



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

ITM

TESIS

**PARTICIPACIÓN COMUNITARIA Y DIFUSIÓN DE TÉCNICAS
SOSTENIBLES HACIA LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS
RECURSOS HÍDRICOS EN PIXYHA, YUCÁTAN.**

PARA OPTAR AL GRADO DE:

**MAESTRO EN PLANIFICACIÓN DE EMPRESAS Y
DESARROLLO REGIONAL**

PRESENTA:

**ING. TARISHA ATZIN CONTRERAS
AGUILAR**

ASESOR

**DR. GUSTAVO ADOLFO MONFORTE
MENDEZ**

MÉRIDA, YUCATÁN, MÉXICO

19 DE SEPTIEMBRE DEL 2025



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Mérida
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Mérida, Yucatán, 28/junio/2025
Oficio No. X-172/2025

ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

C. TARISHA ATZIN CONTRERAS AGUILAR
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 Raúl Alberto Santos Valencia, José Francisco Sarmiento Franco y Fabián Russell Ceballos Hernández, 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:

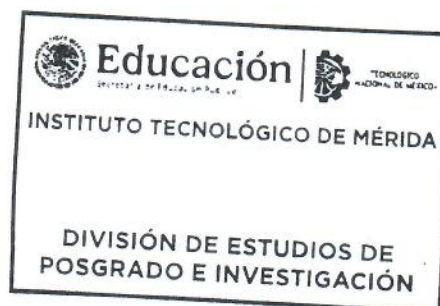
"PARTICIPACIÓN COMUNITARIA Y DIFUSIÓN DE TÉCNICAS SOSTENIBLES HACIA LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN PIXYHA, YUCATÁN."

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®


GABRIEL LIZAMA UC
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACIÓN

C.p. Archivo
GLU/AMPC/zac



2025
Año de
La Mujer
Indígena

SEP Instituto Tecnológico de Mérida, Km. 5 Carretera
Mérida - Progreso A.P. 911 C.P. 97118 Mérida Yucatán,
México Tels. 964 50 00, Ext: 12601 y 12602 e-mail:
depi_merida@tecnm.mx / merida.tecnm.mx



Resumen

La gestión del agua es un desafío crucial en comunidades rurales como Pixyah, Yucatán, donde la escasez y la calidad del recurso hídrico afectan la vida cotidiana. Esta investigación analiza la problemática del acceso al agua y propone la aplicación de la Gestión Integral de los Recursos Hídricos (GIRH) como estrategia para mejorar su disponibilidad, calidad y acceso. Mediante un enfoque de Investigación-Acción Participativa (IAP), se implementaron talleres educativos y se promovieron ecotecnias de captación y filtración de agua, involucrando activamente a la comunidad.

Los resultados demuestran que la educación y la participación comunitaria tienen un impacto positivo en la adopción de prácticas sostenibles. Se observó un incremento significativo en el conocimiento sobre el derecho humano al agua y en la aplicación de estrategias de ahorro y reutilización del recurso. Además, la aplicación de ecotecnias redujo el consumo de agua potable y mejoró su aprovechamiento en actividades domésticas y agrícolas.

Se concluye que la implementación de estrategias sostenibles, la capacitación continua y la colaboración interinstitucional son clave para garantizar un abastecimiento hídrico equitativo y eficiente. La participación comunitaria es fundamental para el éxito de cualquier intervención en la gestión del agua, asegurando la continuidad y sostenibilidad de las acciones implementadas.

.

Abstract

Water management is a crucial challenge in rural communities such as Pixyah, Yucatán, where scarcity and poor water quality impact daily life. This research analyzes the issue of water access and proposes the implementation of Integrated Water Resources Management (IWRM) as a strategy to improve availability, quality, and access. Through a Participatory Action Research (PAR) approach, educational workshops were conducted, and water collection and filtration ecotechnologies were promoted, actively involving the community.

The results show that education and community participation have a positive impact on the adoption of sustainable practices. There was a significant increase in knowledge about the human right to water and the application of water-saving and reuse strategies. Furthermore, the application of ecotechnologies reduced potable water consumption and improved its utilization in household and agricultural activities.

It is concluded that the implementation of sustainable strategies, continuous training, and inter-institutional collaboration are key to ensuring equitable and efficient water supply. Community participation is essential for the success of any water management intervention, ensuring the continuity and sustainability of the implemented actions.

Finally, Chapter VI offers conclusions and recommendations. It concludes that community participation and the dissemination of sustainable techniques are fundamental to improving water management in Pixyah. Specific actions are suggested to strengthen the water infrastructure, promote community awareness, improve public policies, and ensure continuous monitoring and evaluation of the implemented actions. The research has a significant impact on the community's quality of life, promoting sustainable practices and informed decisions that benefit both the environment and the local economy.

Índice de Contenido

Capítulo I. Introducción	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del Problema.....	5
1.3 Preguntas de Investigación.....	5
1.3.1 Preguntas Especificas	5
1.4 Hipótesis.....	6
1.5 Objetivos	6
1.5.1 Objetivo General	6
1.5.2 Objetivos Específicos	6
1.6. Justificación.....	8
Capítulo II. Marco Teórico	10
2.1 Crisis del Desarrollo	10
2.2 Capitaloceno y el Poder sobre el Agua: Crítica al Modelo Civilizatorio Dominante ...	11
2.3 Política Económica Neoliberal y la Gestión del Agua	13
2.4 Impacto Socioambiental	14
2.5 Enfoques Alternativos al Paradigma Dominante.....	16
2.6 Desarrollo Sustentable.....	18
2.7 Dimensiones de la Sustentabilidad	20
2.8 Descolonialidad y Buenos Vivires.....	21
2.9 Agua y Sustentabilidad.....	23
2.10 Agua como Recurso vital	24
2.11 Derecho Humano al Agua	25
2.12 Gobernanza y Seguridad Hídrica	27
2.13 Gestión Sostenible de Recursos Hídricos.....	29
2.14 Gestión Integral y Comunitaria.....	31
2.15 Ecotecnias y Mejores Prácticas.....	33
Capítulo III. Marco Contextual	36
3.1 Disponibilidad y Acceso	36

3.2	Iniciativas Internacionales.....	37
3.2.1	Privadas.....	38
3.2.2	Publicas.....	38
3.3	Instrumentos de Gestión del Agua.....	39
3.3.1	Agenda 2030 de la ONU.....	39
3.3.2	Agua limpia y Saneamiento.....	40
3.3.3	Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.....	40
3.3.4	Programa Nacional Hídrico 2020-2024.....	41
3.3.5	Programa Regional Hídrico de la Península de Yucatán.....	41
3.3.6	Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2020-2024.....	41
3.3.7	Plan Estatal de Desarrollo Yucatán 2018-2024.....	41
3.3.8	Calidad de Agua Suministrada	42
3.4	Característica de la Microrregión	43
3.4.1	Biotipo	44
3.4.2	Biocenosis.....	47
3.4.3	Infraestructura	48
	Capítulo IV. Metodología	50
4.1	Revisión e Integración de Opciones Metodológicas	50
4.1.1	Investigación Acción Participativa (IAP).....	50
4.1.2	Investigación de Intervención Social	51
4.2	Tipo de Investigación	52
4.2.1	Propósito.....	52
4.2.2	Enfoque.....	52
4.2.3	Alcance	53
4.2.4	Amplitud.....	53
4.2.5	Fuente de Información.....	53
4.2.6	Horizonte Temporal	53
4.2.7	Naturaleza de la Intervención.....	54
4.2.8	Perspectiva Disciplinaria	54
4.2.9	Realidad a Modificar.....	54

4.2.10	Justificación metodológica en el contexto de Pixyah	54
4.3	Diseño de la Investigación	55
4.4	Unidad de Análisis, Sujeto de Estudio, Población y Muestra.....	57
4.4.1	Definición de Unidad de Análisis	57
4.4.2	Unidad de Observación.....	58
4.4.3	Población	58
4.4.4	Muestra	58
4.5	Definición de Variables o Categorías de Análisis	58
4.6	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información.	59
4.6.1	Instrumentos de Investigación.....	59
4.6.2	Proceso de Recolección de Datos	60
4.6.3	Confiabilidad	61
4.6.4	Validez	61
4.7	Procedimiento de Análisis de Información	61
4.8	Consideraciones Finales y reflexiones metodológicas	63
	Capítulo V. Presentación, Análisis y Discusión de los Resultados.....	64
5.1	Caracterización de la Situación inicial del Suministro, Aprovechamiento y Tratamiento de los Recursos Hídricos.	64
5.2	Causa Raíz de los Problemas Identificados	70
5.3	Interpretación de los Resultados de la Prueba t Pareada en Talleres.....	75
5.4	Ecotecnias.....	79
5.4.1	Resultado de la Aplicación de Ecotecnias en el Riego	79
5.4.2	Resultados de la Aplicación de Ecotecnias en Captación de Agua.	80
5.5	Discusión crítica sobre la implementación de enotecnias.....	82
5.6	Participación comunitaria: logros y limitaciones.....	83
5.7	Análisis por variables	85
5.8	Discusión general.....	87
	Capítulo VI. Conclusiones y Recomendaciones	91
6.1	Conclusiones	91
6.1.1	Almacenamiento y Uso del Agua	92

6.1.2	Participación Comunitaria	92
6.1.3	Capacitación y Gestión del Sistema de Bombeo.....	92
6.1.4	Problemas de Suministro y Distribución:	92
6.1.5	Educación y Sensibilización.....	92
6.1.6	Impactos Ambientales y Sociales.....	93
6.2	Recomendaciones	93
6.2.1.	Fortalecimiento de la Estructura Hídrica	94
6.2.2	Sensibilización Comunitaria.....	94
6.2.3	Políticas Públicas y Colaboración Interinstitucional	95
6.2.4	Monitoreo y Evaluación	96
	Referencias Citada	97
	Anexos	103

Índice De Tablas

Tabla 1. <i>Etapas y fases de una Investigación Acción Participativa</i>	50
Tabla 2. <i>Variables e indicadores</i>	58
Tabla 3. <i>Capacidad unitaria, cantidad y capacidad total de almacenamiento en las viviendas estudiadas en Pixyah, Yucatán, por tipo de contenedor.</i>	66
Tabla 4 . <i>Proporción de estudiantes que seleccionaron las respuestas correctas por eje determinado</i>	76
Tabla 5. <i>Resultados antes y después del taller, respectivamente, relacionados con el conocimiento de conservación y derecho al agua de los estudiantes.</i>	76
Tabla 6 <i>Análisis integral por variables clave en la gestión del agua en Pixyah.</i>	85

Índice de Figuras

Figura 1. <i>Delimitaciones de Acuíferos</i>	36
Figura 2. <i>Delimitaciones de acuíferos</i>	46
Figura 3. <i>Metodologías y técnicas</i>	51
Figura 4. <i>Tipos de entrevistas</i>	60
Figura 5 . <i>Volumen de agua de lluvia recolectada en las familias encuestadas de la comunidad de Pixyah, Yucatán.</i>	67
Figura 6. <i>Distribución porcentual del agua de lluvia recolectada, por propósito de uso reportado por los encuestados en Pixyah, Yucatán.</i>	68
Figura 7. <i>Distribución porcentual del agua recibida en las viviendas proveniente de la red comunitaria de Pixyah, Yucatán, por propósito de uso reportado por los encuestados.</i>	69
Figura 8. <i>Volumen promedio semanal consumido en las viviendas de los entrevistados, por tipo de líquido adquirido o preparado en las viviendas de Pixyah, Yucatán.</i>	69
Figura 9. <i>Variables problemáticas en la gestión del agua de la comunidad y sus relaciones</i>	73
Figura 10. <i>Causas identificadas de la gestión inadecuada de los recursos hídricos en la comunidad de Pixyah</i>	74
Figura 11. <i>Calificaciones obtenidas antes y después de participar en el taller por estudiante.</i>	77
Figura 12. <i>Resultado de tasa de flujo del agua riego por goteo vs riego tradicional aplicado durante 10 días</i>	80
Figura 13. <i>Resultado en variación de tasa de captación de agua por medio de sistemas tradicionales vs por sistema de captación de agua</i>	81
Figura 14. <i>Esquema de intervención participativa para la gestión del agua</i>	90

Capítulo I. Introducción

1.1 Antecedentes

El agua es reconocida globalmente como un recurso vital, pero su distribución es desigual tanto espacial como temporalmente. Esto se traduce en regiones y cuencas con escasez de agua debido a la falta de infraestructura adecuada y porque en más de 80 países, el 40% de la población enfrenta carencias de agua, una situación que podría agravarse en los próximos 50 años (Campos Aranda, 1998; FEA, CEMDA y Presencia Ciudadana Mexicana, 2006). La seguridad hídrica abarca la gestión de riesgos asociados a la escasez o exceso de agua, el acceso al recurso y su papel en la erradicación de la pobreza y el desarrollo económico, así como la satisfacción de las necesidades de los ecosistemas.

La noción de seguridad hídrica ha cambiado con el tiempo y tiene varias interpretaciones. Según ONU-Agua (2013), se refiere a la capacidad de asegurar el acceso continuo a cantidades suficientes y de calidad adecuada de agua para apoyar la vida, la salud y el progreso económico; para garantizar la protección contra la contaminación del agua y desastres relacionados con el agua; y para preservar los ecosistemas en un clima de paz y estabilidad política. También el concepto se ha visto plasmado en la Fase VIII del Programa Hidrológico Intergubernamental (PHI) que se desarrolló entre 2014 y 2021, donde se define a la seguridad hídrica como la capacidad de una población para salvaguardar el acceso a cantidades adecuadas de agua de calidad aceptable, que permita sustentar tanto la salud humana como la del ecosistema.

El acceso al agua potable y al saneamiento ha sido reconocido a nivel internacional como un derecho humano fundamental (UNESCO, 2016). Esta concepción fue reafirmada por la Asamblea General de las Naciones Unidas, la cual declaró que el derecho humano al agua limpia y al saneamiento se desprende del derecho a un nivel de vida adecuado, y está estrechamente vinculado con los derechos a la salud física y mental, así como con los derechos a la vida y la dignidad humana (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2010).

En el caso de México, el derecho al agua se encuentra consagrado en la *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*. El artículo cuarto establece que toda persona tiene derecho a acceder, disponer y contar con servicios de saneamiento de agua para uso personal y doméstico de manera suficiente, salubre, aceptable y asequible. Asimismo, el Estado tiene la obligación de garantizar este derecho, y la legislación correspondiente debe establecer las bases, apoyos y mecanismos necesarios para asegurar un uso equitativo y sustentable de los recursos

hídricos. Esto incluye la participación conjunta de la Federación, los estados, los municipios y la ciudadanía (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, 2021, p. 26).

Según datos de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2011), el volumen anual promedio de agua disponible en el planeta asciende a aproximadamente 1386 millones de kilómetros cúbicos, de los cuales el 97.5 % corresponde a agua salada, mientras que solo el 2.5 % es agua dulce. No obstante, cerca del 70 % de esta última no se encuentra disponible para el consumo humano. En cuanto a la región de la península de Yucatán, Orellana y Espadas (2016) destacan que el modelo tradicional del ciclo hidrológico y la vegetación se aplica también en esta zona, con características particulares derivadas de su ubicación geográfica, al estar rodeada por el mar en tres de sus flancos.

La Gestión Integral de los Recursos Hídricos (GIRH) se define como un proceso que promueve el manejo y el desarrollo coordinado del agua, la tierra y demás recursos, con el fin de maximizar el bienestar social y económico, de manera equitativa y sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas (GWP, 2000). La GIRH ha sido aceptada internacionalmente como el camino hacia un desarrollo y gestión eficiente, equitativa y sostenible de unos recursos hídricos cada vez más limitados, que permita abordar unas demandas en competencia (UN Water, 2008).

En Colombia, la comunidad científica ha realizado avances significativos en la investigación sobre la GIRH. Hernández Pasichana y Posada Arrubla (2018) destacan que se han identificado seis líneas y 37 sublíneas de investigación a nivel nacional, con 166 grupos de estudio especializados en la gestión del agua. Sin embargo, aún existe una brecha entre lo que se ha logrado y las necesidades pendientes por investigar. Estos estudios resaltan la importancia de integrar la gestión del agua con el manejo de los ecosistemas y la gobernanza del recurso hídrico.

