconocimiento de opciones de purificación y captación de agua de lluvia, el cual parece derivarse del bajo nivel educativo y el desinterés por emprender iniciativas para conocerlas, todo lo cual se relaciona con patrones culturales que no alientan la educación formal y que se caracterizan por una orientación a la pasividad y dependencia. Las familias de la comunidad parecen no tener recursos para adquirir o habilitar equipos o sistemas de potabilización en sus viviendas, pero, por otro lado, debido a la abrumadora propaganda comercial de grandes corporaciones, destinan una gran proporción de sus ingresos para la adquisición de alimentos y bebidas embotelladas que, no solo tienen escaso valor nutritivo, sino que también contienen sustancias químicas que han demostrado ser nocivas a la salud. Esta situación paradójica lleva a que en las viviendas de la comunidad exista un sobreconsumo de carbohidratos simples, sodio, grasas trans y saturadas, conservadores, colorantes y saborizantes químicos, el cual deriva en un gran conjunto de enfermedades crónico-degenerativas como las cardiovasculares y cánceres, la obesidad y la diabetes.

Por otro lado, el volumen entregado inferior al requerido dificulta la producción de alimentos en la vivienda al ocasionar mermas importantes en los cultivos por falta de riego, lo que tiene como consecuencia que se tengan que adquirir alimentos en el mercado a costos elevados y baje el consumo de frutas, hortalizas, semillas y legumbres, lo que combinado con el sobreconsumo de las sustancias nocivas mencionadas antes, acelera la pérdida de la salud. Y además, esa situación de no contar con agua en volumen suficiente lleva a que el aseo, la limpieza y la sanitización sean deficientes, lo que conduce a enfermedades infecciosas y dérmicas. Este conjunto de padecimientos mencionados vinculados a las

carencias hídricas deriva en la necesidad de que las familias incurran en gastos excesivos en medicamentos, consultas y traslados a centros de salud y hospitales, lo que desequilibra la economía familiar y lleva a la baja propensión al ahorro y a la capitalización de las actividades productivas locales, lo que implica el alejamiento de la posibilidad de superar la situación de pobreza crónica.

5.3 Plan de intervención

5.3.1 Filtros para la mejora de la calidad del agua

El objetivo de este plan es de dotar al mayor número de familias de la comunidad de Tigre Grande de un microfiltro purificador de agua que permita mejorar sustancialmente la calidad del vital líquido.

Uno de los principales problemas hallados en la comunidad es el consumo por parte de sus habitantes de agua que no cumple con los parámetros de calidad básicos que asegure que el agua sea apta para consumo humano, el agua no se potabiliza, solamente se clora por ello cada familia consume en promedio dos garrafones a la semana de agua que provee una empresa privada del municipio de Tzucacab y que genera un gasto en los habitantes de Tigre Grande de $14 pesos mexicanos por cada unidad.

Una solución que se presenta a los habitantes de la comunidad es la adquisición de un microfiltro purificador los cuales son capaces de eliminar el 99.99% de todas las bacterias, impurezas y microplásticos que el agua pueda tener. El proyecto de entrega de los microfiltros se establece por medio de la colaboración de The Social Water con sede en España y de Red Ciudadana por la Sostenibilidad en Yucatán. Los interesados en la adquisición deberán cubrir únicamente el costo de producción del producto, el cual es de $250 pesos mexicanos. En la figura 5.6 se observa el microfiltro el cual tiene unas medidas de 11 por 4 centímetros y tiene una vida útil de 5000 de litros pero puede extenderse considerablemente realizando el correcto mantenimiento, de acuerdo con su fabricante.

Figura 5.6

Microfiltro purificador de agua

Fuente: The Social Water España (2021)

En la tabla 5.7 se presenta la calendarización de activades coordinadas entre la Red Ciudadana por la Sostenibilidad en Yucatán, The Social Water y los habitantes de la localidad de Tigre Grande.

Tabla 5.7

Calendarización de actividades proyecto microfiltros

Octubre 2021	Noviembre 2021	Diciembre 2021	Diciembre 2021	Enero 2022	Febrero 2022
Primera reunión de acercamiento virtual para intercambiar ideas y puntos de vistas con relación a la problemática del agua en la comunidad.	Segunda reunión virtual para el seguimiento que permita establecer un convenio colaborativo para trabajar en la comunidad.	Visita a la comunidad con el propósito de charlar con los habitantes y estos puedan expresar la problemática que padecen con relación al tema de agua.	Entrega de los microfiltros a las familias interesadas. Segunda charla de sensibilización y manejo correcto así como el mantenimiento que los	Visita a las familias a fin de brindar seguimiento y recabar experiencias de uso.	Visita a las familias a fin de recabar experiencias en el lapso de 2 meses de uso.

	Realizar una charla de sensibilización a los habitantes y presentar el microfiltro, así como elaborar una lista de las familias interesadas en su adquisición.	habitantes que adquieran el filtro deben realizar.

El plan de intervención contempla como responsables a The Social Water (España), entrega física del producto, así como la impartición de charlas de sensibilización y sobre el uso correcto y mantenimiento del microfiltro. Por su parte la Red Ciudadana por la Sostenibilidad en Yucatán se encargará de organizar las reuniones virtuales, así como proveer traslado hacia la comunidad de Tigre Grande a los integrantes de TSW.

5.3.2 Sistema de captación de agua de lluvia

El objetivo de este plan es provechar el agua proveniente de la lluvia para que las familias de la comunidad puedan aprovechar del vital líquido en temporada de escasez por medio de un sistema de captación de agua de lluvia básico instalado con un dispositivo de primeras lluvias, tuberías de conexión y contendor de almacenamiento.

Otro de los problemas hallados en la comunidad es la constante falla en el sistema de bombeo de agua, lo cual afecta al total de la población dejando sin el recurso hasta que este sistema sea reparado que puede ir desde días hasta semanas. Instalar un sistema de captación de agua de lluvia para ampliar la disponibilidad del recurso agua en época de crisis y escasez hídrica, con el propósito de que este sistema sirva como modelo piloto que pueda ser replicado en otras viviendas y/o en otras localidades.

El presenta plan adoptó el anteproyecto y la metodología para el diseño de un sistema de captación de agua de lluvia elaborado de manera colaborativa como parte de la certificación

“Diseñador de sistemas de captación de agua de lluvia” otorgado por la Asociación Mexicana de Sistemas de Captación de Agua de Lluvia con sede en el estado de Jalisco durante el año 2021.

El contenido del anteproyecto para el diseño del sistema fue el siguiente:

- Cálculo del POTCALL global
- Parámetros para calcular el POTCALL
- Precipitación media anual
- Promedio de precipitaciones para SCALL de vivienda en Tigre Grande.
- Área de captación
- Coeficiente de eficiencia
- Factor de Seguridad
- Cálculo del POTCALL global
- Cálculo de la DEMANDA Total
- Parámetros para el cálculo la DEMANDA Total
- Dotación (DOT)
- Número de personas (NDP)
- Número de días (NDD)
- Cálculo la DEMANDA Total
- Cálculo del índice de coadyuvancia
- Evaluaciones: técnica, económica y social

En la tabla 5.8 se presenta la calendarización de actividades programadas. El contenido completo, datos y cálculos del anteproyecto se presente como parte de los anexos del presente documento.