El informe de Hernández Pasichana y Posada Arrubla (2018) enfatiza que los enfoques tradicionales de gestión del agua han sido fragmentados, lo que ha llevado a una limitada aplicación de políticas públicas efectivas. La tendencia actual busca un enfoque más holístico, en el que la ciencia, la tecnología y la innovación sean pilares fundamentales para lograr una gestión hídrica más equitativa y sostenible. A nivel regional, se ha observado que la falta de articulación entre las entidades gubernamentales y los centros de investigación representa un desafío para la implementación de estrategias de GIRH.

México enfrenta diversos desafíos en materia hídrica, entre los cuales destacan el aumento constante en la demanda debido al crecimiento poblacional, la distribución desigual del recurso y los problemas de contaminación (CONAGUA, 2006). El incremento en la urbanización, así como el desarrollo industrial y agrícola, ha intensificado la presión sobre las fuentes disponibles de agua, generando tensiones particularmente en zonas con alta densidad poblacional o baja disponibilidad natural del recurso (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático [INECC], 2020). Esta situación se ve agravada por el cambio climático, que ha alterado los patrones de precipitación y ha incrementado la frecuencia e intensidad de sequías, lo que compromete la sostenibilidad del suministro hídrico en varias regiones del país (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2018).

Además, la gestión del agua en México se enfrenta a retos estructurales, como la sobreexplotación de acuíferos: de los 653 acuíferos identificados en el territorio nacional, más de 100 presentan niveles de extracción superiores a su recarga natural (CONAGUA, 2020). La contaminación de cuerpos de agua por descargas industriales, aguas residuales sin tratamiento y residuos agrícolas también representa una amenaza significativa tanto para la salud pública como para los ecosistemas acuáticos (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2019). Esta problemática se refleja en la calidad del agua disponible, la cual no siempre cumple con los estándares internacionales para el consumo humano, especialmente en comunidades rurales y zonas marginadas.

La falta de infraestructura adecuada, junto con una gobernanza hídrica fragmentada, limita la capacidad del Estado para garantizar el acceso equitativo al recurso. Si bien existen marcos legales como la Ley de Aguas Nacionales y planes institucionales como el Programa Nacional Hídrico, persisten brechas significativas en su implementación, vigilancia y financiamiento (OCDE, 2013). Ante este panorama, se vuelve indispensable fortalecer las políticas públicas en torno al uso sustentable del agua, promover tecnologías de reutilización y mejorar los mecanismos de participación social en la gestión del recurso.

La Península de Yucatán constituye una de las regiones más vulnerables en términos de gestión del agua. Su geología cárstica, caracterizada por suelos altamente porosos y la ausencia de cuerpos de agua superficiales permanentes, hace que el agua subterránea sea prácticamente la única fuente de abastecimiento para la población, la agricultura y el turismo (Bautista et al., 2014). Sin embargo, esta dependencia del subsuelo conlleva riesgos importantes, ya que los acuíferos están

expuestos a diversos focos de contaminación. Entre los principales factores se encuentran las descargas de aguas residuales sin tratamiento adecuado, el uso excesivo de agroquímicos en la agricultura, y el vertido de desechos sólidos urbanos, especialmente en zonas de crecimiento urbano no planificado (Torres-Hernández et al., 2017).

El desarrollo turístico e inmobiliario en zonas costeras como Cancún, Tulum y Playa del Carmen, así como la expansión de la mancha urbana en ciudades como Mérida, han incrementado la presión sobre los recursos hídricos y sobre los ecosistemas cársticos, incluyendo cenotes, ríos subterráneos y humedales (Metcalf et al., 2020). Esta presión se ve agravada por la débil regulación ambiental y por la limitada capacidad de monitoreo y control en las áreas rurales y periurbanas.

En muchas localidades rurales de Yucatán, las condiciones estructurales impiden el acceso a tecnologías apropiadas para el abastecimiento y saneamiento del agua. Las soluciones técnicas avanzadas, diseñadas principalmente para entornos urbanos, a menudo resultan inadecuadas en estos contextos por no ser viables económicamente, por requerir mantenimiento especializado o por no responder a las prácticas culturales de la población (Agua Clara, 2019). Esta desconexión evidencia la necesidad de implementar tecnologías de bajo costo, producción local y adaptadas al entorno social y ecológico de las comunidades.

Frente a este panorama, resulta pertinente considerar la visión del *Buen Vivir*, una propuesta filosófica y política de origen andino que también encuentra eco en la cosmovisión de los pueblos mayas. Esta perspectiva promueve una relación armónica con la naturaleza, basada en el respeto mutuo, la reciprocidad y la vida comunitaria, alejándose de la lógica extractivista y mercantilista del agua como recurso (Gudynas, 2011). En el caso de Yucatán, integrar estos principios en los procesos de gestión hídrica puede abrir caminos hacia soluciones más justas, sostenibles y culturalmente sensibles, enraizadas en los saberes tradicionales de las comunidades mayas y su conexión ancestral con el agua como elemento sagrado.

Además, el cambio climático ha comenzado a alterar de manera significativa los patrones de precipitación y temperatura en la región, afectando la recarga natural de los acuíferos. Las sequías más prolongadas y los eventos de lluvia intensa pero intermitente dificultan la infiltración del agua al subsuelo, generando mayor incertidumbre en la disponibilidad hídrica, particularmente en comunidades rurales que dependen de pozos o aguadas para su consumo diario (Martínez-Salvador et al., 2018). Ante este panorama, la gestión sostenible del agua en Yucatán requiere no

solo inversiones en infraestructura, sino también un enfoque integrado que contemple la conservación del acuífero, el ordenamiento territorial, la educación ambiental y la participación comunitaria.

1.2 Planteamiento del Problema

En el municipio de Pixyah Yucatán, existen diversas áreas de mejora en el servicio hídrico para que este sea suficiente, saludable, aceptable, físicamente accesible y asequible. Las experiencias que se han tenido en la comunidad como lo son la falta de agua durante períodos prolongados son una problemática que puede reducirse con herramientas como la difusión de prácticas y técnicas con relación a la GIRH.

De acuerdo a la UNESCO (2020), los instrumentos que brinda la GIRH son un medio de reconciliación de los diversos y cambiantes usos y demandas de los recursos hídricos, siendo estos más flexibles y adaptables a las problemáticas actuales.

Por lo anterior, la participación de los actores sociales involucrados y los pobladores de la comunidad son clave para establecer propuestas y soluciones que lleven a la comunidad hacia su desarrollo mediante el conocimiento de la GIRH y por lo tanto dar respuestas a las preguntas de la presente investigación.

1.3 Preguntas de Investigación

¿Qué prácticas y técnicas de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) pueden contribuir a mejorar el acceso al agua en Pixyah, Yucatán, considerando criterios de suficiencia, sanidad, aceptabilidad, accesibilidad física y asequibilidad económica?

1.3.1 Preguntas Específicas

1. ¿Cómo es la situación actual del acceso y gestión del recurso hídrico en Pixyah, Considerando actores, Prácticas, técnicas y factores que afectan la suficiencia, salubridad, aceptabilidad accesibilidad y asequibilidad del agua?
2. ¿Cuáles son las causas estructurales o sistémicas que originan los problemas relacionados con el acceso adecuado al agua en Pixyah?
3. ¿Qué prácticas y técnicas pueden proponerse como alternativas viables para enfrentar las causas raíz e integrarse en un plan de intervención que mejore el acceso al agua?

4. ¿Cómo puede darse seguimiento a la implementación del plan de intervención, y qué mecanismos permitirán identificar avances, obstáculos y aprendizajes?

1.4 Hipótesis

La implementación participativa de prácticas y técnicas de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) puede contribuir a mejorar el acceso al agua en Pixyah en términos de suficiencia, sanidad, aceptabilidad, accesibilidad física y asequibilidad.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Contribuir a la mejora del acceso al agua en condiciones de suficiencia, salubridad, aceptabilidad, accesibilidad física y asequibilidad en el municipio de Pixyah, mediante la identificación, difusión e implementación participativa de prácticas y técnicas propias de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH).

1.5.2 Objetivos Específicos

1. Caracterizar la situación actual del recurso hídrico en Pixyah, considerando el suministro, aprovechamiento y tratamiento, así como los actores involucrados, las prácticas existentes en viviendas, y las políticas locales, para identificar los principales problemas relacionados con el acceso al agua bajo criterios de suficiencia, salubridad, aceptabilidad, accesibilidad y asequibilidad.
 - a. Realización de entrevistas a expertos relacionados con la seguridad y abastecimiento del agua.
 - b. Revisión de registros históricos referentes a programas de difusión para que el recurso hídrico sea suficiente, saludable, aceptable, físicamente accesible y asequible.
 - c. Realización de entrevistas referentes a la gestión del agua, a pobladores del municipio.
 - d. Elaboración estadística de resultados a partir de la información recolectada.
 - e. Identificación de los principales factores que conllevan a una gestión inadecuada de los recursos hídricos.
2. Determinar las causas raíz de los problemas identificados.

- a. Elaboración de una lista de causas potenciales de una gestión inadecuada del recurso hídrico.
 - b. Clasificación y agrupamiento de las causas potenciales.
 - c. Elaboración de un diagrama de causa-efecto.
 - d. Aplicación de la técnica 5 por qué para profundizar las causas potenciales.
 - e. Corroboración de las causas consideradas de una gestión inadecuada del agua, que no permiten que el recurso hídrico sea suficiente, saludable, aceptable, físicamente accesible y asequible.
-
3. Determinar las acciones que contribuyan a enfrentar las causas raíz e integrarlas en un plan de intervención.
 - a. Organización de sesiones de generación de ideas de solución, en conjunto con los actores involucrados en la gestión del agua en el municipio.
 - b. Definición de los criterios de selección de las ideas generadas.
 - c. Selección de las ideas de solución con base en los criterios definidos.
 - d. Previsión de los recursos requeridos, plazos de implementación y asignación de responsabilidades para cada idea seleccionada
 - e. Integración de las ideas de solución seleccionadas en un plan de intervención.
-
4. Contribuir a la implementación de las acciones contempladas en el plan de intervención, registrar los avances y obstáculos que se presenten durante el proceso y dar seguimiento a los resultados.
 - a. Realización de entrevistas de concertación y programación detallada con los responsables de la difusión.
 - b. Realización de sesiones para la consecución de los recursos requeridos
 - c. Realización de sesiones con los responsables de la difusión respecto a las técnicas sostenibles hacia la gestión integrada de los recursos hídricos.
 - d. Registro del avance de las acciones implementadas del plan de intervención y análisis de los obstáculos surgidos y formas de superarlos.
 - e. Registro de los resultados obtenidos por cada acción implementada.

5. Evaluar los resultados obtenidos a partir de la implementación del plan de intervención en términos de los impactos directos e indirectos, el avance hacia la GIRH y la satisfacción de funcionarios y participantes.
 - a. Elaboración de gráficas comparativas entre la situación final, la situación planeada y la situación inicial en cada ámbito de desempeño.
 - b. Presentación de la información de los resultados obtenidos a las integrantes responsables de la difusión y a las autoridades del municipio.
 - c. Realización de análisis de resultados complementarios o indirectos de las acciones implementadas
 - d. Realización de análisis de la relevancia de las acciones del plan de intervención que no pudieron ser implementadas.

1.6. Justificación

El El cambio climático, las nuevas modalidades de uso del suelo, la deforestación y la urbanización hacen que la gestión del agua a nivel mundial sea un desafío de alta complejidad. Entre los principales efectos se encuentran la escasez del recurso, la disminución de su calidad, la falta de facilidades sanitarias y los desastres naturales relacionados con el agua, como las inundaciones y las sequías. Se estima que para el año 2030, casi la mitad de la población mundial vivirá en áreas con alto estrés hídrico (UNESCO, 2020).

Actualmente, el 25 % de la población mundial depende de acuíferos cársticos para su abastecimiento de agua, los cuales, debido a su naturaleza geológica, presentan una alta vulnerabilidad a la contaminación. En el caso de México, el acuífero de la península de Yucatán abastece a los estados de Campeche, Quintana Roo y Yucatán, donde habitan aproximadamente 5,107,246 personas (INEGI, 2020).

La búsqueda de alternativas sostenibles para garantizar el acceso al agua forma parte del cumplimiento del derecho humano al agua y es uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas. En este contexto, la presente investigación busca contribuir al desarrollo de herramientas, técnicas y prácticas de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) que orienten a la población de Pixyah hacia una gestión más eficiente y equitativa del agua.

Este trabajo se sustenta en el artículo 4º constitucional, que 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 (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, 2012).

Asimismo, se propone identificar e implementar aquellas técnicas y prácticas que mejor se adapten a las necesidades de los hogares de Pixyah, considerando su eficiencia, costo y viabilidad. La participación comunitaria será un eje clave en este proceso, promoviendo el conocimiento y la apropiación de la GIRH como enfoque integral.

Desde una perspectiva social, esta investigación contribuirá al fortalecimiento de capacidades locales, la generación de hábitos sostenibles y la mejora de la calidad de vida de la población. A nivel ambiental, se espera promover un uso más racional y consciente del recurso hídrico. Finalmente, desde una visión económica, la toma de decisiones basada en evidencia permitirá garantizar la viabilidad y replicabilidad de las soluciones propuestas, tanto en Pixyah como en otras comunidades del estado.

Además, la investigación tiene un valor académico y científico al aportar evidencia empírica sobre la aplicación comunitaria de la GIRH, un tema que ha sido poco explorado en el contexto rural del sureste mexicano. A través de una intervención participativa, se espera generar un modelo replicable que integre la dimensión técnica con el conocimiento local y las dinámicas sociales específicas del territorio.

En términos metodológicos, el enfoque participativo que se empleará permitirá sistematizar prácticas que articulan la sabiduría local con estrategias técnicas, lo cual puede enriquecer futuras investigaciones e intervenciones públicas. Esta sinergia tiene el potencial de construir soluciones contextualizadas, culturalmente pertinentes y sostenibles en el tiempo.

Por último, cabe destacar que la comunidad de Pixyah posee particularidades sociales y territoriales que justifican una atención diferenciada. Sus patrones de organización, su cosmovisión y su forma de interactuar con el entorno requieren de una gestión del agua sensible a su identidad y contexto. De este modo, la presente tesis pretende abrir camino a nuevas investigaciones que fortalezcan la gestión hídrica comunitaria en otras regiones con condiciones similares.

Capítulo II. Marco Teórico

2.1 Crisis del Desarrollo

El concepto de desarrollo ha estado en el centro del debate académico y político durante décadas. Originalmente formulado desde una visión occidental moderna, el desarrollo se promovió como un ideal universal aplicable a todas las sociedades, especialmente en el contexto de la posguerra. Sin embargo, esta noción ha sido criticada por reproducir patrones de poder colonial y no considerar las realidades, cosmovisiones y aspiraciones de los pueblos del sur global (Quijano, 2000). De esta manera, el desarrollo dejó de ser una vía de emancipación para convertirse en un dispositivo de subordinación cultural, política y económica.

Diversas políticas y programas impulsados por organismos internacionales, como el Fondo Monetario Internacional (FMI), el Banco Mundial y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), han perpetuado este modelo a través de planes estructurales que muchas veces desarticulan capacidades locales de gestión y reproducción de la vida. De acuerdo con Dolcetti y Ayllón (2014), la aplicación de estos planes en América Latina ha estado marcada por el fracaso debido a que ignoran los contextos culturales y sociales de las comunidades, privilegiando una visión tecnocrática del bienestar. En consecuencia, países en vías de desarrollo han buscado alternativas, lo que Unceta (2013) llama el “rumbo propio a la región”, en referencia a los esfuerzos por construir formas de desarrollo más autónomas y arraigadas en las matrices regionales y multiculturales.

La pandemia de COVID-19 acentuó aún más las limitaciones del modelo dominante. A pesar de la existencia de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) y su posterior transición a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), se evidenció la fragilidad estructural de muchos países y la exclusión persistente de amplios sectores sociales. Bernal Acosta (2020) señala que esta crisis global puso a prueba la resiliencia social, mostrando que los avances en desarrollo eran más discursivos que estructurales. La pandemia obligó a replantear las prioridades y a reconocer la importancia de sistemas más resilientes, equitativos y sostenibles.

Como respuesta crítica a estas limitaciones, han emergido paradigmas alternativos al desarrollo. Entre ellos destacan el Buen Vivir, el posdesarrollo y el decrecimiento, los cuales cuestionan la noción de crecimiento económico ilimitado y el carácter unidimensional del desarrollo tradicional (Escobar, 2005; Gudynas, 2011). Estos enfoques proponen modelos basados

en la justicia social, la armonía con la naturaleza, la autodeterminación de los pueblos y la diversidad cultural como ejes centrales del bienestar.

Esta crisis del desarrollo también ha tenido implicaciones profundas en la gestión de los bienes comunes, como el agua. La promoción de megaproyectos de infraestructura, el uso intensivo de los recursos naturales y la expansión de modelos extractivos han generado múltiples conflictos socioambientales, especialmente en comunidades rurales e indígenas (Martínez Ruiz et al., 2017). En este sentido, el agua ha dejado de entenderse como un derecho para convertirse en un insumo productivo, afectando directamente la disponibilidad, calidad y gobernanza del recurso.

Por lo tanto, comprender la crisis del modelo de desarrollo dominante resulta clave para contextualizar las dificultades actuales en torno a la gestión del agua. En el caso del municipio de Pixyah, Yucatán, analizar críticamente el concepto de desarrollo y sus implicaciones permite visibilizar la necesidad de modelos alternativos de gestión hídrica centrados en la participación comunitaria, el respeto a los conocimientos tradicionales y la sostenibilidad a largo plazo.

2.2 Capitaloceno y el Poder sobre el Agua: Crítica al Modelo Civilizatorio Dominante

El término *capitaloceno* surge como una crítica al concepto de *antropoceno*, el cual ha sido utilizado para explicar la actual crisis ambiental como resultado de la acción humana en general. Sin embargo, autoras como Donna Haraway (2015) y Maristella Svampa (2021) han señalado que no toda la humanidad ha contribuido por igual a esta crisis, sino que es el sistema capitalista global con sus patrones de acumulación, consumo y explotación el que debe ser considerado como el principal motor del colapso ecológico. Es decir, el capitaloceno apunta al análisis estructural de las relaciones entre capital, naturaleza y poder, subrayando que es el capitalismo el que moldea las formas en que la humanidad se relaciona con el entorno no humano.

Este enfoque propone que los daños ecológicos no pueden entenderse sin considerar la lógica de “abaratamiento” que describe Patel y Moore (2019): una estrategia mediante la cual el capitalismo transforma trabajo humano y no humano (incluyendo a la naturaleza) en elementos explotables y desechables. En esta lógica, el agua es “puesta a trabajar” como un insumo más, abaratado en su forma, uso y acceso, lo cual implica su extracción sin reparar en impactos sociales o ecológicos. Este proceso invisibiliza el trabajo de comunidades, mujeres y ecosistemas que sostienen el ciclo hidrosocial.

El *capitaloceno*, por tanto, denuncia no sólo la mercantilización de la naturaleza, sino la construcción de un orden político, económico y cultural que legitima y reproduce esa apropiación sistemática. En palabras de Jason W. Moore (2016), el *capitaloceno* es una forma histórica de organización del mundo donde la naturaleza es externalizada para alimentar procesos de acumulación, lo que ha implicado la subordinación de territorios, saberes y formas de vida distintas a las lógicas del capital global.

En el caso específico del agua, esto se manifiesta en los procesos de privatización, acaparamiento, infraestructura extractiva (como represas o desviación de cauces), y el uso preferencial del recurso por sectores productivos (minería, agroindustria, turismo) en detrimento del uso comunitario y doméstico. Tal como advierte Swyngedouw (2004), el agua se convierte en un elemento profundamente político, cuya gestión implica disputas por el poder, la legitimidad y el control territorial. Estas dinámicas refuerzan desigualdades históricas y generan nuevos conflictos sociales.

Harvey (2005) advierte que la globalización neoliberal ha intensificado este patrón, transfiriendo el poder de decisión sobre recursos vitales como el agua a actores privados, marginando la gobernanza comunitaria e invisibilizando los derechos colectivos. En países del Sur Global, esto se traduce en despojos, criminalización de defensores del agua y conflictos socioambientales que involucran comunidades rurales, pueblos indígenas y movimientos sociales que resisten la mercantilización del recurso hídrico (Zibechi, 2012; Gudynas, 2016).

La crítica desde el *capitaloceno* también hace eco de propuestas como la ecología política, el feminismo ambiental y las epistemologías del sur, que ponen en el centro las formas alternativas de relación con el agua y la naturaleza. Estas perspectivas no sólo denuncian, sino que plantean horizontes de transformación basados en la reciprocidad, la territorialidad, la autogestión y el buen vivir.

Por lo tanto, abordar el agua desde el *capitaloceno* implica comprender su dimensión ecológica, política y simbólica, reconociendo que la crisis actual no es sólo hídrica sino civilizatoria. Frente a ello, enfoques como la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), cuando se articulan con procesos comunitarios, pueden ofrecer rutas de resistencia y reconfiguración, en contraste con la lógica extractiva impuesta por el paradigma dominante.

2.3 Política Económica Neoliberal y la Gestión del Agua

La política económica neoliberal, consolidada desde la década de 1980, ha promovido la reducción del papel del Estado en la gestión de los bienes comunes y el fortalecimiento del mercado como mecanismo principal de asignación de recursos. En el ámbito del agua, esta lógica ha impulsado procesos de privatización, descentralización y mercantilización del recurso hídrico en diversas regiones del mundo, especialmente en América Latina (Bakker, 2007).

Desde esta perspectiva, el agua deja de concebirse como un bien público o derecho humano para pasar a tratarse como un bien económico sujeto a las reglas de la oferta y la demanda. Esta transformación ha sido ampliamente documentada en países como Chile, donde la Ley de Aguas de 1981 estableció un mercado de derechos de agua que ha favorecido la concentración del recurso en manos de grandes actores económicos (Budds, 2004). En México, los programas de ajuste estructural implementados en las décadas de 1980 y 1990 promovieron la descentralización de la gestión del agua y la creación de organismos operadores, lo cual en muchos casos implicó una transferencia de responsabilidades sin los recursos suficientes, debilitando la capacidad de gestión pública (Castro, 2006).

Estos procesos neoliberales también han generado conflictos socioambientales, al priorizar el uso productivo del agua, como en la agroindustria o la minería, por encima de su función social y ambiental. La lógica de rentabilidad se ha traducido en tarifas inaccesibles para sectores vulnerables, deterioro de infraestructuras comunitarias y exclusión de formas tradicionales de manejo del agua (Perreault, 2008).

La gestión del agua bajo el paradigma neoliberal ha sido criticada por despojar a las comunidades de su derecho a decidir sobre sus territorios y recursos. En respuesta, han emergido alternativas desde la sociedad civil y los movimientos sociales que reivindican la gestión comunitaria, la recuperación del control público del agua y el reconocimiento del agua como derecho humano, como se evidenció en las luchas de la “Guerra del Agua” en Cochabamba, Bolivia (Olivera, 2004).

Por ello, es fundamental analizar críticamente la influencia del neoliberalismo en los marcos institucionales, normativos y operativos que rigen el acceso y la gestión del agua, especialmente en comunidades rurales como Pixyah. La GIRH, en este contexto, puede constituirse como una herramienta para contrarrestar esta lógica, siempre que se fundamente en la

participación comunitaria, el reconocimiento de saberes locales y la defensa del agua como bien común.

2.4 Impacto Socioambiental

El impacto socioambiental se refiere a los efectos que tienen las acciones humanas en el medio ambiente y en la sociedad. Estos efectos pueden ser positivos o negativos y pueden ser evaluados en diferentes niveles, desde el impacto local hasta el impacto global (Ramírez & García, 2020). El impacto socioambiental en el recurso hídrico es una problemática global que se ha convertido en una preocupación cada vez mayor debido a su relación con la calidad de vida de las personas y la sostenibilidad del medio ambiente. Las actividades humanas como la agricultura intensiva, la industria y el desarrollo urbano han tenido un efecto significativo en la disponibilidad y calidad del agua dulce en todo el mundo. La contaminación de las fuentes de agua, el agotamiento de los acuíferos y la alteración de los patrones de lluvia son algunos de los problemas que enfrentan muchas comunidades a nivel mundial (Gobierno de México, 2022). Esta problemática no sólo afecta la disponibilidad de agua para el consumo humano, sino que también tiene un impacto en la biodiversidad y los ecosistemas acuáticos, lo que a su vez afecta a la pesca y a la agricultura. Para abordar esta problemática es necesario llevar a cabo medidas efectivas para la protección y conservación del recurso hídrico, así como implementar políticas y prácticas sostenibles que reduzcan el impacto ambiental de las actividades humanas (Peña García, 2007).

Un ejemplo relevante de estudios en esta área es la situación en el oriente de Antioquia, donde el modelo de desarrollo aprovecha los recursos naturales, especialmente el agua, para la generación de energía. Sin embargo, diversos proyectos en esta región han tenido tanto impactos positivos como negativos, dejando efectos duraderos. En el municipio de Cocorná, la construcción de la PCH Cocorná I ha causado descontento y desconfianza entre la comunidad debido a experiencias previas similares. Los residentes se oponen al proyecto debido a cambios en sus costumbres y modos de vida, desplazamientos forzosos y modificaciones en el uso del suelo. Esto ha derivado en un conflicto socioambiental, con la comunidad solicitando la revocación de la licencia concedida. Aunque la construcción de la PCH Cocorná I sigue en marcha, es crucial restaurar la confianza perdida y colaborar con la sociedad para evaluar de manera precisa las repercusiones ambientales, sociales y económicas de tales proyectos, con el fin de gestionar y manejar adecuadamente estos proyectos y los conflictos asociados (Román González, 2021).

Se han planteado soluciones para las problemáticas socioambientales. Tal es el caso de Costa Rica, donde se desarrolló un modelo estadístico para predecir la calidad del agua superficial utilizando variables del entorno socioambiental en microcuencas. Se seleccionaron microcuencas en el Gran Área Metropolitana y la Península de Osa como zonas de estudio. El modelo desarrollado demostró ser un buen predictor con un coeficiente de determinación del 80,0% y una desviación estándar del 11%. Este modelo puede ser utilizado como herramienta confiable y de fácil interpretación por el personal que trabaja en programas de gestión ambiental y ordenamiento territorial (de Jesús Calvo Brenes, 2013).

En el cantón Guano, en Ecuador, se analizó el impacto ambiental y social del sistema Yanarumi, una técnica ancestral de recolección de agua pluvial. El sistema consiste en una excavación sin recubrimiento que recoge la precipitación y la transporta hacia una vertiente para su uso. Los resultados mostraron impactos negativos durante la etapa de construcción, pero positivos en la etapa de operación, con un retorno social de la inversión beneficio/costo de 4.26 USD. Se sugiere que estos sistemas de recolección de agua son amigables con el ambiente y que es conveniente implementar sistemas ancestrales de aprovechamiento del agua en áreas con deficiencia de agua (Calahorrano et al., 2021).

En México, existen varios megaproyectos impulsados por el Estado, como presas, carreteras y aeropuertos, con objetivos paralelos que benefician los intereses privados en lugar del interés general. A menudo, el Estado utiliza la justificación del interés público para impulsar los intereses de los grupos de poder locales, regionales y transnacionales, lo que resulta en costos sociales, ambientales, económicos y financieros asumidos por toda la sociedad, mientras que los beneficios son concentrados en manos de unos pocos. La inversión pública y la expropiación de tierras son cruciales para llevar a cabo estos proyectos, y la resistencia local es frecuentemente suprimida por el Estado mediante la desinformación, la falta de consultas a la población, la cooptación de líderes locales y el uso de violencia tanto física como psicológica. La privatización de los recursos naturales y la flexibilización de las leyes agravan el problema, y la ausencia de mecanismos institucionales para resolver las tensiones y conflictos sobre el control del agua y del territorio provoca conflictos y violaciones de derechos humanos, afectando especialmente a las comunidades indígenas y campesinas. Ejemplos incluyen el Acueducto Independencia, objeto de oposición por parte de un grupo diverso de actores regionales, en su mayoría asentados en el Valle

del Yaqui, y la reforma energética que ha intensificado la explotación en la zona de Poza Rica, generando movilizaciones y manifestaciones (Martínez Ruiz et al., 2017, pp. 7–188).

Además, es importante señalar que la evaluación de los impactos socioambientales debe estar respaldada por marcos normativos sólidos. En México, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) establece la obligación de realizar evaluaciones de impacto ambiental (EIA) en proyectos que puedan afectar al medio ambiente. Sin embargo, diversos estudios han documentado deficiencias en su implementación, especialmente en zonas rurales e indígenas donde la participación social efectiva no se garantiza y el enfoque técnico predomina sobre el enfoque social y cultural.

Finalmente, es fundamental visibilizar que los impactos socioambientales del agua afectan de forma diferenciada a distintos grupos sociales. Las mujeres y los pueblos indígenas, al ser históricamente guardianes del territorio y el agua, no solo han sido afectados por la degradación ambiental, sino que han desempeñado un papel activo en la defensa del agua como bien común. Su participación fortalece los procesos comunitarios, aporta conocimientos ancestrales y promueve alternativas sostenibles con una fuerte raíz ética y cultural.

En función a lo analizado, conocer los impactos socioambientales en el recurso hídrico es esencial para proteger el medio ambiente, la salud pública, el desarrollo sostenible y enfrentar los desafíos del cambio climático.

2.5 Enfoques Alternativos al Paradigma Dominante

El modelo económico dominante, heredado de la Revolución Industrial, ha promovido un patrón de desarrollo basado en la lógica de “extraer-fabricar-eliminar”, lo cual ha conducido a un uso intensivo de los recursos naturales y al aumento desmedido de los niveles de consumo. Esta lógica productivista, centrada en la acumulación de bienes y capital, ha generado una cultura de obsolescencia programada, donde los productos se sustituyen continuamente por nuevos, exacerbando la presión sobre los ecosistemas (Martínez, 2018). Como respuesta a esta crisis ambiental y social, han surgido diversas propuestas que buscan replantear la relación entre la humanidad y la naturaleza, entre las que destacan la economía circular, el decrecimiento, la economía del bien común y el enfoque del buen vivir.

La economía circular propone una transición hacia modelos económicos donde los residuos son eliminados desde el diseño, se promueve el uso compartido de bienes duraderos, se fomenta

el reciclaje y la reutilización, y se emplean fuentes de energía renovable. Esta visión busca reducir la dependencia de los recursos finitos y aumentar la resiliencia de los sistemas sociales y ecológicos. Se fundamenta en principios como la regeneración del capital natural, la optimización de los recursos y la eliminación de externalidades negativas mediante el uso eficiente de la energía y la innovación tecnológica (Martínez, 2018, pp. 312–314).

Por otro lado, el enfoque del decrecimiento plantea una crítica estructural al paradigma del desarrollo basado en el crecimiento económico ilimitado. Este enfoque sostiene que es inviable mantener el crecimiento constante en un planeta con límites ecológicos, y promueve una reorganización de las sociedades hacia modelos de vida más austeros, cooperativos y sostenibles. El decrecimiento se presenta no como una recesión, sino como una propuesta ética y política orientada a la reducción voluntaria de la producción y el consumo, priorizando el bienestar colectivo y la equidad (Díaz, 2014).

La economía del bien común constituye otra alternativa que propone reorientar los sistemas económicos para que su principal objetivo sea el bienestar de las personas y del entorno. Bajo este enfoque, el éxito económico no se mide únicamente a través de indicadores como el PIB, sino mediante parámetros que evalúan el impacto social y ambiental de las actividades económicas. La propuesta se fundamenta en valores como la solidaridad, la justicia social, la sostenibilidad ecológica y la participación democrática. En el ámbito agroecológico, por ejemplo, se ha utilizado como herramienta para medir el impacto positivo de las prácticas agrícolas sostenibles en el tejido social (Campos et al., 2022).