Tabla 5.8

Calendarización de activades captación de agua de lluvia

Junio 2021	Julio 2021	Agosto 2021	Octubre 2021	Diciembre 2021	2022
Reunión virtual con los integrantes de	Conclusión de la certificación por parte de la	Visita a la comunidad con el	Elaboración de la propuesta de	Recaudación de fondos para la	Entrega de materiales

la RCSY con el propósito de intercambiar ideas y puntos de vistas con relación a la problemática del agua en la comunidad.	AMSCALL para el diseño de sistemas de captación de agua de lluvia.	propósito de charlar con los habitantes y estos puedan expresar la problemática que padecen con relación al tema de agua, así como si captan y hace uso del agua de lluvia.	instalación de un sistema de agua de lluvia en 1 vivienda de la comunidad	compra y traslado de los materiales	Instalación Seguimiento

5.3.3 Colaboración para la conformación de una contraloría social del agua en Yucatán

El objetivo de este plan es colaborar en la etapa I y II del proyecto denominado “Tocoyani” el cual tiene como objetivo general elaborar el marco teórico y comprobar las metodologías relacionadas con la construcción de los sujetos de la sustentabilidad hídrica, y la superación de las desigualdades a través de procesos de planeación transformativa, así como construcción y participación en instancias ciudadanas multiactor. Plasmado a través de un estudio general y experiencias de caso, así como materiales de formación. A ello contribuirá desarrollar un pilotaje con herramientas propuestas por la de Ley General de Aguas consensada propuesta al Congreso de la Unión como las contralorías ciudadanas del agua.

Este proyecto general es impulsado por la UAM, Conacyt, y en el caso de Yucatán por el Consejo Ciudadano por el Agua de Yucatán. En la tabla 5.9 se presenta la calendarización del proyecto.

Tabla 5.9

Calendarización proyecto contraloría social del agua

Junio 2022	2023

Elaboración del pre-diagnostico participativo adaptado a las condiciones específicas de la comunidad (obtener información de la situación actual hídrica)	Diagnostico profundo Determinar causas raíz

El objetivo es presentar información de los capítulos 4 y 5 del presente documento al Consejo Ciudadano por el Agua de Yucatán que permita contribuir en la elaboración del pre-diagnóstico del proyecto en el caso del estado de Yucatán.

5.4 Seguimiento de plan y análisis de obstáculos

5.4.1 Microfiltros para agua

De acuerdo con el calendario de actividades, el proyecto se desarrolló de manera conjunta con el equipo de The Social Water (España) y la Red Ciudadana por la Sostenibilidad en Yucatán. en octubre de 2022 se tuvo una primera platica de acercamiento con el propósito conocer la situación actual de la comunidad de Tigre Grande. Posteriormente se estableció un convenio de colaboración para trabajar en la comunidad, lo cual permitió realizar una primera visita parte del equipo de The Social Water y el representante de la Red Ciudadana por la Sostenibilidad con el propósito de llevar a cabo una charla de sensibilización a los habitantes y presentar el microfiltro, así como de enlistar a las familias interesadas en la adquisición. Una vez recabada los datos de los interesados se procedió a la entrega de los microfiltros el 20 de diciembre de 2021, en la figura 5.7 se observa a las familias recibiendo indicaciones para el correcto uso del producto. El total de microfiltros entregados en la localidad de Tigre Grande fue de 18.

Figura 5.7

Entrega de microfiltro a los habitantes de Tigre Grande

Fuente: The Social Water

5.4.2 Instalación de un sistema de captación de agua de lluvia

De acuerdo con los objetivos plateados se eligió una vivienda de la localidad de Tigre Grande para la instalación de un sistema piloto de captación de agua de lluvia, dicha vivienda es de uso habitacional y cuenta con techo de losa de concreto con una superficie de captación de 16 metros cuadrados. Como se observa en la figura 5.8 las coordenadas geográficas de la ubicación de la vivienda son 19.710594411100054, -89.04174080245171.

Figura 5.8

Foto aérea de la ubicación de la vivienda

Fuente: Google Maps

Las características principales de la vivienda son que su fuente de suministro es a través de un cárcamo principal por gravedad, no se cuenta con toma domiciliaria ni con drenaje, la descarga de agua es hacia un biodigestor instalado en la parte posterior de la vivienda con capacidad de 650 litros, conectado a un baño con servicio inodoro, lavamanos y regadera. En la figura 5.9 se observa la fachada principal de la vivienda.

Figura 5.9

Fachada principal de la vivienda

Para realizar el diseño del sistema de captación de agua de lluvia se procedió a realizar el calculo del potencial de captación global y de la demanda total.

5.4.2.1 Calculo del potencial de captación global

Para cálculo de la oferta del agua global en la región se determinaron los parámetros de cálculo los cuales fueron la precipitación medial anual, área de captación y coeficiente de eficiencia. Para la obtención de los datos de la precipitación media anual se analizaron el registro histórico de las estaciones meteorológicas más cercanas a la localidad de Tigre Grande las cuales fueron la número 23159 de la localidad de Candelaria, municipio José María Morenos, Quintana Roo, a una distancia de 9.3 kilómetros y la numero 31002 de la localidad de Becanchén, municipio de Tekax, Yucatán, a una distancia de 26 kilómetros. En la tabla 5.10 se presentan los registros mensuales de precipitación (mm) de las estaciones 23159 y 31002 del año 1998 al año 2018.

Tabla 5.10

Registros mensuales de precipitaciones estaciones 23159 y 31002 (1998-2018)

Mes	Candelaria (23159) Lluvia total mensual (1998-2018)	Becanchén (31002) Lluvia total mensual (1998-2018)	Promedio
Enero	40.6	32	36.3
Febrero	18.55	31.7	25.2
Marzo	21.7	23.2	22.4
Abril	62.9	54.8	58.8
Mayo	94.2	72.0	83.1
Junio	191.2	146.4	168.8
Julio	143.9	97.8	120.8
Agosto	193.1	130.1	161.6
Septiembre	207.3	186.2	196.7
Octubre	148.5	158.2	153.5
Noviembre	65.6	54.0	59.8
Diciembre	43.2	28.9	35.9

Total	1157.0	1016.1	1123.2

Fuente: elaboración propia con datos de Conagua.

Con los datos históricos de precipitaciones mensuales se calculó la media histórica anual de la región la cual es de 1123.2 mm, y de acuerdo con la clasificación de precipitaciones del Instituto de Investigaciones Tecnológicas Lic. Arturo Gleason A.C. (2017) la precipitación es abundante, ya que se encuentra en un rango de entre 1000 y 2000 mm.

5.4.2.2 Área de captación

Después de haber realizado la medición sobre el techo de losa de concreto, esta se determinó como área de captación y su superficie total es de 16 metros cuadrados. El techo cuenta con su respectiva pendiente que dirige el agua de la lluvia al bajante de aguas. En la figura 5.10 se observa el bajante de aguas existente de la vivienda, el cual tiene un diámetro de 3 pulgadas.

Figura 5.10

Superficie de captación y bajante de aguas de la vivienda

5.4.2.3 Coeficiente de eficiencia

El material de construcción de la superficie de captación es de concreto, este al ser liso evita que el agua sea absorbida o retenida. De acuerdo con las características de la superficie esta tiene un coeficiente de escurrimiento de 0.70 (Gleason, 2011).

5.4.2.4 Factor de seguridad

En el diseño de un sistema de captación de agua de lluvia se debe utilizar un factor de seguridad para subestimar el potencial de captación, con ello se garantiza que haya suficiente agua disponible, el factor de seguridad recomendado a considerar debe ser entre 0.95 y 0.65. En esta ocasión se eligió el factor 0.9 porque el temporal es intermitente.

5.4.2.5 Calculo del potencial de captación global

La aplicación de la formula para determinar el potencial de captación anual, es decir el volumen máximo de agua de lluvia que se puede captar en la vivienda que tiene un área de material de concreto de 16 metros cuadrados (A), un registro histórico anual de precipitaciones de 1123.2 mm (P), un coeficiente de eficiencia de 0.7 (C) y considerando un factor de seguridad de 0.9 (FS) es la siguiente:

Potencial de captación anual = A x P x C x FS

Potencial de captación anual = 16 x 1123.2 x 0.70 x 0.90

Potencial de captación anual = 11322.5 litros/año

Potencial de captación anual = 11.32 metros cúbicos/año

Por medio de esta fórmula se determinó que el potencial de captación anual de esta vivienda es de 11.32 metros cúbicos al año.