Asimismo, el enfoque del buen vivir (*sumak kawsay*) surge desde las cosmovisiones indígenas andinas como una crítica al modelo occidental de desarrollo. Este paradigma postula que el bienestar humano está intrínsecamente vinculado al equilibrio con la naturaleza, la vida comunitaria, la diversidad cultural y la espiritualidad. A diferencia del desarrollo convencional, el buen vivir no persigue el progreso material ilimitado, sino la armonía con el entorno, la autosuficiencia y la autonomía de los pueblos. Esta visión ha influido en procesos de gestión comunitaria del agua, en los que se promueve una relación ética y respetuosa con el territorio, como lo documenta Gunther (2014) en el contexto ecuatoriano.

Estas propuestas convergen en el cuestionamiento del paradigma hegemónico de la sostenibilidad ambiental promovido por los grandes organismos internacionales, y en la necesidad de construir modelos alternativos desde los saberes locales, la participación comunitaria y el

respeto por los límites ecológicos. Al integrar estas perspectivas en el análisis de la gestión del agua, especialmente en contextos rurales como el de Pixyah, se abre la posibilidad de diseñar intervenciones más pertinentes, culturalmente adecuadas y sostenibles a largo plazo.

2.6 Desarrollo Sustentable

Desde sus comienzos, las teorías del desarrollo se han enfocado en estudiar las modificaciones en las estructuras económicas de las sociedades a mediano y largo plazo, junto con las barreras estructurales que impiden dichos cambios en contextos considerados como subdesarrollados, dependientes, periféricos o emergentes (Garza, 2008). Estas teorías, muchas de ellas con una fuerte impronta occidental, han sido replicadas en el Sur Global como modelos a seguir, lo que ha generado una serie de tensiones entre la visión hegemónica del desarrollo y las realidades locales. El desarrollo, en sus versiones tradicionales, ha sido cuestionado por su enfoque economicista, lineal y vertical, que suele invisibilizar las dinámicas culturales, políticas y ambientales de las comunidades receptoras de estos modelos.

En este contexto, durante la década de 1980 surgió la noción de desarrollo sostenible (o sustentable) como una propuesta que buscaba conciliar el crecimiento económico con la conservación ambiental y la equidad social. Esta idea, que se institucionalizó con el informe Brundtland de 1987, elaborado por la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de las Naciones Unidas, definió al desarrollo sostenible como aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (Daniel & Tejeda, 2016). La inclusión de esta perspectiva representó un hito en la agenda global, ya que por primera vez se reconocía oficialmente la interdependencia entre los factores ambientales, sociales y económicos.

Posteriormente, en la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro en 1992, se consolidó la Agenda 21 como un plan de acción global para el desarrollo sostenible. Esta agenda promovía la equidad intergeneracional, la participación ciudadana, la gestión ambiental y la cooperación internacional como pilares para alcanzar un modelo más justo y resiliente. A lo largo de las décadas siguientes, el concepto de desarrollo sostenible se fue incorporando en múltiples tratados internacionales, como el Protocolo de Kioto (1997), y en la formulación de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), promovidos por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

No obstante, el desarrollo sostenible también ha sido objeto de crítica. Diversos autores advierten que su uso se ha vuelto excesivamente difuso y maleable, lo que ha facilitado su apropiación por parte de agendas económicas neoliberales sin que se produzcan transformaciones estructurales reales. Vanhulst (2013) sostiene que existe un discurso hegemónico del desarrollo sostenible promovido por organismos multilaterales y agencias internacionales, el cual se basa en una visión tecnocrática y universalizante que ignora la diversidad cultural, las asimetrías de poder y las desigualdades estructurales entre países. Este discurso, aunque aparentemente inclusivo, muchas veces reproduce lógicas extractivistas bajo un ropaje verde o "verde lavado" (greenwashing).

A pesar de estas críticas, el concepto de desarrollo sostenible continúa siendo un eje central en la formulación de políticas públicas, planes gubernamentales y estrategias empresariales. Su alcance abarca múltiples dimensiones. En primer lugar, promueve un crecimiento económico que, además de ser eficiente, debe ser equitativo y sostenible en el tiempo. Esto implica reducir las desigualdades, mejorar la distribución de los recursos y generar oportunidades para todos los sectores de la población, especialmente para aquellos que históricamente han sido marginados (Larrouyet, 2015).

En segundo lugar, el desarrollo sostenible reconoce la importancia de conservar y utilizar de forma responsable los recursos naturales. Esta dimensión ambiental incluye acciones como la preservación de la biodiversidad, la gestión integrada de los recursos hídricos, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la promoción de energías renovables. Díaz et al. (2009) destacan que sin una base ecológica sólida, los esfuerzos de desarrollo pierden sostenibilidad en el largo plazo.

Una tercera dimensión es la social, que busca garantizar el bienestar de la población, el acceso universal a servicios básicos como educación, salud y vivienda, así como la promoción de la igualdad de género, los derechos humanos y la participación ciudadana. Se reconoce que la sostenibilidad no puede alcanzarse sin justicia social y sin procesos democráticos e inclusivos.

Finalmente, el desarrollo sostenible incluye una dimensión global que enfatiza la necesidad de cooperación internacional y solidaridad entre países y regiones. Se promueve el comercio justo, la transferencia tecnológica, la ayuda al desarrollo y la colaboración frente a desafíos comunes como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad o las crisis humanitarias (Vila & Buxarrais, 2010). Este enfoque multiescalar busca construir alianzas que permitan compartir

responsabilidades y beneficios, evitando que los costos ambientales y sociales recaigan desproporcionadamente en los países más pobres.

En síntesis, el desarrollo sostenible ha evolucionado de ser un concepto normativo a convertirse en un paradigma amplio y multifacético, con múltiples interpretaciones y aplicaciones. Aunque su implementación enfrenta retos estructurales, culturales y políticos, sigue representando un horizonte deseable para pensar la transformación de nuestras sociedades hacia formas de vida más equilibradas, justas y respetuosas del entorno natural. Para el caso de comunidades rurales como Pixyah, integrar los principios del desarrollo sostenible —desde una perspectiva crítica, situada y participativa— puede ser clave para avanzar hacia una gestión comunitaria del agua que no sólo sea técnicamente eficiente, sino también socialmente justa y ambientalmente sustentable.

2.7 Dimensiones de la Sustentabilidad

La sustentabilidad, entendida como la capacidad de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras (Brundtland, 1987), constituye un principio rector en la construcción de modelos de desarrollo alternativos. A partir de esta definición ampliamente difundida, se ha conceptualizado que la sustentabilidad se articula en torno a tres dimensiones interdependientes: la económica, la social y la ambiental. Estas dimensiones, lejos de operar de manera aislada, se entrelazan en una lógica sistémica que exige abordajes integrales y participativos para enfrentar los desafíos contemporáneos.

La dimensión económica de la sustentabilidad no se limita al crecimiento económico per se, sino que promueve una economía equitativa, resiliente y capaz de generar bienestar sin depredar los ecosistemas ni reproducir desigualdades estructurales. Esta dimensión plantea la necesidad de construir sistemas económicos que fomenten la distribución justa de la riqueza, el empleo digno, la innovación con sentido social y la eficiencia en el uso de los recursos (Herrero, 2002). Desde esta perspectiva, el enfoque se aleja del paradigma neoliberal que prioriza la maximización del beneficio privado y se orienta hacia una economía que internalice los costos ambientales y sociales de sus actividades (Gudynas, 2011).

En cuanto a la dimensión social, la sustentabilidad implica garantizar condiciones de vida dignas para todas las personas, con especial énfasis en la equidad de género, el respeto por la diversidad cultural, el acceso a servicios básicos y la participación democrática. Este componente reconoce que no puede haber sustentabilidad sin justicia social, y que los problemas ecológicos

muchas veces son también el reflejo de exclusiones históricas y asimetrías de poder (Sen, 2000). Promover la cohesión social, fortalecer los lazos comunitarios y respetar los derechos colectivos —especialmente de pueblos indígenas y comunidades rurales— son elementos esenciales para construir sociedades verdaderamente sustentables (Acosta, 2016).

Por su parte, la dimensión ambiental se centra en la conservación y regeneración de los ecosistemas, así como en la gestión responsable de los recursos naturales. Esta dimensión exige un cambio profundo en la relación entre las sociedades humanas y la naturaleza, avanzando hacia una lógica de cuidado, límites y reciprocidad. Implica reducir significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero, proteger la biodiversidad, restaurar suelos, bosques y cuerpos de agua, y transitar hacia sistemas energéticos limpios y renovables (Tonolli, 2019), (Leff, 2004). Además, esta dimensión se vincula directamente con la resiliencia socioecológica, es decir, la capacidad de los territorios para adaptarse a crisis ambientales como el cambio climático o la pérdida de servicios ecosistémicos.

Diversos autores y organismos internacionales coinciden en que la sustentabilidad solo puede alcanzarse cuando estas tres dimensiones se integran de manera equilibrada. Sin embargo, en la práctica, suelen existir tensiones entre ellas. Por ejemplo, ciertas estrategias de crecimiento económico pueden entrar en contradicción con la conservación ambiental, o con la equidad social si no consideran mecanismos redistributivos o participativos. De ahí la importancia de adoptar enfoques de gobernanza que permitan tomar decisiones desde la intersección de estas dimensiones, privilegiando el interés común y el bienestar de las generaciones futuras.

En contextos rurales como el de Pixyah, estas tres dimensiones deben ser traducidas en prácticas concretas que respeten los saberes locales, la autodeterminación comunitaria y la protección del entorno. La gestión del agua, como recurso vital y símbolo de lo común, es una de las áreas clave donde se expresa la posibilidad de articular la sustentabilidad en sus tres niveles. Una política hídrica verdaderamente sustentable no solo garantizará el acceso al recurso, sino que también deberá fortalecer la organización comunitaria, respetar los ciclos naturales y asegurar la equidad en su distribución y uso.

2.8 Descolonialidad y Buenos Vivires

La descolonialidad es una corriente crítica que busca dismantelar las estructuras de poder y conocimiento impuestas durante la colonización, las cuales perduran en las sociedades

contemporáneas. Este enfoque cuestiona la hegemonía de las epistemologías occidentales y reivindica saberes y prácticas ancestrales que han sido históricamente marginados. Aníbal Quijano introdujo el concepto de “colonialidad del poder” para describir cómo las relaciones coloniales han configurado las dinámicas sociales, políticas y económicas actuales, perpetuando formas de dominación y exclusión (Quijano, 2012).

En este contexto, el Buen Vivir emerge como una propuesta alternativa al modelo de desarrollo occidental. Inspirado en las cosmovisiones indígenas de América Latina, especialmente de los pueblos andinos, el Buen Vivir plantea una vida en armonía con la naturaleza, la comunidad y uno mismo, alejándose de la lógica del crecimiento económico ilimitado. Autores como Alberto Acosta han profundizado en este concepto, señalando que el Buen Vivir no es una simple adaptación de las nociones occidentales de bienestar, sino una ruptura epistemológica que propone una relación distinta entre los seres humanos y su entorno (Acosta, 2013).

Desde la perspectiva del posdesarrollo, Arturo Escobar argumenta que el Buen Vivir representa una crítica radical a las narrativas hegemónicas de desarrollo, proponiendo en su lugar la construcción de “pluriversos”, es decir, múltiples formas de vida y convivencia que coexisten sin subordinarse a una única visión dominante (Escobar, 2014). Gustavo Esteva, por su parte, destaca la importancia de descolonizar el pensamiento y las prácticas cotidianas, promoviendo alternativas al desarrollo que surjan desde las comunidades y sus realidades específicas (Esteva, 2012).

En el ámbito académico mexicano, Boris Marañón Pimentel ha coordinado trabajos que analizan la intersección entre el Buen Vivir y la descolonialidad, ofreciendo críticas al desarrollo y a la racionalidad instrumental que lo sustenta (Marañón, 2020). Asimismo, Ana Esther Ceceña ha aportado al debate desde una mirada geopolítica, analizando cómo las dinámicas de poder globales influyen en las posibilidades de implementar modelos alternativos de vida y desarrollo en América Latina (Ceceña, 2010).

Además de los aportes académicos, es esencial reconocer las voces de líderes indígenas que, desde la práctica y la resistencia cotidiana, encarnan y defienden los principios del Buen Vivir. Moira Millán, activista mapuche, enfatiza la conexión espiritual con el territorio y denuncia las agresiones que sufren las comunidades indígenas y sus tierras ancestrales. Davi Kopenawa, chamán y portavoz del pueblo yanomami, advierte sobre las consecuencias devastadoras de la explotación de la Amazonia y llama a una mayor conciencia y respeto hacia la naturaleza.

Incorporar estas perspectivas en el análisis de la descolonialidad y los Buenos Vivires permite una comprensión más profunda y diversa de estos conceptos, enriqueciendo el debate y abriendo caminos hacia prácticas más justas y sostenibles en nuestras sociedades.

2.9 Agua y Sustentabilidad

El agua es un recurso vital para la vida, el desarrollo y el funcionamiento de los ecosistemas. Sin embargo, su gestión enfrenta desafíos crecientes derivados de la presión demográfica, la expansión de actividades económicas, la contaminación y los efectos del cambio climático. En este contexto, la sustentabilidad del agua se ha convertido en un principio fundamental que busca garantizar el acceso equitativo al recurso, su uso eficiente y su conservación para las generaciones presentes y futuras (Cruz & Martínez, 2015).

La noción de sustentabilidad hídrica se enmarca dentro del paradigma de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), la cual propone un abordaje holístico que considera simultáneamente los factores ecológicos, sociales, económicos y culturales involucrados en la gestión del agua (GWP, 2000). Este enfoque reconoce la interdependencia entre cuencas, usuarios, instituciones y ecosistemas, promoviendo la coordinación entre los diferentes actores involucrados, y una toma de decisiones participativa y contextualizada.

Uno de los elementos centrales en el debate sobre la sustentabilidad del agua es la distribución desigual del recurso y la existencia de “mapas de escasez” que no responden únicamente a condiciones naturales, sino que son construcciones políticas que reflejan dinámicas de poder, exclusión y despojo (Boelens, 2015). En muchos contextos rurales e indígenas, como el caso de Pixyah, Yucatán, la disponibilidad del agua no solo depende de la infraestructura hidráulica o la cantidad de precipitación, sino de las estructuras institucionales que determinan quién tiene acceso, cómo y para qué fines.

El cambio climático exacerba esta situación, alterando los ciclos hidrológicos y aumentando la frecuencia e intensidad de fenómenos extremos como sequías e inundaciones. De acuerdo con la ONU-Agua (2020), se estima que para 2050 más de la mitad de la población mundial vivirá en zonas con escasez de agua. Frente a este panorama, la sustentabilidad del agua implica no solo adoptar tecnologías más eficientes o fortalecer marcos normativos, sino también transformar los modelos de producción y consumo que sostienen el uso intensivo y degradante del recurso.

Desde las perspectivas críticas, se ha cuestionado que muchas iniciativas de sustentabilidad hídrica reproducen lógicas tecnocráticas y excluyen las voces de las comunidades locales. Como señala Bebbington (2009), el conocimiento técnico no puede imponerse sobre los saberes territoriales sin generar conflictos, deslegitimación y resistencia. Por ello, se requiere avanzar hacia modelos de gobernanza que reconozcan la pluralidad de conocimientos y la autonomía de los pueblos para gestionar sus recursos hídricos conforme a sus prácticas culturales y ecológicas.

En este sentido, la sustentabilidad del agua debe entenderse como una construcción social y política que exige diálogo intercultural, equidad en el acceso, respeto por los derechos humanos y compromiso ético con la preservación de la vida. Promover este tipo de sustentabilidad implica desafiar la mercantilización del agua y reconocerla como un bien común, esencial para la dignidad humana, la soberanía alimentaria y la justicia ambiental.

2.10 Agua como Recurso vital

El agua es un recurso esencial e insustituible para la vida, que cumple funciones ecológicas, sanitarias, culturales, sociales y económicas. Su disponibilidad y calidad condicionan directamente el bienestar humano, la salud pública, la seguridad alimentaria y la resiliencia de los ecosistemas. Sin embargo, a pesar de su centralidad para la vida, el acceso al agua continúa siendo profundamente desigual en muchas regiones del mundo. La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que más de 2.200 millones de personas carecen de acceso a agua potable segura, situación que representa una de las formas más graves de injusticia ambiental y social (OMS & UNICEF, 2021).

La importancia del agua trasciende la satisfacción de las necesidades básicas. Es también un recurso estratégico para la agricultura —actividad que representa cerca del 70% del consumo mundial de agua dulce—, así como para la industria, la generación de energía, el turismo y otros sectores económicos (FAO, 2017). En contextos de acelerado crecimiento urbano y cambio climático, su gestión se ha vuelto cada vez más compleja, y los conflictos por su uso se han intensificado tanto a nivel local como transfronterizo (Bakker, 2010).

Diversos estudios han advertido sobre la creciente presión sobre los sistemas hídricos del planeta, derivada de la sobreexplotación de acuíferos, la contaminación de ríos y lagos, la deforestación de cuencas, y la expansión de modelos productivos insostenibles como la agroindustria intensiva o la megaminería (Barlow, 2013; Martínez-Alier, 2004). A esto se suma la

crisis climática, que ha modificado los patrones de lluvia y ha intensificado eventos extremos como sequías prolongadas e inundaciones severas, afectando tanto la disponibilidad como la calidad del agua (IPCC, 2022).

En este contexto, la sostenibilidad hídrica no puede ser entendida únicamente como una meta técnica o de eficiencia, sino como una cuestión profundamente política y ética. Diversos autores señalan que el acceso al agua debe ser garantizado como un derecho humano fundamental, consagrado por la Asamblea General de las Naciones Unidas en 2010 (Mehta, 2014). No obstante, en la práctica, persisten modelos de gestión que promueven la privatización, la mercantilización y el control del agua por parte de actores económicos poderosos, desplazando a comunidades rurales, pueblos indígenas y sectores populares (Castro, 2006; Olivera, 2004).

Las estrategias de gestión sostenible del agua deben, por tanto, integrar múltiples dimensiones: la protección de los ecosistemas acuáticos, la equidad en el acceso, el fortalecimiento de la participación comunitaria y el respeto a los saberes locales. Se requiere adoptar un enfoque de gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH), que considere a las cuencas como unidades socioecológicas complejas y fomente la coordinación entre actores gubernamentales, sociedad civil, academia y sector privado (UNESCO, 2019).

Asimismo, es fundamental repensar la noción de “recurso” asociada al agua, que muchas veces implica una visión utilitarista y antropocéntrica. Desde enfoques poscoloniales, ecologistas y feministas del sur global, se ha propuesto reconocer al agua como sujeto de derecho, o como parte de redes de vida que merecen respeto y cuidado, tal como plantean las cosmovisiones indígenas en América Latina (Gudynas, 2011; Escobar, 2014).

En suma, el agua no solo es vital para la vida humana, sino para la continuidad de todos los sistemas de vida en el planeta. Su gestión ética, democrática y sustentable es indispensable para avanzar hacia sociedades más justas, resilientes y en armonía con la naturaleza.

2.11 Derecho Humano al Agua

El derecho humano al agua es un principio fundamental que reconoce el acceso equitativo, suficiente, seguro y asequible al agua potable y al saneamiento como una condición indispensable para el ejercicio de todos los demás derechos humanos. La Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció este derecho en 2010 mediante la Resolución 64/292, la cual subraya que el agua limpia y el saneamiento son esenciales para la realización de una vida digna (ONU, 2010).

Este reconocimiento marcó un punto de inflexión en la gobernanza global del agua, desplazando la visión meramente económica o instrumental del recurso hacia una perspectiva basada en la justicia, la equidad y la dignidad humana. Según el Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales de las Naciones Unidas (2002), el derecho humano al agua exige que este recurso esté disponible en cantidades suficientes, sea físicamente accesible, seguro para el consumo, aceptable culturalmente y económicamente asequible para todos, sin discriminación alguna.

A pesar de este reconocimiento internacional, millones de personas aún viven privadas del acceso efectivo al agua potable y al saneamiento. Esta situación es especialmente crítica en zonas rurales, asentamientos informales, comunidades indígenas y territorios periféricos históricamente excluidos. Como han señalado Gleick (1998) y Mehta (2014), la escasez hídrica no es solo una cuestión técnica o natural, sino también una expresión de desigualdad estructural y de relaciones asimétricas de poder.

La realización del derecho humano al agua implica una serie de obligaciones por parte de los Estados: respetar el acceso existente, proteger a las personas frente a interferencias de terceros (por ejemplo, privatización abusiva o contaminación industrial), y cumplir garantizando progresivamente el acceso universal y no discriminatorio mediante políticas, infraestructura, financiamiento y mecanismos de participación (Sultana & Loftus, 2012). Además, los marcos jurídicos deben incorporar el principio de no regresividad, que prohíbe la reducción injustificada de los niveles alcanzados en materia de acceso al agua y al saneamiento (Langford et al., 2017).

Una de las críticas más contundentes al proceso de mercantilización del agua es que contradice los principios del derecho humano al priorizar el lucro sobre la garantía universal del servicio. Diversos estudios han documentado cómo la privatización ha llevado al aumento de tarifas, la exclusión de sectores empobrecidos y la pérdida de control comunitario sobre el recurso (Bakker, 2010; Castro, 2006). Estos efectos han motivado múltiples movimientos sociales que defienden la gestión pública, comunitaria y participativa del agua, como fue el caso emblemático de la Guerra del Agua en Cochabamba, Bolivia (Olivera, 2004).

El enfoque de derechos humanos también exige abordar el vínculo entre agua, saneamiento y género, dado que las mujeres y niñas son desproporcionadamente afectadas por la falta de acceso seguro. En muchos contextos, ellas asumen la responsabilidad del acopio del agua, lo que impacta su salud, educación y autonomía (UN Women, 2020).

En el contexto mexicano, el derecho humano al agua ha sido impulsado desde la sociedad civil por movimientos como Agua para Todos, Agua para la Vida, los cuales han sido fundamentales para visibilizar la necesidad de una gestión democrática y justa del agua. Autores como Pedro Moctezuma Barragán han señalado que el reconocimiento del agua como derecho humano implica “desmontar los marcos normativos privatizadores y reconstruir una política pública desde la participación activa de las comunidades” (Moctezuma Barragán, 2011, p. 45). En esta línea, Elena Burns advierte que sin una transformación estructural en las leyes que rigen la distribución del agua en México, los derechos siguen siendo letra muerta para miles de comunidades indígenas y rurales.

Es importante destacar que el derecho humano al agua no solo implica el acceso al agua potable, sino también el acceso al saneamiento básico. El acceso a servicios de saneamiento adecuados es esencial para prevenir la propagación de enfermedades y para garantizar la dignidad humana (Larson, 2021). Además, Blanca Jiménez Cisneros (2014) señala que garantizar este derecho requiere integrar una visión técnica y de gobernanza, donde se articulen acciones entre los distintos niveles de gobierno y se fortalezca la infraestructura, especialmente en las zonas marginadas.

En este sentido, garantizar el derecho humano al agua implica no solo un reto técnico e institucional, sino una transformación ética y política de las relaciones entre sociedad, Estado y naturaleza. Reconocer el agua como un bien común y no como una mercancía es el primer paso para asegurar que ninguna persona quede atrás en el acceso a este recurso vital.

2.12 Gobernanza y Seguridad Hídrica

La gobernanza del agua y la seguridad hídrica están estrechamente relacionadas. La gobernanza del agua se refiere a los procesos y estructuras que rigen la gestión del agua en una sociedad. Por su parte, la seguridad hídrica se refiere a la capacidad de una sociedad para garantizar el acceso al agua suficiente y de calidad para satisfacer sus necesidades básicas y apoyar su desarrollo económico y social (Justo, 2013).

Para garantizar la seguridad hídrica a largo plazo, es fundamental establecer estructuras y mecanismos de coordinación adecuados entre los diferentes actores involucrados en la gestión del agua. Estos actores incluyen los gobiernos, las comunidades locales, las empresas, las organizaciones no gubernamentales y otros actores relevantes. La gobernanza del agua debe estar

basada en la participación ciudadana, la transparencia y la rendición de cuentas. Garantizar la disponibilidad y acceso al agua para todas las personas, incluyendo aquellos que viven en áreas rurales y marginadas, también es esencial para lograr la seguridad hídrica. Esto implica establecer sistemas adecuados de suministro y distribución de agua, así como garantizar la calidad. La seguridad hídrica también implica la necesidad de gestionar el agua de manera sostenible, considerando las necesidades presentes y futuras de la sociedad y del medio ambiente (Valdés de Hoyos & Uribe, 2016).

En México, la crisis de gobernanza del agua ha sido señalada por múltiples académicos como uno de los principales obstáculos para lograr la seguridad hídrica. Pedro Moctezuma Barragán sostiene que el actual marco institucional favorece una visión tecnocrática, centralista y fragmentada, alejada de las realidades locales. En este sentido, destaca la necesidad de fortalecer la gestión comunitaria del agua como vía para democratizar las decisiones y garantizar la sustentabilidad (Moctezuma Barragán, 2011).

Por su parte, Elena Burns enfatiza que la gobernanza hídrica debe comprenderse como una disputa de poder en torno al control del territorio y los bienes comunes. Para ella, la seguridad hídrica no puede estar desvinculada de los derechos colectivos, la equidad y la justicia ambiental, ya que muchas veces las grandes obras hidráulicas responden a intereses económicos y no a las necesidades de las comunidades (Burns, 2014). En este contexto, la Ley General de Aguas —aún pendiente de aprobación en México— representa una oportunidad para establecer un nuevo pacto social en torno al agua, en el que se privilegie el derecho humano y se reconozca la diversidad de formas de gestión.

Además, Marta Rincón Gallardo ha subrayado que la seguridad hídrica debe entenderse como un proceso multidimensional, que incorpora la gestión de riesgos, la protección de cuencas, la calidad del agua y la resiliencia climática. Para ello, propone fortalecer los Consejos de Cuenca con mecanismos reales de participación, integrando los conocimientos técnicos con los saberes tradicionales y comunitarios (Rincón Gallardo, 2020).

Diversos autores mexicanos han contribuido al análisis crítico de la gobernanza del agua desde enfoques socioambientales. Por ejemplo, Jiménez Cisneros (2011) advierte sobre la necesidad de integrar los marcos regulatorios y técnicos con enfoques de equidad social y sostenibilidad, especialmente en contextos donde la desigualdad territorial impide el acceso equitativo al recurso hídrico. En esta misma línea, Campero (2019) ha documentado cómo las

dinámicas de privatización y concesión del agua en México han debilitado la gobernanza participativa, generando exclusión de comunidades indígenas y rurales en la toma de decisiones. Estos enfoques proponen repensar la gobernanza hídrica no sólo desde la eficiencia administrativa, sino como un proceso político, inclusivo y basado en derechos, donde el reconocimiento de la diversidad de actores y saberes sea central para alcanzar una verdadera seguridad hídrica.

En este sentido, es necesario establecer políticas y prácticas de gestión del agua que promuevan la conservación y protección de los recursos hídricos. Además, estas políticas y prácticas deben abordar los desafíos que enfrenta la gestión del agua, como la escasez y la contaminación. Solo así se podrá garantizar la gestión sostenible y equitativa del agua a largo plazo (Martínez & Polioptro, 2013).

2.13 Gestión Sostenible de Recursos Hídricos

La gestión sostenible de los recursos hídricos representa uno de los desafíos más urgentes en el contexto del cambio climático, la degradación ambiental y el crecimiento poblacional. Esta gestión implica asegurar la disponibilidad, calidad y equidad en el acceso al agua, sin comprometer los ecosistemas ni las necesidades de las futuras generaciones (Villalobos & Ruiz, 2019).

Desde un enfoque integral, la sostenibilidad hídrica requiere estrategias intersectoriales que contemplen no sólo el aspecto técnico, sino también dimensiones sociales, económicas, ecológicas y culturales. Esto implica promover el uso eficiente del recurso, garantizar su distribución equitativa y conservar los ecosistemas hídricos que lo sostienen (Arias, 2008; Leiva et al., 2022).

La Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), promovida por organismos como la ONU y la UNESCO, propone una coordinación entre todos los actores que intervienen en el ciclo del agua: gobiernos, usuarios, comunidades, sector privado, sociedad civil y academia (Mirassou, 2009). Esta gestión integrada plantea que las decisiones sobre el agua deben ser tomadas con base en evidencia científica, participación ciudadana, perspectiva de cuenca y equidad social (Aitken, 2018).

Entre las medidas más relevantes para alcanzar una gestión hídrica sostenible destacan: la planificación de cuencas hidrográficas, la eficiencia en el uso del agua en sectores como la agricultura e industria, el fortalecimiento de las capacidades institucionales, el monitoreo continuo de los cuerpos de agua y la protección de humedales y nacientes (Moreyra et al., 2016; Vallejo et al., 2021).

En América Latina, iniciativas como el Proyecto ROSA han fortalecido la gestión sostenible del agua mediante la capacitación y asistencia técnica en países como Bolivia, Colombia y Perú. Estas acciones han mejorado la gobernanza del agua y promovido prácticas sostenibles en comunidades locales, resaltando la importancia de la cooperación regional y el intercambio de conocimientos para enfrentar desafíos hídricos compartidos (CEPAL, 2024).

En el contexto mexicano, Tortajada (2000) y Castro (2006) han subrayado los vacíos institucionales y la fragmentación en la gobernanza del agua, lo cual ha limitado la efectividad de la GIRH. Asimismo, Martínez Austria y Rodríguez Tapia (2015) advierten que los retos de la gestión hídrica en México no solo son técnicos, sino también políticos, al estar influenciados por intereses económicos y por la falta de una política hídrica coherente entre los distintos niveles de gobierno.

La aplicación de tecnologías avanzadas está revolucionando la gestión sostenible de los recursos hídricos. Un estudio reciente destaca el uso de inteligencia artificial para predecir la disponibilidad de agua y optimizar su distribución en la Cuenca Hidrográfica del Segura, en España. Esta metodología integradora permite una asignación más eficiente del recurso, reduciendo déficits y minimizando el impacto ambiental (Otamendi et al., 2024).

Por otro lado, las infraestructuras verdes, como los humedales construidos, han demostrado ser soluciones efectivas para el tratamiento de aguas residuales y la mejora de la calidad del agua. Investigaciones realizadas en Italia han evaluado los beneficios económicos y ambientales de estos sistemas, evidenciando su potencial para eliminar contaminantes y fomentar la biodiversidad local, contribuyendo así a la sostenibilidad hídrica.

El cambio climático representa una amenaza significativa para la seguridad hídrica global. Un estudio internacional advierte que, para finales de siglo, el 40 % de los pozos en la Península Ibérica podrían experimentar descensos superiores a un metro en sus niveles de agua, principalmente debido al aumento de temperaturas y la consecuente evaporación. Estos hallazgos subrayan la urgencia de implementar estrategias de adaptación y mitigación en la gestión de los recursos hídricos (Gómez-Hernández et al., 2025).

La economía azul plantea desafíos y oportunidades para la gestión sostenible de los recursos hídricos oceánicos. Según la Estrategia de Seguridad Hídrica 2023–2026, es esencial construir alianzas multisectoriales que promuevan la conservación y el uso responsable de los

océanos, considerando su papel crucial en la regulación climática y en la provisión de recursos (CAF, 2023).

Finalmente, el enfoque de sostenibilidad debe incluir una dimensión educativa y cultural que promueva la conciencia del agua como bien común, fomentando prácticas responsables de consumo y la recuperación de saberes tradicionales en el manejo del recurso (Suárez et al., 2014; Medina-Juárez et al., 2020). La educación ambiental y la participación comunitaria son componentes esenciales para lograr un cambio estructural en la relación sociedad-naturaleza.

2.14 Gestión Integral y Comunitaria

La gestión integral y comunitaria es una propuesta que promueve una visión holística del desarrollo, donde las comunidades locales se posicionan como protagonistas en el diseño, implementación y evaluación de proyectos relacionados con sus territorios y recursos. Este enfoque reconoce que los modelos de gestión verticales y centralizados han sido insuficientes para abordar de forma sostenible los retos socioambientales, especialmente en contextos rurales o indígenas, donde el conocimiento tradicional y las prácticas comunitarias son fundamentales para garantizar la sostenibilidad (Toledo & Barrera-Bassols, 2008).