5.4.2.6 Calculo de la demanda total

Para cálculo de la demanda total de agua de la familia que habita en la vivienda se determinaron los parámetros de cálculo los cuales fueron dotación, número de personas y número de días. La dotación recomendada para viviendas en zonas rurales es de 85 litros por habitante al día (DOT), sin embargo la dotación real que hacen uso los habitantes de esta vivienda es de 25, por lo que se tomará este dato para el cálculo. El total de personas que habita la vivienda es de 4 (NDP), y el número de días que se tomaron en cuenta son los 365 del año (NDD).

Demanda total = DOT x NDP x NDD

Demanda total = 25 x 4 x 365

Demanda total = 36500

Demanda total = 36.5 metros cúbicos/año

Por medio de esta fórmula se determinó que la demanda total de agua de esta vivienda es de 36.5 metros cúbicos al año.

5.4.2.7 Calculo del índice de coadyuvancia

Con los datos obtenidos del potencial de captación global y de la demanda total se deberá determinar el índice de coadyuvancia, el cual tiene como propósito conocer el porcentaje de la demanda total que puede ser cubierta con el agua de la lluvia. Para ello se deberá dividir estos dos resultados y multiplicarlos por 100.

Potencial de captación = 11.32 metros cúbicos al año

Demanda total = 36.5 metros cúbicos al año

Índice de coadyuvancia = 0.31 x 100

Índice de coadyuvancia = 31%

Por medio de esta fórmula se determinó que el índice de coadyuvancia es del 31%. Esto quiere decir que del total de la demanda (100%) el 31% de esta puede ser abastecido con el agua proveniente de la lluvia.

5.4.2.8 Determinación del volumen del tanque de almacenamiento

Con el dato de los registros históricos de precipitaciones representado en milímetros al mes (oferta), el resultado de cálculo del volumen de agua a satisfacer (demanda), se determinó el volumen de almacenamiento, el cual se obtuvo multiplicando el área total de captación los cuales son 16 metros cuadrados, por la oferta representada en meses, por el coeficiente de escorrentía (0.70), y por el factor de seguridad (0.90); este resultado dividido entre 1000.

Tabla 5.11

Determinación del volumen del tanque de almacenamiento

Mes	Oferta (mm)	Demanda (m^3)	Almacenamiento (m^3)	Diferencia (m^3)
Enero	36.3	3.1	0.37	-2.73
Febrero	25.2	2.8	0.25	-2.55
Marzo	22.4	3.1	0.23	-2.87
Abril	58.8	3	0.59	-2.41
Mayo	83.1	3.1	0.84	-2.26
Junio	168.8	3	1.70	-1.30
Julio	120.8	3.1	1.22	-1.88
Agosto	161.6	3.1	1.63	-1.47
Septiembre	196.7	3	1.98	-1.02
Octubre	153.5	3.1	1.55	-1.55
Noviembre	59.8	3	0.60	-2.40
Diciembre	35.9	3.1	0.36	-2.74

Fuente: elaboración propia.

Debido al área de captación de 16 m^3 de la vivienda, se observan valores negativos mes a mes, esto a consecuencia de que la demanda supera a la oferta. Este valor negativo es

agua que el agua de lluvia no podrá abastecer. El volumen del tanque de almacenamiento de esta área de techo debe ser de 1.98 m^3 o el equivalente a 1980 litros, debido a que en el mes de septiembre se podrá captar el volumen máximo de agua de lluvia.

5.4.2.9 Instalación del SCALL

De acuerdo con el calendario de actividades, una vez realizada la visita técnica para documentar las características generales de las viviendas, y haber elaborado el anteproyecto de manera colaborativa que permitió diseñar propuestas conceptuales, así como realizado una segunda visita de evaluación técnica, económica y social de la familia elegida, la cual fue seleccionada debido a que en ella habita un menor de edad que padece una discapacidad motriz se calendarizó la instalación con el apoyo de la Red Ciudadana por la Sostenibilidad en Yucatán que facilitó los fondos para la adquisición de la cisterna, tuberías sanitarias e hidráulicas de material PVC y accesorios así como el traslado hacia la localidad para su instalación. Los materiales utilizados para la instalación del sistema como se observa en la tabla 5.12 fueron los siguientes.

Tabla 5.12

Materiales utilizados para la instalación del SCALL

Item	Material	Unidad	Cantidad
Dispositivo de primeras lluvias	Tanque de 200 litros	Pieza	1
	Codo de 90 grados sanitario de 3 pulgadas		4
	Codo de 90 grados sanitario de 4 pulgadas		1
	Codo de 45 grados sanitario de 3 pulgadas		2
	Tee de 3 pulgadas		1
	Reducción de 4 a 3 pulgadas sanitario		2
	Reducción de 3 a 2 pulgadas sanitario		2
	Válvula esfera 20 milímetros		
Conducción	Tubería PVC sanitaria de 3 pulgadas	Metro lineal	12
	Tubería PVC sanitaria de media pulgada		12
	Codo de 90 grados sanitario de 3 pulgadas	Pieza	
	Codo de 90 grados sanitario de media pulgada		

	Cople		
	Pegamento		
	Cinta teflón		
Almacenamiento	Tinaco capacidad 1100 litros	Pieza	1

Fuente: Elaboración propia

El sistema de captación de agua de lluvia instalado consistió en un sistema de conducción de tuberías sanitaria de PVC de 3 pulgadas conectado al bajante existente de aguas de la vivienda. En la parte trasera de la casa como se observa en la figura 5.11 se instaló el dispositivo de primeras lluvias, el cual tiene una capacidad de 200 litros, este dispositivo permite filtrar la suciedad proveniente del techo para que esta se quede en el fondo por gravedad, toda vez que dicho dispositivo rebose, el agua pasará hacía la cisterna de almacenamiento instalada. Para permitir un fácil desmonte del dispositivo de primeras lluvias y este pueda ser lavado recomendablemente antes y después de la temporada de lluvias, se instaron tuercas roscables hidráulicas de 1.5 pulgadas en ambas conexiones de entradas.

Figura 5.11

Dispositivo de primeras lluvias

El volumen del tanque de almacenamiento recomendado para la vivienda de acuerdo con el cálculo de determinación es de 1980 litros, sin embargo y debido a los costos, el instalado fue de una capacidad de 1100 litros el cual se le adicionó una salida para el rebose de agua en la parte superior, y en la parte inferior una válvula de 1.5 pulgadas para el servido del agua. En la figura 5.12 se observa el tanque de almacenamiento instalado en la vivienda.

Figura 5.12

Tanque de almacenamiento capacidad de 1100 litros

El sistema instalado fue entregado a la familia de la vivienda como se observa en la figura 5.13 la cual asumió la responsabilidad de hacer uso exclusivo para el agua proveniente de la lluvia, asi como de proveer de limpieza y de compartir el agua con los demás vecinos si fuera necesario.

Figura 5.13

Sistema de captación de agua de lluvia

5.5 Evaluación de los resultados de la implementación del plan

Posterior a la entrega de los microfiltros para agua por parte de The Social Water, se realizó una visita a las familias que adquirieron el producto con el propósito recabar sus experiencias de uso. Como se observa en la tabla 5.13 los principales comentarios de los habitantes de la comunidad posterior a la entrega del filtro fueron los siguientes:

Tabla 5.13

Experiencias de uso de los microfiltros en Tigre Grande

No.	Nombre	Comentarios
1	Jesús Caamal	Filtro dejó de funcionar (no filtra el agua) Se observa roto el sujetador de tapón de salida del filtro usuario aplicó limpieza con jeringa y sigue presentando el problema
2	Sebastián Caamal	No presenta problemas Hace uso del filtro
3	Lucio Caamal	No presenta problemas Hace uso del filtro
4	Alicia Velazco	Filtro funciona lento (salida limitada de agua) Usuario aplicó limpieza con jeringa y sigue presentando el problema
5	Ligiana Casemira	No presenta problemas Hace uso del filtro
6	Margarita Estrella	No presenta problemas Hace uso del filtro

7	Fatima Jimenez	No presenta problemas Hace uso del filtro
8	Maria Mariene Ucarceo	Ausente
9	Maximiliana Mex Caamal	Ausente
10	Cecilio Catzin Yupit	No presenta problemas Hace uso del filtro
11	Ernestina Catzin Blanco	No presenta problemas Hace uso del filtro
12	Maria Lilia Catzin Blanco	No presenta problemas
13	Olivia Mex	Hace uso del filtro
14	Elmi Maria Catzin Mex	No presenta problemas
15	Eneida Catzin Blanco	Hace uso del filtro
16	Ana Bertha Caamal Catzin	No utiliza el filtro
17	Silvia Alonso	No cuenta con cubeta
18	Ausencia Blanco Avilés	Ausente

Fuente: elaboración propia

5.5.2 Agua de lluvia para uso domestico

Posterior a la instalación del sistema de captación de agua de lluvia en la comunidad, se concluyó que la cisterna instalada de capacidad de 1100 litros fue insuficiente para aprovechar al máximo el potencial de captación de la superficie de 16 m^2, debido a que en el mes de julio esta se llenó con el agua de la lluvia y rebosó.

5.6 Discusión de todos los resultados

5.6.1 Microfiltros para agua

De acuerdo con datos consultados sobre proyectos previos al de Tigre Grande por parte de The Social Water está el caso Ecuador, en el cual entre agosto de 2018 y junio de 2019 se entregaron un total de 397 filtros purificadores de agua para familias y escuelas pertenecientes a comunidades rurales del Cantón Pucará, en Ecuador. Todas estas familias no contaban con acceso a agua potable ni tenían recursos para poder adquirir los filtros. Para hacer frente al coste que las familias no podían asumir, se redujo el coste lo máximo

posible negociando con los proveedores de los baldes y filtros. Además, para conseguir los recursos necesarios para adquirirlos, se organizaron eventos benéficos, campañas de crowdfunding, contactos y entrevistas en medios de comunicación para dar visibilidad al problema y presentación a empresas (The Social Water, 2021)

En el caso de la localidad de Tigre Grande se redujo de igual forma el coste para que un mayor número de familias puedan adquirir el filtro, también se estableció un sistema de crédito simple, para que las familias que no podían realizar el pago puedan obtener el filtro y en visitas posteriores a la localidad este pueda ser saldado.

5.6.2 Agua de lluvia para uso doméstico

De acuerdo con información sobre proyectos de instalación de captadores de agua de lluvia en comunidades de escasos recursos está el caso de San Miguel Tulancingo, Oaxaca el cual tuvo un impacto para una población de 500 habitantes. De acuerdo con análisis de agua arrojó que el agua de lluvia está por debajo de los limites permisibles, se instaló una cisterna de 5000 litros y 5 procesos de purificación: filtro tamiz, filtro de carbón activado, filtros pulidores, ozono y rayos ultravioleta. Se concluyó que el agua de lluvia es adecuada para consumo siempre y cuando se sigua el proceso completo de tratamiento.

Otro estudió realizado durante el año 2019 fue en una comunidad del estado de Guerrero en el cual se instaló una cisterna de $11m^3$ y se utilizó un sistema de purificación por gravedad, su impacto fue para 11 familias, se concluyó lo siguiente:

> Aunque la captación de agua de lluvia ha ido cobrando importancia, la generalización de la tecnología, sobre todo en el medio rural, depende de las políticas públicas que los gobiernos implementen. Los usuarios no tienen la capacidad económica o no están dispuestos a invertir en estos sistemas, porque en la mayoría de los casos no son económicamente viables. La razón principal de su implementación es satisfacer el derecho humano al agua, no se busca un beneficio económico (Averlar et al., 2019)

En el caso de las comunidades antes mencionadas se instalaron sistemas básicos para asegurar la calidad del agua, de moda tal que dicha agua de lluvia captada pueda ser apta para consumo humano y no represente un riego para la salud humana. La metodología para el diseño y la implementación del sistema es similar en todos los casos. Respecto al modelo instalado en Tigre Grande, únicamente fue diseñado para que el agua captada sea utilizada para uso doméstico, ya sea para limpieza, saneamiento, riego; no para ser consumida debido a que no fue instalado ningún sistema de purificación.

El Plan Nacional Hídrico de México 2020-2024 establece en su primer objetivo, se deberá "Garantizar progresivamente los derechos humanos al agua y al saneamiento, especialmente en la población más vulnerable", del cual se desglosa la estrategia "Abatir el rezago en el acceso al agua potable y al saneamiento para elevar el bienestar en los medios rural y periurbano". Dicha estrategia considera en sus acciones puntuales el "Promover la utilización de metodologías y tecnologías no convencionales". De este modo, los SCALL (Sistemas de Captación de Agua de Lluvia) son considerados como una tecnología no convencional o soluciones basadas en la naturaleza.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir de los datos obtenidos de los indicadores establecidos se puede concluir que; con relación a los espacios construidos en las viviendas existe un total de 41 techos de superficie con material de concreto el cual este tipo de material presenta un alto coeficiente de eficiencia de captación que puede ser aprovechado para la cosecha del agua proveniente de la lluvia. Este tipo de material es liso, lo cual se traduce en una alta eficiencia de recolección del agua proveniente de las precipitaciones pluviales. Estas viviendas de la comunidad al contar con techos de material con alto coeficiente de escurrimiento pueden ser utilizado como área de captación, y al ser Yucatán unos de los estados del país en donde se registra un mayor promedio de precipitación pluviales al año, estas superficies de concreto sin importar que su área de captación es de 16 metros cuadrados, puede captar en promedio 11 metros cúbicos de agua al año.

Al ser Yucatán es un estado el cual registra un alto número de precipitaciones promedio anual, esto lo convierte en unos de los estados del país donde más llueve (Comisión Nacional del Agua, 2019). Captar agua de lluvia está incluido como parte de las acciones puntuales para abatir el rezago de acceso al agua del Plan Nacional Hídrico de México 2020-2024, igualmente es parte de las acciones generales del Plan Hídrico Regional Península de Yucatán 2020-2024, al igual que está incluido en las reglas de operación del Programa de Agua Potable, Drenaje y Tratamiento a cargo de la Comisión Nacional del Agua, el cual establece en su anexo IV obras para la captación del agua pluvial con base en los lineamientos técnicos de la Conagua. Por lo anterior se concluye que es posible implementar programas de captación o cosecha de agua de lluvia en la región, pero es necesario se lleven a cabo acciones colectivas entre los gobiernos de los estados y municipios, la Conagua, el Consejo de Cuenca y organizaciones civiles para garantizar el mayor nivel de adopción posible en las comunidades rurales que presentan un alto rezago en materia hídrica, así mismo se deberá garantizar la calidad del diseño e instalación de los sistemas de captación de agua de lluvia. El plan deberá permitir a la población obtener un subsidio parcial o total para el diseño, instalación, capacitación y mantenimiento de dicho sistema, así como un plan de seguimiento y monitoreo de uso.