La gestión integral se basa en la articulación de múltiples dimensiones —ambiental, económica, social, cultural y política— de manera interdependiente. En el caso del agua, implica considerar no sólo los aspectos técnicos y de infraestructura, sino también la gobernanza local, el acceso equitativo, el conocimiento tradicional y las dinámicas comunitarias. Según Argueta (2022), una gestión verdaderamente integral requiere partir del reconocimiento de los derechos territoriales, la justicia hídrica y la participación activa de los pueblos en la toma de decisiones.

Desde la perspectiva comunitaria, la gestión del agua se entiende como un bien común, no como un recurso mercantilizable. Las organizaciones comunitarias, como los comités de agua, los ejidos, y las cooperativas, han demostrado ser actores clave en la provisión, mantenimiento y vigilancia del agua, sobre todo en zonas donde el Estado ha estado ausente o ha promovido políticas de privatización (Rodríguez Wallenius & González Reynoso, 2021). Estas formas de gestión se fundamentan en la reciprocidad, la autonomía, la solidaridad y el respeto por los ciclos naturales.

Ejemplos de gestión comunitaria exitosa se han documentado en México, como los sistemas de agua potable autogestionados por pueblos originarios en Oaxaca y Chiapas, que han

logrado garantizar el acceso al agua sin depender de empresas privadas o instituciones gubernamentales. En estos casos, el conocimiento ancestral sobre cuencas, lluvias, suelos y flujos se entrelaza con prácticas organizativas sólidas para la defensa del agua como derecho y como vida (Hernández, 2020).

Por otro lado, la gestión integral y comunitaria también se vincula con enfoques como el de la ecología política del agua, que considera las relaciones de poder, conflicto y resistencia en torno al acceso y control del recurso. Desde esta mirada crítica, la participación comunitaria no puede ser entendida como una mera formalidad, sino como un proceso de empoderamiento real y de transformación de las estructuras que han marginado históricamente a ciertos grupos sociales (Boelens et al., 2015).

Además, diversas experiencias latinoamericanas, como los acueductos comunitarios en Colombia o las juntas de agua en Ecuador, muestran que cuando las comunidades gestionan el agua de forma autónoma y con una visión integral, no sólo se logra mayor eficiencia, sino que también se fortalece el tejido social, se protege el territorio y se promueve una cultura de cuidado y corresponsabilidad (UNESCO, 2022).

Estudios recientes han reafirmado la relevancia de la gestión comunitaria del agua como respuesta efectiva a la crisis hídrica global. Por ejemplo, Martínez-Alba et al. (2023) documentan casos en comunidades del sur de México donde los sistemas autogestionados muestran niveles de eficiencia y resiliencia más altos que los sistemas estatales, especialmente ante sequías prolongadas. Asimismo, Bustos-Sánchez y Camacho-Torres (2024) subrayan que los modelos de cogestión en zonas periurbanas permiten no solo mejorar el acceso al agua, sino también empoderar a las mujeres y juventudes en la toma de decisiones sobre el territorio. De igual forma, un informe de CEPAL (2024) destaca la necesidad de escalar las prácticas comunitarias exitosas a través de políticas públicas que reconozcan la diversidad de los sistemas de gobernanza del agua en América Latina, fortaleciendo las capacidades locales sin imponer modelos homogéneos. Estas contribuciones recientes apuntan a que, frente a los desafíos del cambio climático y la inequidad en el acceso, la gestión integral y comunitaria sigue siendo una de las vías más prometedoras para avanzar hacia la justicia hídrica y la sostenibilidad territorial.

En suma, la gestión integral y comunitaria del agua constituye una alternativa potente frente a los modelos tecnocráticos y extractivistas. En contextos como el de Pixyah, donde el acceso y la

calidad del agua se ven comprometidos, este enfoque puede aportar soluciones culturalmente pertinentes, sostenibles y con base en la participación activa de los actores locales.

2.15 Ecotecnias y Mejores Prácticas

Las ecotecnias y mejores prácticas constituyen herramientas fundamentales para la transición hacia modelos de vida sostenibles, especialmente en comunidades rurales y periurbanas donde los recursos naturales son limitados o están amenazados. Las ecotecnias, entendidas como tecnologías apropiadas que combinan saberes tradicionales con innovación científica, permiten a las comunidades implementar soluciones accesibles, de bajo costo y bajo impacto ambiental. Su objetivo principal es reducir el consumo de energía, agua y materiales, minimizar la generación de residuos y maximizar su aprovechamiento mediante procesos circulares (Leff, 2004; Valenzuela & Bautista, 2019).

Ejemplos comunes de ecotecnias incluyen los baños secos, los sistemas de captación y filtrado de agua pluvial, biodigestores para el aprovechamiento de residuos orgánicos, estufas ahorradoras de leña y paneles solares fotovoltaicos. Estos dispositivos no solo disminuyen la dependencia de combustibles fósiles y de servicios centralizados, sino que también promueven la autonomía comunitaria y fortalecen la resiliencia ante el cambio climático (González & Jiménez, 2022).

Por su parte, las mejores prácticas son estrategias replicables y basadas en evidencia que han demostrado ser efectivas para reducir el impacto ambiental en distintos contextos. Estas prácticas buscan optimizar el uso de los recursos naturales, mejorar los procesos de producción y fomentar hábitos responsables tanto en el ámbito empresarial como doméstico. Algunas de las más relevantes incluyen la implementación de sistemas de gestión ambiental (como la norma ISO 14001), el diseño de edificios bioclimáticos, la promoción de la movilidad activa y el consumo responsable, así como la utilización de tecnologías limpias y materiales reciclables (Pérez-Sindín, 2020; ONU Medio Ambiente, 2023).

En los últimos años, diversas investigaciones han documentado la efectividad de las ecotecnias como una herramienta para promover la sostenibilidad hídrica y energética en comunidades rurales. Gómez-Bilbao, Rodríguez-Cisneros y Herrera-López (2023) subrayan que la implementación de ecotecnias como biodigestores, captadores pluviales y estufas ecológicas ha contribuido significativamente a mejorar la calidad de vida de comunidades marginadas en

América Latina, al reducir su dependencia de tecnologías contaminantes y fortalecer la autosuficiencia.

En el caso mexicano, un estudio conjunto entre el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) y el PNUD (2024) evaluó el impacto de estas tecnologías en comunidades indígenas, identificando beneficios concretos en términos de ahorro de agua y energía, así como en la reducción de enfermedades respiratorias y gastrointestinales asociadas al uso de combustibles fósiles y aguas contaminadas.

Además, la integración de la participación comunitaria en el diseño y mantenimiento de ecotecnias se ha consolidado como una práctica clave para su apropiación social. Maldonado y Torres (2023) destacan que, tanto en México como en Perú, los procesos participativos en torno a sistemas de saneamiento ecológico (como baños secos o humedales construidos) no solo mejoran la eficacia técnica de estas soluciones, sino que también fortalecen el tejido social y la conciencia ambiental local.

Desde una perspectiva internacional, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP, 2023) ha resaltado el papel de las pequeñas empresas y cooperativas en la promoción de prácticas sostenibles, al demostrar que incluso con recursos limitados es posible innovar y reducir significativamente el impacto ambiental mediante la adopción de tecnologías apropiadas.

Finalmente, Sánchez-García y López-Medina (2025) señalan que la innovación social, particularmente en contextos urbanos, puede potenciar el uso de ecotecnologías mediante procesos de diseño colaborativo. Su estudio en barrios periféricos de la Ciudad de México revela que cuando las soluciones tecnológicas se desarrollan en conjunto con los usuarios finales, se incrementan la eficiencia, el mantenimiento y el sentido de pertenencia hacia dichas prácticas.

Asimismo, el enfoque educativo y participativo ha sido clave para asegurar la apropiación social de estas prácticas. El desarrollo de talleres comunitarios, redes de aprendizaje y metodologías participativas ha permitido que las ecotecnias no solo se implementen, sino que se adapten cultural y territorialmente, generando procesos de innovación local (Barragán & Medina, 2018).

Tanto las ecotecnias como las mejores prácticas deben entenderse como pilares de una visión alternativa del desarrollo, donde la tecnología está al servicio de la vida y no del lucro, y donde el bienestar comunitario y la sostenibilidad ecológica son prioridades. Su implementación

representa una vía concreta para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible, particularmente aquellos relacionados con agua limpia y saneamiento (ODS 6), energía asequible y no contaminante (ODS 7), y producción y consumo responsables (ODS 12).

Capítulo III. Marco Contextual

3.1 Disponibilidad y Acceso

En México, la disponibilidad y acceso al agua son temas prioritarios dentro de la agenda ambiental y social, dado el contexto de desigualdad territorial y presión sobre los recursos hídricos. Según datos de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2011), el país cuenta con 757 cuencas hidrológicas, de las cuales 649 presentan condiciones de disponibilidad. Estas cuencas están organizadas en 37 regiones hidrológicas agrupadas en 13 regiones hidrológico-administrativas (ver figura 1), lo que permite estructurar la gestión a través de políticas descentralizadas (Ver figura 1).

Figura 1. *Delimitaciones de Acuíferos*



Nota: Nota. Adaptado Comisión Nacional del Agua, 2023, (<https://sigagis.conagua.gob.mx/dma230911/>)

El volumen promedio anual de precipitación que recibe el país es de aproximadamente 1,488.8 km³. De este total, el 71.5% se evapora y retorna a la atmósfera mediante el proceso de evapotranspiración. A esto se suma un volumen de 48.4 km³ anuales provenientes de las importaciones de agua por ríos en las fronteras norte y sur, mientras que las exportaciones hacia los Estados Unidos alcanzan 0.432 km³ anuales. Como resultado, la disponibilidad natural promedio de agua en México se estima en 471.5 km³ por año (SEMARNAT, 2014).

No obstante, la distribución del agua en el territorio nacional es desigual. Mientras las regiones del sur-sureste concentran la mayor parte de la disponibilidad hídrica, en el norte y centro del país la escasez es una constante. Esta asimetría genera desigualdades en el acceso y la gestión del agua, profundizando las vulnerabilidades en las regiones más áridas o con alta densidad poblacional.

En cuanto al derecho al acceso, la Asamblea General de las Naciones Unidas, en 2010, reconoció el acceso al agua potable y al saneamiento como un derecho humano esencial. En 2015, este derecho fue reforzado al establecerse parámetros mínimos: entre 50 y 100 litros de agua por persona por día, que debe ser segura, aceptable, asequible (no más del 3% del ingreso familiar) y accesible físicamente (la fuente debe ubicarse a menos de 1,000 metros del hogar y no requerir más de 30 minutos para su recolección) (ONU, 2015).

A pesar del marco normativo internacional y nacional, millones de personas en México continúan enfrentando limitaciones en el acceso efectivo al agua. Esta problemática afecta con mayor intensidad a comunidades rurales, pueblos indígenas y zonas marginadas, donde los sistemas de distribución son deficientes o inexistentes, y donde la contaminación de los mantos freáticos representa un riesgo constante para la salud.

Además, informes recientes advierten que el estrés hídrico se ha intensificado debido al crecimiento urbano, la expansión agroindustrial y los efectos del cambio climático. De acuerdo con la CEPAL (2023), México enfrenta uno de los niveles más altos de sobreexplotación de acuíferos en América Latina, especialmente en estados del norte y centro, lo que amenaza la sustentabilidad hídrica futura si no se toman medidas urgentes de adaptación, control y protección de las fuentes.

3.2 Iniciativas Internacionales

La creciente preocupación global por la escasez de agua, la contaminación de fuentes hídricas y los efectos del cambio climático ha dado lugar a múltiples iniciativas internacionales —tanto públicas como privadas— orientadas a mejorar la gestión, el acceso y la sostenibilidad de este recurso vital. Estas iniciativas han sido fundamentales para generar marcos de cooperación transfronteriza, fomentar políticas de adaptación y fortalecer capacidades técnicas en países en desarrollo.

3.2.1 Privadas

Entre las iniciativas internacionales privadas destaca el papel del Consejo Mundial del Agua (World Water Council), fundado en 1996, el cual reúne a expertos, instituciones y actores de todo el mundo con el objetivo de influir en la toma de decisiones de alto nivel en materia de agua. Este organismo ha promovido la realización del Foro Mundial del Agua como espacio para la discusión de desafíos hídricos globales, consolidando una red de conocimiento y acción sobre gobernanza y financiamiento hídrico (World Water Council, 2021).

En el contexto mexicano, han emergido colectivos y organizaciones civiles que abogan por modelos de gestión sustentables, integrales y con participación ciudadana. Un ejemplo de ello es Sarar Transformación S.C., organización que impulsa soluciones descentralizadas de agua y saneamiento con enfoque ecosistémico y equitativo. Esta organización promueve el cierre del ciclo de nutrientes, el aprovechamiento del agua de lluvia y tecnologías apropiadas como baños secos y filtros biológicos, con base en criterios de equidad y respeto socioecológico (Sarar, 2021).

Otra experiencia relevante es la Coordinadora Nacional Agua para Tod@s Agua para la Vida, un proceso autónomo y plural en el que convergen pueblos indígenas, organizaciones comunitarias, académicos y activistas. Esta coordinadora impulsa una Ley General de Aguas con base en el principio de gestión comunitaria, acceso equitativo y defensa de los bienes comunes, oponiéndose a los modelos privatizadores del recurso (Agua para Tod@s, 2021). Estas propuestas enfatizan la descolonización de la gestión hídrica, desde una visión centrada en derechos, territorios y autonomía de los pueblos.

3.2.2 Públicas

En el plano intergubernamental, una de las acciones más significativas es el Programa Hidrológico Intergubernamental (PHI) impulsado por la UNESCO. Desde su creación en 1975, este programa ha apoyado a los Estados Miembros en la construcción de capacidades para la gestión integrada de los recursos hídricos, mediante el fomento de la investigación científica, la educación hídrica y la cooperación internacional (UNESCO, 2023). El PHI ha sido clave para promover el acceso equitativo al agua y mitigar conflictos derivados de la competencia por este recurso.

En América Latina, organismos como la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) han enfatizado la necesidad de fortalecer los sistemas de gobernanza del agua, desarrollar marcos regulatorios que integren la equidad social y ambiental, y promover la

cooperación regional para enfrentar la variabilidad climática. Recientemente, la CEPAL ha resaltado que la gestión del agua debe ser concebida como una herramienta para el desarrollo sostenible y no solo como un problema sectorial (CEPAL, 2023).

3.3 Instrumentos de Gestión del Agua

En México, la gestión de las aguas de ríos, lagos y acuíferos es responsabilidad del Estado, siendo el Poder Ejecutivo quien se encarga de su administración. Los principales instrumentos para esta gestión son la Ley de Aguas Nacionales y la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), que actúa como la autoridad encargada. Cada seis años, se desarrolla el Plan Nacional de Desarrollo, en el cual se establecen las prioridades, objetivos y estrategias que guiarán la administración pública federal durante el periodo sexenal (Comisión Nacional del Agua, 2006). 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.

Si bien el marco legal y los instrumentos de planeación están bien definidos, estudios como los de López-Ramírez et al. (2023) han evidenciado que la implementación efectiva de estos instrumentos enfrenta obstáculos como la fragmentación institucional, la falta de financiamiento y la limitada participación comunitaria

3.3.1 Agenda 2030 de la ONU

El acceso a agua, saneamiento e higiene es un derecho humano esencial, sin embargo, millones de personas en el mundo enfrentan diariamente grandes desafíos para acceder a estos servicios básicos. Aproximadamente 1.800 millones de personas utilizan fuentes de agua potable contaminadas con residuos fecales. Alrededor de 2.400 millones de personas no tienen acceso a servicios básicos de saneamiento como baños y letrinas. La escasez de agua afecta a más del 40% de la población mundial y este porcentaje podría seguir aumentando. Además, más del 80% de las aguas residuales generadas por la actividad humana se descargan en ríos o mares sin tratamiento, causando contaminación (ONU, 2020).