Respecto a la infraestructura hídrica de la comunidad de Tigre Grande en lo general es antigua, el equipo de bombeo se encontró en condiciones de deterioro y deficiencia por lo cual el volumen de agua que las familias reciben no es suficiente para satisfacer plenamente

las necesidades básicas de consumo personal y saneamiento en forma suficiente ya que el suministro de agua es habilitado en un horario limitado al día. Entre los principales hallazgos es la existencia de un tanque elevado de almacenamiento de agua el cual se encuentra deteriorado y en desuso, dicho sistema funcionaba hasta antes de la llegada el huracán Isidoro en el año 2002 según comentarios de los propios habitantes de la comunidad. El sistema que actualmente funciona es un cárcamo de capacidad de 20,000 litros el cual se encuentra en condiciones de deterioro y este se llena por medio de un sistema de bombeo de capacidad de 120 HP, en un horario de operación de 2 horas al día. El responsable de la activación de este sistema de bombeo es el comisario municipal. Es vital que dicho sistema de bombeo sea proveído de mantenimiento y limpieza con el objetivo de garantizar su optimo funcionamiento, de esta manera evitar fallos constantes. Por ultimo y como parte de los principales hallazgos de infraestructura comunitaria se observó la presencia de un tinaco con capacidad de 450 litros y de un sistema de filtros en desuso, dicho sistema fue donado a la comunidad, pero a falta de seguimiento los habitantes dejaron de aprovechar dicho sistema, por ello es importante el seguimiento y monitoreo.

La reforma al artículo cuarto constitucional establece que el agua entregada a los mexicanos debe ser salubre, aceptable y asequible y es el estado quien deberá garantizar que este derecho sea efectivo (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2015). Es preciso que se implementen acciones por la protección y defensa de los derechos humanos en materia de agua debido al desconocimiento que prevalece por parte de los habitantes de este sentido, sin embargo cada vez hay más organizaciones de la sociedad civil y comunidades en México que se levantan en defensa de la justicia social hídrica que la mayoría de las veces son estigmatizadas y desvaloradas, cuya principal lucha es el exigir el cumplimiento de la ley y el respeto a los derechos humanos en relación con el recurso hídrico. Uno de los principales movimientos que trabajan en la defesa del derecho humano al agua y saneamiento es el Consejo Ciudadano por el Agua de Yucatán, la cual fue creada en el año 2019 con el apoyo de comunidades, académicos, organizaciones sociales, ambientales y ciudadanos comprometidos con la justicia social hídrica y ambiental, pero es necesario que se reconozcan las aportaciones que movimientos como el anterior señalado dirigen a instancias gubernamental en temas de gestión hídrica.

Con relación a disponibilidad, el abastecimiento de agua en la comunidad debe ser continuo y suficiente, de tal manera que sea suficiente para el consumo, saneamiento e higiene personal, labores de aseo y preparación de alimentos, con relación a calidad esta debe ser

salubre y no debe contener ningún tipo de microrganismos o sustancias químicas que puedan causar un riesgo para la salud, así mismo debe ser agua sin color, olor y su sabor debe ser aceptable. Por último la fuente física de agua debe estar al alcance de toda la población y esta debe ser entregada a todos los sectores sin discriminación, así mismo los habitantes deben gozar del derecho de estar informados en todo momento sobre problemáticas en relación con el recurso y a su abastecimiento. Todo integrante de la comunidad de igual manera tiene derecho a participar en asuntos relacionados al manejo, procesos o decisiones con relación al tema del agua, sin embargo es necesario mejorar la relación entre las instancias o espacios de participación ciudadana como son los consejos de cuentas o comités y la sociedad, ya que aún se requieren bases para una integración participativa eficiente que facilite o de solución a los problemas de agua y saneamiento. Una de las propuestas para incidir en la participación es la conformación de las contralorías sociales autónomas del agua, cuyo propósito es la promoción de diálogos de saberes desde las comunidades orientado a generar modelos y formas de trabajo que permita una mejor vinculación entre las instancias o espacios de participación con el fin de promover una buena gestión del agua y de las cuencas. En el caso de la región, el Consejo Ciudadano por el Agua de Yucatán trabaja para articular estos modelos de participación hacia una contraloría del agua, el plan se encuentra en una primera etapa de diagnóstico profundo que permitirá definir un proyecto piloto, actualmente se tienen diálogos constantes en comunidades como Hunucmá, Uayalceh y Kinchil.

Respecto al equipamiento básico de infraestructura sanitaria en las viviendas de la comunidad, estas se componen en algunas familias de un tinaco para el almacenamiento de agua, un baño con servicio de lavamanos, regadera e inodoro, así como un sistema de biodigestor. La construcción y entrega de esta infraestructura fue como parte de un programa de atención a las necesidades urgentes de servicios sanitarios en comunidades rurales que implementó el gobierno federal y estatal. Para medir el impacto de este tipo de programas sociales y de la infraestructura instalada es necesario que se genere un mejor monitoreo y seguimiento, pero también es necesario se continúe atendiendo las demás necesidades como es la disponibilidad y calidad. En toda la comunidad no se cuenta con ningún sistema de drenaje conectado a una red pública, por lo que el desagüe de las aguas proveniente de labores domésticas de limpieza como son el lavado de ropa, utensilios, etc se vierte directamente en el suelo y dado el tipo de suelo kárstico de la región su vulnerabilidad a la contaminación es muy alta (Aguilar et al., 2016). Cabe señalar que el drenaje de las aguas residuales generadas en los hogares determina la salud y calidad de

vida de la población (Comisión Nacional del Agua, 2019). Es vital sensibilizar a la población sobre la vulnerabilidad a la contaminación de nuestros acuíferos. Sin embargo la principal fuente de contaminación que genera afectaciones al aire, suelo y agua y genera riesgos a la salud son las derivadas del establecimiento de las granjas industriales porcícolas y de la utilización masiva de agrotóxicos, lo anterior de acuerdo con estudios e informes sobre la contaminación del acuífero en la región. Es importante que se conozca la calidad del agua sobre la cual se hace uso, con el propósito de indagar en las causas específicas que generan contaminación y con ello establecer propuestas para la mejora del recurso hídrico. Por último se observa el rol fundamental de la mujer en el tema relacionado al agua en la comunidad, ya que es ella quien se encarga de verificar que el agua sea abastecida en el hogar para posteriormente hacer uso en labores de cocina, lavado de ropa, limpieza de la casa, saneamiento etc.

La situación que se vive en la localidad de Tigre Grande es muy similar a la que en la actualidad viven un gran número de comisarías en el interior del estado de Yucatán debido al limitado suministro de agua, los principales factores que agravan la situación son las malas condiciones en la infraestructura, así como los equipos de bombeo deficientes y el precario presupuesto que los ayuntamientos destinan a los sistemas de agua que se concentra en las cabeceras municipales, desatendiendo a las comisarías. Es vital que en todo el estado se suministre agua limpia y asequible para satisfacer plenamente las necesidades de consumo y saneamiento de los habitantes y hacer efectivo el derecho humano al agua.

Recomendaciones generales:

Comunidad

- Mejorar las bases para una participación eficiente que permita un mayor involucramiento de los habitantes en la toma de decisiones sobre la gestión del agua en la comunidad.
- Sensibilización de los habitantes sobre la alta vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación debido al tipo de suelos kárstico de la región.
- Sensibilización de los habitantes sobre la ventaja de utilizar el agua proveniente de la lluvia.

Academia

- Generar líneas de investigación sobre el tema de captación de agua de lluvia a nivel vivienda y comunitario en la región.
- Crear programas de capacitación para la promoción y diseño de sistemas de captación de agua de lluvia.

Gobierno

- Incentivar los sistemas de captación de agua de lluvia como política pública y como una alternativa sustentable para ampliar la disponibilidad del recurso agua en época de crisis y escasez hídrica en comunidades.
- Mejorar la vinculación entre los espacios formales de participación ciudadana en la gestión del agua con los gobiernos municipales y habitantes de localidades desatendidas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Organización de Naciones Unidas. (2015). *La Asamblea General adopta la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.* https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/

Sepúlveda S. (2008) *Gestión del desarrollo sostenible en territorios rurales: métodos para la planificación.* San José, C.R.: IICA

Programa Mundial de la UNESCO de Evaluación de los Recursos Hídricos. 2019. *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2019:* No dejar a nadie atrás. París, UNESCO.

Acosta, S., Quiroa, J., & Villanueva, J. (2018). Captación de agua de lluvia: tipos, componentes y antecedentes en zonas áridas de méxico, como estrategia de uso sustentable del agua. *Vivienda y Comunidades Sustentables*, *3*, 63–85. https://doi.org/10.32870/rvcs.v0i3.32

Aguilar, Y., Bautista, F., Mendoza, M. E., Frausto, O., & Ihl, T. (2016). Density of karst depressions in YucatÁn state, Mexico. *Journal of Cave and Karst Studies*, *78*(2), 51–60. https://doi.org/10.4311/2015ES0124

Anaya Garduño, M. (2008). *Objetivos y logros del Centro Internacional de Demostración y Capacitación en Aprovechamiento del Agua de Lluvia*. https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/629

Anaya Garduño, M., Salazar Cruz, J. J., Tunarosa Murcia, V., & Trejo Mancillas, J. (1998). *Sistemas de captacion de agua de lluvia para uso domestico en america latina y el caribe*.

Arreguín Cortés, F., Alcocer Yamanaka, V., Marengo Mogollón, H., Cervantes Jaimes, C., Albornoz Góngora, P., & Salinas Juárez, M. (2010). *El Agua en México: Causes y Encauces*. Academia Mexicana de Ciencias. http://www.conagua.gob.mx/conagua07/contenido/documentos/elaguaenmexico-caucesyencauces.pdf

Asociación Mundial para el Agua. (2013). *Tecnologías para el uso sostenible del agua*. http://www.fao.org/3/i3442s/i3442s.pdf

Banco Mundial. (2021). *Panorama General del Agua*. https://www.bancomundial.org/es/topic/water/overview

Bautista, F., & Aguilar, Y. (2011). Amenazas, vulnerabilidad y riesgo de contaminación de las aguas subterráneas de la Península de Yucatán. *Teoría y Praxis*, *13*(2). https://doi.org/10.22403/uqroomx/typ09/01

Bautista, F., & Palacio, G. (2014). *Regionalización edáfica del territorio de México*. *September*.

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2015). Constitución política de los estados unidos mexicanos. In *Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA* (Vol. 4, Issue 7). https://doi.org/10.29057/icea.v4i7.201

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2021). *Constitución política de los estados unidos mexicanos*. Diario Oficial de la Federación. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf_mov/Constitucion_Politica.pdf

Catalina, J. (2009). *Propuesta Metodológica Para Intervenciones Socio-Ambientales* [Universidad Austral de Chile]. http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2009/bpmfcij.61p/doc/bpmfcij.61p.pdf

Comisión Nacional de los Derechos Humanos. (2014). *Derecho Humano Al Agua Potable Y Saneamiento Basico*. 2014.

Comisión Nacional del Agua. (2006). El Agua en México. In *México 2006 Foro Mundial del Agua* (Vol. 36, Issue 3). https://doi.org/10.1016/s0210-5705(13)00049-6

Comisión Nacional del Agua. (2011). *Estadísticas del agua en México, edición 2011*. 181.

Comisión Nacional del Agua. (2016). *Misión y Visión*. https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/mision-y-vision-63915

Comisión Nacional del Agua. (2017). *Estadistísticas del agua en México*. www.gob.mx/conagua

Comisión Nacional del Agua. (2019). Estadísticas del Agua en México 2019. In *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales*. https://www.gob.mx/conagua

Comunidades europeas. (2019). En enfoque leader. *Nursing and Midwifery Board of Australia*, *035*(September), 1–3.

Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán. (2021). *Programa Hídrico Regional*. https://sites.google.com/ithacaev.com/participacion-phr-2020-2024-py/home

Coordinación de Universidad Abierta Innovación Educativa y Educación a Distancia de la UNAM. (2021). *Características físicas y químicas del agua*. https://uapas1.bunam.unam.mx/ciencias/caracteristicas_agua/

Coordinadora Latinoamericana y del Caribe de Pequeños Productores y Trabajadores de Comercio Justo. (2017). *Manual de uso sostenible de agua por productores de Comercio Justo*.

Coordinadora Nacional Agua para Tod@s Agua para la Vida. (2021). *Quiénes somos:* https://aguaparatodos.org.mx/

Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas. (2010). *El derecho humano al agua y al saneamiento*. Julio de 2010.

Díaz, E., Alvarado, A., & Camacho, K. (2012). El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energía (SUTRANE) en San Miguel Almaya, México. *Red de Revistas Científicas de América Latina, El Caribe, España y Portugal*.

FAO. (2021). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. http://www.fao.org/sustainable-development-goals/overview/fao-and-post-2015/water/es/

Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia, & Organización Mundial de la Salud. (2018). *Preguntas principales sobre agua, saneamiento e higiene para uso en encuestas de hogares*. https://washdata.org/report/jmp-2018-core-questions-household-surveys-es.

Fondo Mundial para la Naturaleza. (2021). *Los afluentes de vida*. https://www.wwf.org.mx/que_hacemos/agua_dulce/

Frausto, O., Ihi, T., Rojas, J., Goldacker, S., Chale, G., Giese, S., Wurl, J., Careaga, P., & Bacab, R. (2006). Áreas susceptibles de riesgo en localidades de pobreza extrema en el sur de Yucatán. *Teoría y Praxis*, *2*(2), 87–103. https://doi.org/10.22403/uqroomx/typ02/04

Fundación bill & Melinda gates. (2014). *Diseño centrado en las personas*.

Garcia-Chevesich, P. A. (2015). *Manual de diseño y construcción de sistemas de captación de aguas lluvias en zonas rurales de Chile*.

Gil, M. de los Á., & Reyes, H. (2015). Gestión integral del agua desde un enfoque social hacia una economía ecológica. *Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, *24*. https://doi.org/10.20983/noesis.2015.1.6

Gleason, J. (2011). *Introducción a la captación y aprovechamiento de agua de lluvia* (Issue March 2019).

Gleason, J. (2020). *Conceptos básicos de un Sistema de Captación de agua de lluvia (SCALL)*.

Global Water Partnership. (2005). *Servicios ecosistémicos y seguridad hídrica*. https://www.gwp.org/globalassets/global/about-gwp/publications/briefing-notes/gwp_briefing_note_ecosystems_spanish_web.pdf

Global Water Partnership. (2013). Guía para la aplicación de la Gestión Integrada del Recurso Hídrico a nivel municipal. In *Global Water Partnership* (Vol. 1, Issue 1).

Gobierno de la Ciudad de México. (2020). *Gaceta Oficial de la CDMX* (Issue 267). https://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/cosecha de lluvia.pdf

Gobierno del Estado de Yucatan. (2013). Decreto número 117 -Reserva estatal geohidrológica del Anillo de Cenotes. *Diario Oficial Del Gobierno Del Estado de Yucatán*, 1–24. http://www.yucatan.gob.mx/docs/diario_oficial/diarios/2013/2013-10-28_2.pdf

Gobierno del Estado de Yucatán. (2018). *Plan Estatal de Desarrollo de Yucatán 2018-2024*.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2014). Cambio climático 2014, Informe de síntesis. *Resumen Para Responsables de Políticas RRP*, *17*(2), 130–132. https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2010.10.009

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta.). Mc Graw Hill.

Hieronimi, H. (2009). *Manejo de agua en el descenso energético*. 1–10. https://www.academia.edu/15524913/Manejo_de_agua_en_el_descenso_energético

_lo_pequeño_no_solo_es_hermoso_sino_la_solución_

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). *Censo de Población y Vivienda 2020*. https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/

Kauffer, E., & Villanueva, C. (2011). Retos de la gestión de una cuenca construida: La península de Yucatán en México. *Aqua-LAC*, *3*(2), 81–91.

Laura, M., & Joel, C. J. (2016). *El recurso agua en México*.