La Agenda 2030 establece 17 objetivos y 169 metas de alcance universal. Las metas del Objetivo 6 abordan la escasez de agua de la siguiente manera:

- Para 2030, lograr el acceso universal y equitativo a agua potable segura y asequible para todos.
- Para 2030, mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando vertidos y minimizando la liberación de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando significativamente el reciclaje y la reutilización segura a nivel global.
- Para 2030, incrementar significativamente la eficiencia en el uso de los recursos hídricos en todos los sectores y garantizar la sostenibilidad de la extracción y el suministro de agua dulce para abordar la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren de falta de agua.
- Para 2030, ampliar la cooperación internacional y el apoyo a los países en desarrollo en la creación de capacidades en actividades y programas relacionados con el agua y el saneamiento, como la captación de agua, la desalinización, el uso eficiente de los recursos hídricos, el tratamiento de aguas residuales, el reciclaje y las tecnologías de reutilización.

3.3.2 Agua limpia y Saneamiento

De acuerdo con datos de la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2021), se estima que alrededor de 1.800 millones de personas en el mundo utilizan fuentes de agua potable que están contaminadas con residuos fecales. Además, aproximadamente 2.400 millones de personas no tienen acceso a servicios básicos de saneamiento, como baños y letrinas. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2021), la agricultura y la ganadería consumen el 70% del total de agua extraída a nivel mundial, llegando hasta el 95% 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 4, 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 (Cámara de diputados & congreso de la unión, 2021).

3.3.4 Programa Nacional Hídrico 2020-2024

La actual visión del plan nacional hídrico está orientado al cumplimiento 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.

3.3.5 Programa Regional Hídrico 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).

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

Relevancia del Objetivo prioritario 3: 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.

Relevancia del Objetivo prioritario 4: 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.

3.3.7 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.

3.3.8 Calidad de Agua Suministrada

En 2016, se suministraron 348,306 litros de agua por segundo en todo el país, de los cuales Yucatán aportó 6,876 litros por segundo, representando el 2% del total nacional, cifra inferior a la media nacional de 10,884.6 litros por segundo. Esto ubicó al estado en el puesto 20 entre las entidades que más suministraron este recurso a su población.

La SEMARNAT indicó que en 2016 Yucatán suministró 283.41 litros diarios de agua por habitante, colocándolo en el lugar 13, por encima del promedio nacional de 273 litros diarios por habitante.

Entre 2007 y 2016, Yucatán redujo el suministro de agua por habitante en un 9.7%, una cifra similar a la disminución media nacional del 10.7%. Esta reducción se debe a que la población crece más rápido que la capacidad de suministro de agua, resultando en una tendencia nacional de disminución del agua suministrada por habitante en casi todos los estados. Sin embargo, Yucatán fue de los estados que menos disminuyó.

En 2016, el 88.5% del agua suministrada en Yucatán estaba desinfectada, situando al estado en el penúltimo lugar y por debajo del promedio nacional del 97.3% en este indicador. Entre 2007 y 2016, el porcentaje de agua desinfectada a nivel estatal disminuyó en 1.3 puntos porcentuales. (Gobierno del Estado de Yucatán, 2018).

- Objetivo 4.3.1. Mejorar el saneamiento de aguas residuales en Yucatán

Estrategia 4.3.1.1. Promover la cultura de reutilización de aguas residuales para reducir la demanda de agua.

Línea de acción 4.3.1.1.2. Diseñar programas para la reutilización de aguas residuales tratadas en usos generales e industriales.

Estrategia 4.3.1.2. Mejorar la infraestructura y operación del abastecimiento y tratamiento de 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. Fomentar el uso responsable del agua para reducir su contaminación y desperdicio.
Línea de acción 4.3.2.1.4. Aumentar la captación y aprovechamiento del agua de lluvia.
Línea de acción 4.3.2.1.7. Promover prácticas agrícolas sostenibles que sean eficientes en el uso del agua.

A pesar de los avances en los marcos normativos y programas nacionales y regionales, múltiples estudios coinciden en señalar la necesidad de una transición hacia una gobernanza más descentralizada, participativa y basada en evidencia, especialmente en regiones vulnerables como la Península de Yucatán. En este sentido, fortalecer la articulación entre programas federales y locales, así como incluir activamente a las comunidades, es esencial para avanzar hacia una gestión verdaderamente sostenible e inclusiva del agua (Tortajada, 2022; López-Ramírez & Sánchez, 2023)

3.4 Característica de la Microrregión

El análisis de las características de la microrregión donde se encuentra ubicada la comunidad de Pixyah es esencial para comprender las condiciones específicas que inciden en la gestión del recurso hídrico. Desde una perspectiva de sustentabilidad territorial, resulta indispensable considerar las dimensiones ecológicas, socioeconómicas y culturales que configuran las dinámicas locales en torno al acceso, uso y conservación del agua (Toledo & Barrera-Bassols, 2008).

Pixyah forma parte del municipio de Tecoh, en el estado de Yucatán, ubicado en la región noroeste de la península. Esta zona se caracteriza por un relieve predominantemente plano y por su geología cárstica, lo que condiciona la presencia de suelos delgados, de alta permeabilidad, y una red subterránea compleja de grutas, cenotes y acuíferos expuestos a contaminación (Bautista & Palacio, 2014). La fragilidad del ecosistema edáfico e hídrico de la región, asociado con prácticas inadecuadas de manejo del agua y el suelo, pone en riesgo la calidad del recurso hídrico disponible (Díaz-Caravantes & Wilder, 2014).

La región presenta un clima cálido subhúmedo con lluvias estivales, lo cual influye directamente en la recarga de los acuíferos y en la estacionalidad del acceso al agua. Este patrón de precipitación variable incrementa la vulnerabilidad de las comunidades rurales ante los efectos

del cambio climático, particularmente por su dependencia del agua subterránea y la escasa infraestructura para almacenamiento y tratamiento (SEMARNAT, 2019).

Desde el punto de vista social y económico, la microrregión se caracteriza por una economía local basada en la agricultura de pequeña escala, la apicultura y, en menor medida, actividades artesanales. Sin embargo, la falta de acceso a servicios básicos como agua potable segura y saneamiento adecuado constituye una limitación estructural que afecta el bienestar de la población (INEGI, 2020). En Pixyah, el agua para uso doméstico se extrae mediante pozos conectados a bombas sumergibles, pero sin procesos de potabilización, lo que representa un riesgo sanitario para la población (JAPAY, 2021).

Además, es importante destacar que el análisis microrregional debe incorporar el enfoque de territorialidad, es decir, comprender el espacio no solo como una unidad geográfica, sino como un conjunto de relaciones sociales, ecológicas y simbólicas que configuran el sentido del lugar para sus habitantes (Haesbaert, 2013). La identidad comunitaria, los saberes tradicionales sobre el manejo del agua y los procesos de organización local son elementos fundamentales que deben integrarse en el diseño de estrategias de gestión hídrica con enfoque participativo y sustentable (Delgado-Carrillo et al., 2022).

Por tanto, la caracterización integral de esta microrregión no solo permite identificar los factores físicos y ecológicos que afectan la disponibilidad de agua, sino también reconocer las capacidades sociales y culturales que pueden fortalecerse en la implementación de modelos de gestión comunitaria del recurso hídrico, como lo plantea la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) adaptada al contexto local (UNESCO, 2021).

3.4.1 Biotipo

De acuerdo con Bautista y Palacio (2014), la península de Yucatán (PY) se localiza al extremo sureste de la República Mexicana entre los 18° y 21°30' de latitud norte. Es una región de escaso relieve con altitudes menores a los 400 msnm, predominando una geología cárstica que define gran parte de su paisaje. La región o provincia fisiográfica de la PY comprende los estados de Yucatán y Quintana Roo, casi todo Campeche, el Departamento de Petén en Guatemala y el norte de Belice. Esta configuración la convierte en una unidad ecológica de alta vulnerabilidad, tanto por su dinámica hídrica como por los procesos antropogénicos que la afectan (Bautista et al., 2020).

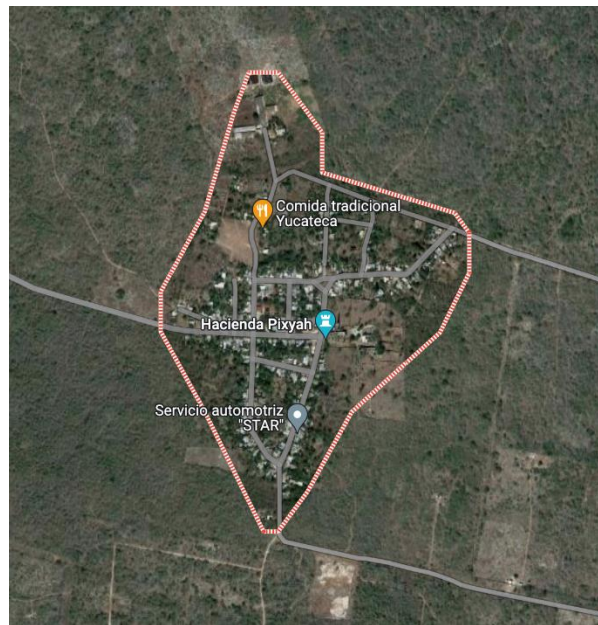
La PY se divide en cuatro subregiones terrestres definidas por características geomorfológicas, ecológicas y climáticas. En el caso específico del municipio de Tecoh, localizado en la región noroeste del estado de Yucatán, se identifica una subregión cárstica con ambiente plano y altitudes cercanas a los 12 metros sobre el nivel del mar. Esta área se ve influenciada por un clima cálido subhúmedo con lluvias concentradas en verano, alcanzando una precipitación anual que oscila entre el 800 y 1100 mm (INEGI, 2022; SEMARNAT, 2019).

El sistema edáfico de esta zona se caracteriza por suelos delgados, predominantemente de tipo Phaeozem léptico, ricos en materia orgánica pero de distribución discontinua. Estos suelos, generados por procesos de lixiviación y acumulación, presentan un alto contenido de fragmentos pétreos y escasa capacidad de retención hídrica (Bautista et al., 2015; IUSS Working Group WRB, 2022). Esto se ve agravado por la alta permeabilidad del subsuelo, lo que permite la rápida infiltración del agua, pero también facilita el ingreso de contaminantes al acuífero.

La configuración geológica y climática de la región representa un desafío importante para la gestión del agua, ya que la ausencia de barreras naturales de filtración incrementa la vulnerabilidad del acuífero ante las actividades humanas. Diversos estudios han identificado una creciente presencia de contaminantes como nitratos, coliformes fecales y compuestos emergentes en pozos de uso doméstico en comunidades rurales del centro y oriente de Yucatán, lo que evidencia una crisis silenciosa de calidad del agua subterránea (Ortiz-Pérez, 2022; Rivera & Solís, 2021; Reyes-Gómez et al., 2023).

Además, la degradación del suelo asociada al sobrepastoreo, la deforestación y el uso de agroquímicos intensivos compromete la funcionalidad ecológica del ecosistema regional, disminuyendo la capacidad de recarga del acuífero y afectando la biodiversidad local (Flores-Guido & Espejel, 2018; González-Iturbe et al., 2020). Por ello, es indispensable promover estrategias de conservación que integren el conocimiento científico con las prácticas tradicionales de manejo territorial.

Figura 2. *Delimitaciones de acuíferos*



Nota: Nota. Adaptado Google maps, 2023,
(<https://www.google.com.mx/maps/place/97823+Pixy%C3%A1,+Yuc>)

El elevado grado de fracturación en las rocas superficiales, junto con un suelo delgado de buen drenaje interno y alta permeabilidad, y la significativa precipitación en gran parte de la península, facilitan la formación de una compleja red de cavidades subterráneas como grutas, cavernas, sumideros y cenotes. La alta permeabilidad de las rocas carbonatadas y el bajo nivel freático hacen que los acuíferos sean extremadamente vulnerables.

El principal ecosistema del cono noroeste del estado está compuesto predominantemente por una selva mediana caducifolia y subcaducifolia. La característica más notable es la baja altura de los árboles, que varía entre 8 y 10 metros, organizados en un solo estrato y la pérdida de sus hojas durante un periodo de cinco meses o más en la temporada seca. La mayoría de las especies son leñosas y de diámetros pequeños, excepto en áreas donde se acumula humedad en el suelo.

Investigaciones recientes realizadas por Bautista y Palacio (2014) en el norte, centro y sur de Yucatán, han mostrado que los suelos se desarrollan a partir de la disolución de la roca caliza, resultando en la formación de un horizonte petrocálcico en la parte inferior del perfil del suelo bajo condiciones climáticas áridas, es decir, C; y Cambisoles (CM) y Luvisoles (LV) en climas subhúmedos. Los autores indican que la morfología de los perfiles sugiere un proceso de

descarbonatación de la caliza, cuya intensidad y transporte de carbonatos dependen del tipo y pureza de la roca y de la intensidad de la precipitación. Yucatán se divide en 18 subregiones agrupadas en siete regiones, cada una con cierta homogeneidad en sus procesos de ocupación del territorio, dinámica demográfica y especialización productiva agropecuaria, lo cual influye en la biodiversidad natural (Bautista & Palacio, 2012).

El municipio de Tecoh está ubicado en la región II noroeste de Yucatán. Está integrado por los municipios de Oxtapacab, Itzincab, Sotuta de Peón, Lepán, X-Kanchakán, Santa Rita, Mahzucil, Telchaquillo, Pixyah, Sabacché y Chinquilá. Cubre el 13.7% de la superficie estatal y alberga solo el 4.9% de la población. La producción de hortalizas es significativa, seguida por la producción de cítricos. La apicultura también es destacada, ya que el 16% de las colmenas del estado se encuentran en esta área (Gobierno de Yucatán, 2021).

3.4.2 Biocenosis

La biocenosis de la región de Pixyah está conformada por una comunidad biológica diversa, resultado de la interacción entre su clima subhúmedo, sus características geológicas cársticas y la vegetación propia de la selva mediana caducifolia. Esta comunidad incluye especies vegetales con valor ecológico, cultural y económico, las cuales han sido aprovechadas históricamente por la población rural para diversos fines. Según Zamora y Flores (2009), entre los productos más significativos que proporcionan estas comunidades vegetales se encuentran la leña, plantas alimenticias, plantas medicinales y especies utilizadas en la construcción.

Investigaciones recientes han documentado cómo especies como el guayacán (*Guaiacum sanctum*), el ramón (*Brosimum alicastrum*) y el chacté (*Caesalpinia gaumeri*) tienen funciones clave en la resiliencia ecológica y en la seguridad alimentaria de las comunidades. Estas especies no solo representan un recurso económico, sino que también contribuyen al equilibrio hídrico de la región mediante procesos de retención de humedad, protección del suelo y recarga de acuíferos (Ceballos-Novelo et al., 2021).

Además, muchas de las plantas utilizadas en medicina tradicional siguen teniendo un papel relevante en la vida cotidiana de la población, especialmente en comunidades con acceso limitado a servicios de salud. Estudios como los de Escalante & López (2022) destacan el conocimiento etnobotánico como una herramienta fundamental para la conservación de la biodiversidad y el fortalecimiento de la identidad cultural en zonas rurales del sureste mexicano.

Asimismo, la fauna local también forma parte de esta biocenosis, con especies adaptadas a los ecosistemas kársticos, como el ocelote (*Leopardus pardalis*), el zopilote rey (*Sarcoramphus papa*) y diversas especies de murciélagos, que desempeñan funciones ecológicas esenciales como la polinización, el control de plagas y la dispersión de semillas (CONABIO, 2020). La pérdida de hábitat, impulsada por la expansión de actividades agrícolas intensivas y el uso inadecuado del agua, amenaza este equilibrio.

La riqueza biológica de la región de Pixyah representa no solo un patrimonio natural invaluable, sino también un recurso estratégico para el diseño de soluciones sostenibles en la gestión del agua. El conocimiento tradicional asociado al uso de plantas y recursos del entorno ha demostrado ser una fuente de prácticas resilientes frente a los efectos del cambio climático y la escasez hídrica (Escalante & López, 2022; Rivera & Solís, 2021).