Lhumeau, A., & Cordero, D. (2012). Adaptación basada en Ecosistemas: una respuesta al cambio climático. *U*, 17.

Loredo-Osti, C. (2014). *Practicas para la conservación del suelo y agua en zonas aridas y semiaridas* (Issue May). https://www.researchgate.net/publication/258333900

Losada, S. (2016). *Metodología de la intervención social*. Editorial Síntesis. https://www.sintesis.com/data/indices/9788490773550.pdf

Luna Nemecio, J. M. (2018). Agua, poder y acumulación de capital en el neoliberalismo: Los avatares del Estado mexicano al ocultar la crisis hídrica en Morelos. *Albores*, *2*, 124–159. https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results

Martí, J. (2012). La investigación acción participativa. estructura y fases. *Red Cimas*. https://www.redcimas.org/wordpress/wp-content/uploads/2012/08/m_JMarti_IAPFASES.pdf

Martínez-Austria, P. F. (2013). Los retos de la seguridad hídrica. *Tecnologia y Ciencias Del Agua*, *4*(5), 165–180.

Max-Neef, M., Elizalde Hevia, A., & Hopenhayn, M. (1994). Desarrollo a Escala Humana. In *Development Dialogue*.

Medina Carrillo, L. G. M., Fernández Mendiburu, J., & Montiel, J. (2021). *Contaminación del Acuífero maya*.

Menchaca Dávila, M. del S. (2017). *Cultura del agua para la gobernanza en la gestión integral de los recursos hídricos*.

Menchaca, S., Ornelas, O., & Hernández, H. (2019). Contaminación antrópica por organismos microbiológicos en la microcuenca del río Pixquiac. *UVserva*, *7*, 38–48. https://doi.org/10.25009/uvserva.v0i7.2604

Moctezuma Barragán, P. (2020). La iniciativa ciudadana de Ley General de Aguas. Hacia un cambio de paradigma. *Argumentos. Estudios Críticos de La Sociedad*, *2*(93), 109–130. https://doi.org/10.24275/uamxoc-dcsh/argumentos/202093-05

Moreno, A. S., & Ximhai, M. G. G. R. (2013). La gestión comunitaria del agua en México y Ecuador: otros acercamientos a la sustentabilidad. *Ra Ximhai*, *9*(5), 165–179. https://www.redalyc.org/pdf/461/46128964012.pdf

Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos. (2011). El Derecho al Agua. *Revue Juridique de l'Environnement*, *32*(2), 264–264. https://www.ohchr.org/Documents/Publications/FactSheet35sp.pdf

Orellana, R., & Espadas, C. (2016). *El manejo del agua a través del tiempo en la península de Yucatán*.

Organisation for Economic Cooperation and Development. (2015). *Principios de Gobernanza del Agua de la OCDE*. 23. https://search.oecd.org/cfe/regionaldevelopment/OECD-Principles-Water-spanish.pdf

Organización de las Naciones Unidas. (1987). *Desarrollo sostenible*. https://www.un.org/es/ga/president/65/issues/sustdev.shtml

Organización de las Naciones Unidas. (2010). El derecho humano al agua y al saneamiento. *28 De Julio De 2010*, 1–7. http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/pdf/human_right_to_water_and_sanitation_media_brief_spa.pdf

Organización de las Naciones Unidas. (2015). Transformar nuestro mundo. In *La agenda 2030* (Issue 6, pp. 7–10). https://doi.org/10.32870/dgedj.v0i6.106

Organización de las Naciones Unidas. (2021). *Agua limpia y saneamiento: porqué es importante*. https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2011). *Base de datos FAOLEX*. http://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC003015/

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2013). *Captación y almacenamiento de agua de lluvia*.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2021).

Objetivos de Desarrollo Sostenible. http://www.fao.org/sustainable-development-goals/goals/sdg-6/es/

Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura. (2016). *Informe de las Naciones Unidas Sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo 2016*.

Organización Mundial de la Salud. (2006). Guías para la calidad del agua potable. *WHO Chronicle*, *38*(3), 104–108. https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_fulll_lowsres.pdf?ua=1

Organización Panamericana de la Salud. (2004). *Guía de diseño para captación del agua de lluvia*.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2016). *Recomendación del consejo de la OCDE sobre el Agua*. 1–4.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2012). *Guía ciudadana para la participación incluyente en la gestión del agua*. 7. www.undp.org.mx

Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2004). *Perspectivas del medio ambiente en México GEO México*.

Rodriguez, A. P., Cabrera, F. A., Leon, J. A. A., & Vargas, I. O. (2017). Perspectivas de la contaminacion del acuifero en Yucatan, Mexico: plaguicidas y metales pesados. *Las Ciencias Biomedicas y Las Sociales: Abriendo Brecha En La Peninsula de Yucatan*, *September*, 119–139. https://www.researchgate.net/publication/319532214

Rolland, L., & Vega Cárdenas, Y. (2010). La gestión del agua en México. *Polis: Investigación y Análisis Sociopolítico y Psicosocial*, *6*, 155–188. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72618890006

Sáez, R., Vilaseca, I., Pérez, A., Fargas, M., & Andino, F. (2008). *Manual Introductorio para la Gestión Comunitaria de Sistemas de Agua*.

Sánchez, T., & Sánchez, A. (2004). *Reseñas Bibliográficas*. 195–198.

Sarar Transformacion, S. C. (2016). *Manual de Uso , Mantenimiento y Construcción Sistema Doméstico de Cosecha de Agua Lluvia*.

Sarar Transformación S.C. (2021). *Construcción de capacidades locales + tecnologías*

apropiadas = asentamientos sostenibles. https://www.sarar-t.org/index.php

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2014). *Agua Disponibilidad*. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_resumen14/06_agua/6_1_1.html

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2018). *¿Qué son las cuencas hidrológicas y las reservas de agua?* https://www.gob.mx/semarnat/articulos/que-son-las-cuencas-hidrologicas-y-las-reservas-de-agua

Sepúlveda, S., Chavarría Miranda, H., Rojas, P., & Brenes M., M. de la C. (2008). Biograma: metodología para estimar el nivel de desarrollo sostenible de territorios. In *Biograma: metodología para estimar el nivel de desarrollo sostenible de territorios*. http://www.iica.int/Esp/regiones/sur/chile/Documents/BIOGRAMA 2008.pdf

Sosa-Rodriguez, F. S. (2012). *El futuro de la disponibilidad del agua en México y las medidas de adaptación utilizadas en el contexto internacional*. http://www.redalyc.org/pdf/654/65429255008.pdf

Spangenberg, J. (2017). Decrecimiento sostenible. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, *35*, 1. https://doi.org/10.15517/re.v0i35.31622

The Nature Conservancy. (2012). *Fondos de Agua*.

Toledo, V., & Gonzalez, M. (2014). *El metabolismos social: las relaciones entre la sociedad y la naturaleza*. 1–23.

Torres Hernández, P., Díaz Fuentes, B., & Martínez Calderón, D. (2011). Los indicadores, una herramienta en la gestión integrada de los recursos hídricos en México. *Jaina Boletín Informativo*, *22*(1), 55–62. https://www.researchgate.net/profile/Verenice-Escamilla/publication/270760190_Estructura_e_importancia_de_los_manglares_en_la_Peninsula_de_Yucatan_Campeche_Yucatan_Quintana_Roo_JAINA/links/54b417030cf2318f0f96b0a2/Estructura-e-importancia-de-los-manglares

UNESCO. (1986). *Glosario de términos fundamentales*. 103. http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Havana/pdf/Capitulo6_02.pdf

UNESCO. (2021). *AGUA: ¿Qué se está haciendo por la seguridad hídrica en América Latina y el Caribe?* https://es.unesco.org/news/agua-que-se-esta-haciendo-seguridad-hidrica-america-latina-y-caribe

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales. (2018). *Aguas compartidas enfoques y herramientas para una mejor gestión del agua*. *December 2018*.

Universidad Nacional Autónoma de México, & Montiel, A. (2020). Gestión comunitaria del agua. *Impluvium, Publicación Digital de La Red Del Agua UNAM*, *12*.

Vargas, R., & Pineyro, N. (2005). *El Hidroscopio*. Progrma de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

Water Resource Research Center (WRRC). (2013). Active Water Harvesting. *Desert Water Harvesting Initiative*, *December*, 1. https://wrrc.arizona.edu/sites/wrrc.arizona.edu/files/Quick Resouce- Active WH %28final%29.pdf

World Water Council. (2021). *¿Quiénes somos?* https://www.worldwatercouncil.org/es/quienes-somos

Zapata, F., & Rondán, V. (2016). *La investigación acción participativa*. Instituto de Montaña. https://mountain.pe/recursos/attachments/article/168/Investigacion-Accion-Participativa-IAP-Zapata-y-Rondan.pdf

ANEXOS 1. ENCUESTA

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Mérida
Maestría en Planificación de Empresas y Desarrollo Regional

ENCUESTA

Código de edificación: _____ Localidad y municipio: Tigre Grande, Tzucacab Fecha: _____

Objetivo: Analizar la diversidad y volumen de agua captada y aprovechada para uso en la vivienda, así como el grado de participación en actividades relacionadas al agua.

Nombre (opcional): _____
Rol en la familia: _____ Edad: _____
Sexo: M F Edo. civil: S C UL
Escolaridad: _____ Sabe leer y escribir: Si No
¿Trabaja actualmente?: Si No Tiempo trabajando: _____ ¿Dónde? _____ Salario: _____
¿Persona con discapacidad?: Si No Edad: _____ Tipo de discapacidad: _____

Rol en la familia	Sexo	Edad	Edo civil	¿Saber leer y escribir?	Escolaridad	¿Trabaja actualmente?	¿Dónde trabaja?	¿Padece alguna discapacidad? Si, ¿cual?

CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA			
Indicador 7.1.1 ¿De qué material está hecho el techo de su vivienda? a) Tejamanil b) Teja c) Lámina d) Concreto e) Otro (especifique)	Indicador 7.1.2 ¿De qué material es el piso de su vivienda? a) Piso de Tierra b) Piso Firme c) Otro tipo de piso (especifique)	Indicador 7.1.3 Características de las paredes de la vivienda: a) Block b) Ladillo c) Adobe c) Otro, especifique (especifique)	Indicador 7.1.4 número de espacios por uso ¿Cuántas áreas o espacios tiene la vivienda? Cuarto para dormir: _____ Cocina: ____ Salas: _____ Baños: _____ Comedor:

GRADO DE APROVECHAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA	
Indicador: 1.1.1 En su vivienda o parcela ¿recolecta usted agua de lluvia? • Muy frecuentemente • Frecuentemente • Pocas veces • Muy pocas veces • Nunca	Indicador 1.1.2 ¿Cuál es el uso que su familia hace con el agua que recolectan? • Riego de hortalizas • Uso doméstico (lavar ropa, trastes) • Aseo personal (lavado de manos, dental, baños) • Otro, especifique: _____
Indicador: 1.1.1 ¿De qué manera la recolectan? Especifique: • Cubetas	Indicador: 1.1.1 ¿En qué proporción? (x cubetas)

• Canaletas y depósitos • Trastes • Otro, especifique: _____	
Indicador 1.1.3 ¿Cuál es el uso que su familia hace con el agua que actualmente llega del cárcamo? • Uso doméstico (lavar ropa, trastes) • Aseo personal (lavado de manos, dental, baños) • Otro, especifique: _____	
Indicador 2.1.1 ¿Cuál es su actual fuente de agua para beber? Agua de la llave Agua purificada en garrafón, ¿cuántos a la semana? Agua purificada en botellas, ¿cuantos a la semana? Agua de lluvia hervida	Indicador 2.2.2 Grado de aceptabilidad y factor de no aceptabilidad de la calidad del agua Calidad del agua (percepción) ¿Es normalmente aceptable el agua procedente de su principal fuente? • Si es aceptable • No, por su sabor • No, por su color • No, por su olor • No, contiene partículas • Otro, especifique: _____
Indicador 3.1.1 Destino de los residuos sólidos generados en la vivienda ¿Cómo elimina normalmente la basura de su hogar? • Pasa un recolector formal, ¿qué tipo de basura? • Pasa un recolector informal • Se lleva a un tiradero • Se quema en el patio • Se entierra • Otro, especifique: _____	Indicador 3.1.2 Destino de agua servida ¿Cómo desecha el agua de la cocina, lavado de ropa? • Desagüe conectado a pozo • Desagüe conectado a patio

GRADO DE INVOLUCRAMIENTO EN LA GESTIÓN DEL AGUA	
Indicador 4.1.1 ¿Participa usted o algún miembro de su familia en reuniones relacionadas al tema de agua en su comunidad? • Juntas de vecinos • Reuniones con el comisario • Reforestación • Cuidado de la comunidad	Indicador 4.1.2 ¿Considera usted que el agua es un recurso valioso e indispensable para sus actividades? ¿En qué medida considera usted que el cuidado del agua es responsabilidad de su familia?

• Saneamiento • Otro, especifique: _____ Especifique de qué manera participa: _____	¿Quién considera usted que es el principal responsable del cuidado del agua? • Mi familia y yo • Comisaria • Municipio • Muy indispensable • Indispensable • Indiferente • Poco indispensable • No considera indispensable Razones: _____ (complementaria):

Indicador 4.1.3 ¿Lleva usted a cabo las siguientes acciones a favor del cuidado del agua? • Cerrar la llave mientras no se hace uso • Reparar fugas o goteras • Baños con regadera cortos (aseo) • Menor frecuencia de vaciado del inodoro • Poner recipientes con agua en la caja del inodoro	Indicador 4.1.4 ¿En su vivienda cuenta usted con:? • Uso de letrina seca abonera o de baño seco (Si/no, la ha visto en otro lugar y si estaría dispuesta a usarla?) • Riego por goteo o capilaridad o evaporación-condensación solar • Uso del agua de lavabo para la caja del inodoro • Captadores de agua de lluvia • Riego por capilaridad • Filtro purificador
Indicador 6.1.1 Infraestructura para el aprovechamiento del agua ¿En su vivienda cuenta con? y ¿Cuál es su capacidad de almacenamiento? • Tinaco de almacenamiento (elevado) • Tinaco de almacenamiento (nivel de piso) • Fosa séptica • Piscina o tanque recreativo • Inodoro, lavamanos, regadera, fogones tradicionales	

Letrina seca abonera	**Kompressor**
	Sistema de riego capilar con cordón ...
Captación de agua de lluvia	**Riego por capilaridad**
Filtro de sedimento	**Microfiltro de bacterias, impurezas y microplásticos**

DISPONIBILIDAD Y ESTADO DE LA INFRAESTRUCTURA HÍDRICA COMUNITARIA

GUÍA DE OBSERVACIÓN

Infraestructura comunitaria		
Indicador: 5.1.1 Estatus del tanque elevado	**Uso**	**Desuso**
Indicador 5.1.2 Capacidad y estatus del cárcamo		
Indicador 5.1.3 Grado de aprovechamiento de la capacidad instalada del cárcamo		
Indicador 5.1.4 Grado de idoneidad de la bomba de extracción		
Indicador 5.1.5 Tiempo de suministro de la bomba		
Indicador 5.1.6 Volumen de agua entregada por día (litros)		
Indicador 5.1.7 Tiempo de entrega		
Indicador 5.1.8 Grado de cobertura de la red de distribución		
Indicador 5.1.9 Estatus del tinaco y filtros públicos		

ANEXO 2. ANTEPROYECTO PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA EN TIGRE GRANDE, TZUCACAB

https://cutt.ly/jZZsSmA