Sin embargo, la degradación del entorno natural debido a la presión demográfica, la deforestación y la sobreexplotación del acuífero amenaza esta base ecológica y cultural. La incorporación del enfoque biocultural en las estrategias de gestión hídrica puede ofrecer una alternativa innovadora que no solo responda a los problemas de acceso y calidad del agua, sino que también fortalezca la gobernanza local, al reconocer el papel activo de las comunidades en el manejo sostenible de sus territorios (Toledo & Barrera-Bassols, 2020).

3.4.3 Infraestructura

La comunidad de Pixyah cuenta con una infraestructura básica compuesta por aproximadamente 273 viviendas, la mayoría de las cuales están construidas con techo de concreto y paredes de bloques, lo que refleja una mejora frente a los materiales tradicionales, pero también evidencia procesos de urbanización no siempre acompañados de servicios adecuados. La localidad dispone de una cancha de basquetbol y un campo de fútbol, lo cual contribuye a la cohesión social, aunque no existe infraestructura cultural ni digital significativa (INEGI, 2020).

En términos de servicios básicos, la electricidad es suministrada por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), y existe una red de distribución de agua operada por la Junta de Agua Potable y Alcantarillado de Yucatán (JAPAY). Sin embargo, no se cuenta con un sistema de potabilización, y el abastecimiento se realiza a través de una bomba conectada a un pozo profundo, lo que implica riesgos sanitarios para la población. Diversos reportes de los propios habitantes y estudios locales advierten que el agua presenta características organolépticas inadecuadas como

mal olor y color turbio, lo cual compromete su seguridad para el consumo humano (JAPAY, 2022; CEDHJ, 2020).

La falta de infraestructura de saneamiento adecuada también representa un reto. La mayoría de las viviendas emplea fosas sépticas sin sistemas eficientes de tratamiento, lo cual incrementa el riesgo de contaminación de los acuíferos kársticos, especialmente en zonas de alta permeabilidad como las del norte de Yucatán (Bautista & Palacio, 2014). Esta situación vulnera el derecho humano al agua segura, y plantea la necesidad urgente de implementar soluciones comunitarias sostenibles, como plantas potabilizadoras a escala local o tecnologías alternativas como biofiltros o sistemas de captación de agua de lluvia.

El diagnóstico de infraestructura revela un vacío en la articulación entre el nivel municipal y estatal para garantizar el acceso universal a servicios básicos, y evidencia la necesidad de fortalecer la participación comunitaria en la gestión de los recursos hídricos, promoviendo un enfoque de justicia hídrica y equidad territorial (Delgado & Torres, 2021; Medina-Juárez, 2023

Capítulo IV. Metodología

4.1 Revisión e Integración de Opciones Metodológicas

4.1.1 Investigación Acción Participativa (IAP)

La investigación acción participativa de acuerdo con Zapata & Rodan (2016) se refiere a un conjunto de corrientes y enfoques en la investigación que comparten tres elementos centrales:

Investigación, es la confianza y la capacidad del conocimiento; participación, énfasis en los principios democráticos y el derecho de las personas a tener control sobre sus propias circunstancias; Acción, según Greenwood y Levin (1998) citado por Zapata & Rodan (2016), es una exploración en pos de una transformación para mejoras en la condición de la comunidad implicada.

Según lo expresado por Martí (2012), la organización de las etapas y fases de una investigación acción participativa tiene cuatro etapas (ver Tabla 1):

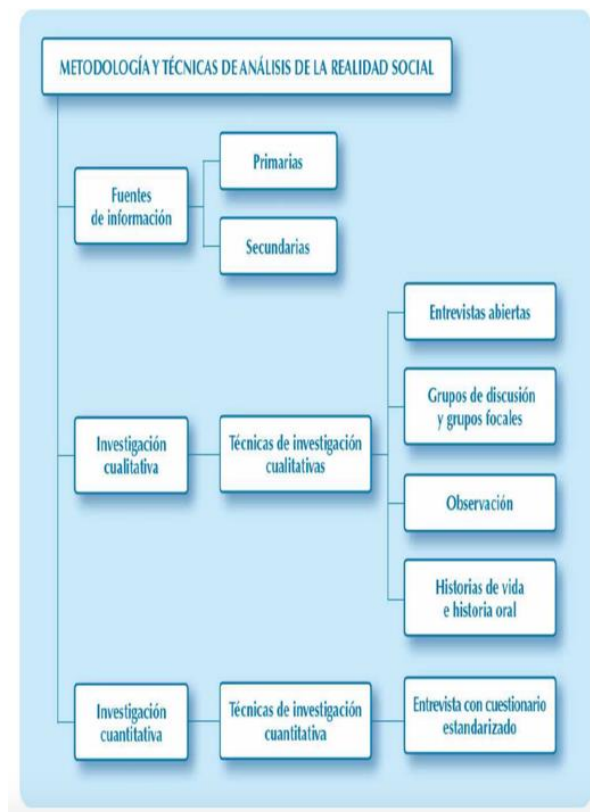
Tabla 1. *Etapas y fases de una Investigación Acción Participativa*

Fase de Pre-investigación: Identificación, Demanda y Elaboración del Proyecto 0. Identificación de síntomas y formulación de una solicitud de intervención por parte de una institución, generalmente una administración local.
Primera Etapa: Diagnóstico 1. Comprensión contextual del territorio y acercamiento a la problemática mediante la revisión de documentación existente y entrevistas a representantes institucionales y asociativos. 2. Recolección de información. 3. Formación de la Comisión de Seguimiento. 4. Creación del Grupo de Investigación Acción Participativa (IAP). 5. Introducción de elementos de análisis. 6. Inicio del trabajo de campo, incluyendo entrevistas individuales con representantes institucionales y asociativos. 7. Presentación y discusión del primer informe.
Segunda Etapa: Programación 8. Apertura a todos los conocimientos y perspectivas existentes, utilizando métodos cualitativos y participativos. 9. Trabajo de campo con entrevistas grupales a la base social. 10. Análisis de textos y discursos. 11. Presentación y discusión del segundo informe. 12. Realización de talleres.
Tercera Etapa: Conclusiones y Propuestas 12. Negociación y elaboración de propuestas concretas. 13. Desarrollo del Programa de Acción Integral (PAI). 14. Elaboración y entrega del informe final.

4.1.2 Investigación de Intervención Social

De acuerdo con Losada (2016) la investigación de intervención social se enfoca en la comprensión de un tema de estudio relacionado con la sociedad, tal como su nombre lo sugiere. Dependiendo de la naturaleza de los datos utilizados, se divide en dos categorías: investigación cualitativa y cuantitativa. Losada (2016), llama a esta metodología, de realidad social, en donde se toman técnicas de investigación cuantitativa a las entrevistas con cuestionarios guiadas o también conocidas como entrevistas guiadas.

Figura 3. Metodologías y técnicas



Nota: Adaptado Metodología de la Investigación de Intervención Social (p.32), por Losada, 2016, Síntesis.

- Identificación o diagnóstico: Durante la fase inicial, se llevará a cabo una evaluación de la situación social que se busca abordar, con el fin de entender las necesidades y demandas

de la población a la que se dirige la intervención, delimitar el proyecto y establecer las prioridades de la acción.

- Fase de diseño: se determina qué acciones se llevarán a cabo, cómo se realizarán, los recursos necesarios, los objetivos a alcanzar, el plazo y el lugar donde se desarrollará. Todo lo establecido hasta este punto será registrado en el documento del proyecto.
- Fase de ejecución y seguimiento: Durante esta etapa se ejecutan las acciones previamente planificadas en las fases anteriores. Asimismo, se realiza un seguimiento del avance del proyecto.
- Evaluación: La evaluación no se limitará solamente a los resultados obtenidos, sino que se convertirá en un proceso constante durante todo el ciclo del proyecto. En todo momento se emplearán métodos de análisis para determinar la eficacia de las actividades y la metodología utilizada, así como la relevancia de la evaluación inicial del diagnóstico y los objetivos establecidos.

4.2 Tipo de Investigación

4.2.1 Propósito

El propósito de este estudio es caracterizar una situación existente con la intención de determinar la causa raíz de problemas identificados. Posteriormente, se diseña un plan de intervención basado en las metodologías previamente mencionadas, seguido de un monitoreo y evaluación de los resultados

4.2.2 Enfoque

La investigación que se presenta utiliza un enfoque cuantitativo, ya que se lleva a cabo una intervención con el objetivo de observar un cambio medible en la comunidad de Pixyah, particularmente en lo relacionado con el conocimiento, la percepción y las prácticas asociadas al recurso hídrico. Este enfoque permite establecer relaciones causales, evaluar impactos específicos y generar evidencia empírica que sirva como base para la toma de decisiones y la formulación de políticas o programas comunitarios.

Según Losada (2016), una intervención social implica una acción planificada dirigida a un colectivo o grupo con la intención de producir un cambio social que mejore su situación (p. 27). En este sentido, el uso de métodos cuantitativos fortalece la rigurosidad del estudio, ya que facilita

la sistematización de datos, su análisis estadístico y la generalización de resultados dentro del contexto definido.

Por su parte, Bonilla y Rodríguez (2013) plantean que el enfoque cuantitativo está basado en el paradigma positivista, el cual busca explicar los fenómenos sociales mediante la objetividad, la observación sistemática, la replicabilidad y el uso de herramientas estadísticas, permitiendo así identificar tendencias, proponer hipótesis y contribuir al desarrollo de teorías (pp. 49–50).

Además, de acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2018), el enfoque cuantitativo se caracteriza por ser deductivo, secuencial y probatorio, lo cual implica partir de un marco teórico bien definido para formular hipótesis que serán contrastadas con la realidad mediante instrumentos validados. En este estudio, se hace uso de cuestionarios estandarizados aplicados en diferentes momentos para evaluar el impacto de una estrategia educativa-comunitaria en la apropiación de técnicas sostenibles y en la participación social.

Este enfoque resulta pertinente en investigaciones de intervención como la presente, donde se requiere identificar si las acciones desarrolladas —tales como talleres, mejoras en la gestión hídrica y técnicas de filtración— producen efectos medibles sobre las prácticas y conocimientos en la comunidad intervenida. Asimismo, permite triangular datos con observaciones de campo y opiniones expertas, enriqueciendo el análisis e incrementando la validez de los hallazgos.

4.2.3 Alcance

La investigación se clasifica como descriptiva. Según Hernández (2018), este tipo de investigación tiene el objetivo de identificar las propiedades y características específicas de conceptos, fenómenos, variables o eventos en un contexto particular. Esto incluye definir y medir variables, así como caracterizar el fenómeno o problema en estudio. Además, se pretende cuantificar y describir con precisión los distintos aspectos o dimensiones de un fenómeno, problema, evento, comunidad, contexto o situación.

4.2.4 Amplitud

Se define a Pixyah, Yucatán como unidad de análisis.

4.2.5 Fuente de Información

La fuente información de la actual investigación es de campo

4.2.6 Horizonte Temporal

El horizonte temporal de la investigación es considerado actual o contemporáneo. Hernández et al., (2010) indican que, al realizar una investigación, el investigador considera el contexto de las experiencias en relación con su temporalidad (momento en que tuvieron lugar), espacio (lugar donde ocurrieron), corporalidad (personas involucradas en las mismas) y el contexto relacional (las relaciones que surgieron durante las experiencias).

4.2.7 *Naturaleza de la Intervención*

La naturaleza de la investigación es de técnica y conductual/cultural. Se busca el cambio en las prácticas y técnicas en relación con las actitudes y valores de la población.

4.2.8 *Perspectiva Disciplinaria*

La investigación es multidisciplinaria, debido a que se involucran múltiples disciplinas, ya que se consulta con expertos de diversas áreas en cuestiones relacionadas con la gestión de recursos hídricos y alternativas de sistemas en respuesta a la escasez de agua.

4.2.9 *Realidad a Modificar*

La realidad por modificar es social, siendo el sector de impacto el hídrico relacionado al suministro del recurso.

4.2.10 *Justificación metodológica en el contexto de Pixyah*

El uso de la Investigación Acción Participativa (IAP) y la Investigación de Intervención Social en este estudio responde a la necesidad de abordar problemáticas complejas vinculadas al acceso y gestión del agua en contextos rurales como Pixyah, Yucatán. Estas metodologías permiten no solo generar conocimiento, sino también incidir directamente en la realidad, reconociendo la voz y saberes de la comunidad como elementos fundamentales para el diseño de soluciones pertinentes. La IAP se alinea con las prácticas culturales de organización local y facilita la creación de vínculos horizontales entre investigadores y habitantes, esenciales para fortalecer la apropiación de los resultados. Asimismo, el enfoque cuantitativo permite medir con precisión los cambios en el conocimiento y las prácticas relacionadas con el agua, lo que aporta evidencia empírica útil para diseñar futuras políticas públicas basadas en la participación y en datos contextualmente significativos (Morales Hernández, 2023; Torres Arellano et al., 2022).

4.3 Diseño de la Investigación

La investigación es no experimental de intervención, longitudinal. De acuerdo con la perspectiva de Hernández et al., (2010) en un estudio no experimental no se crea ninguna situación, sino que se observan situaciones que ya existen sin la intención de provocarlas por parte del investigador, así mismo, plantea que los diseños longitudinales recolectan datos a lo largo del tiempo en diferentes puntos o periodos, para poder inferir información acerca del cambio, sus causas y consecuencias.

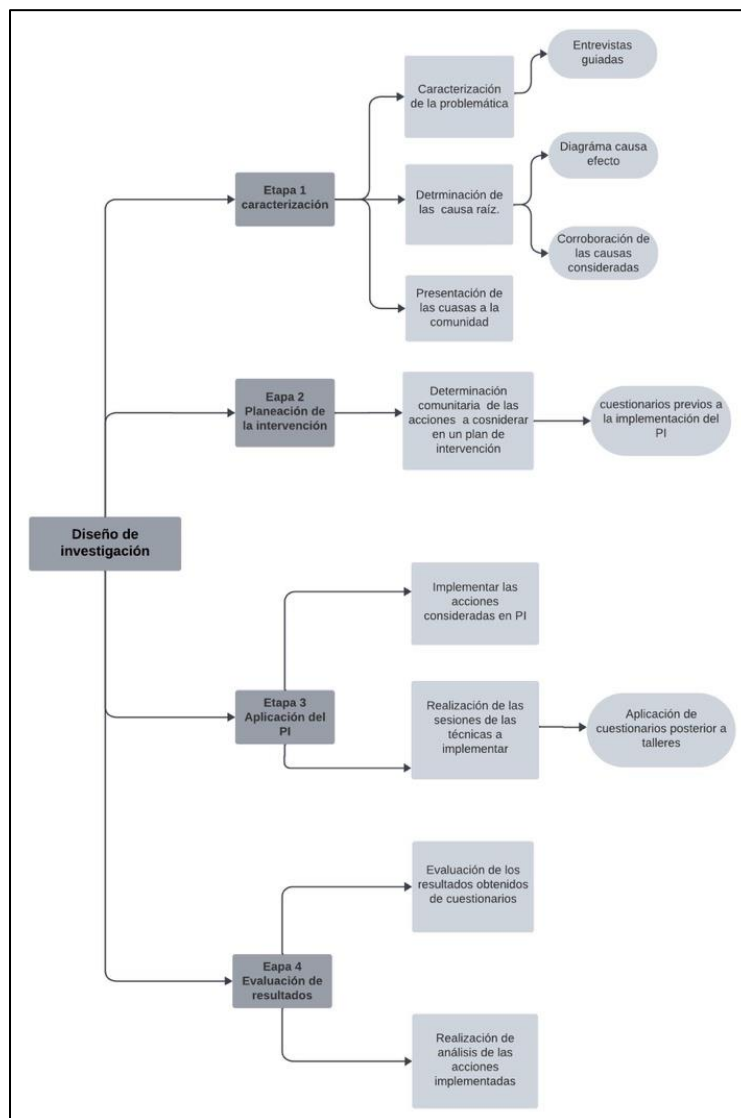


Figura 4

Diagrama de investigación
Fuente: Elaboración propia.

El diseño de la presente investigación se conforma por 4 etapas las cuales se describen a continuación:

1. Etapa de caracterización: Se llevan a cabo entrevistas con expertos en seguridad y abastecimiento de agua, cuyos conocimientos técnicos y experiencia proporcionan una perspectiva valiosa. Además, se realiza una revisión detallada de registros históricos relacionados con programas de difusión del agua, con el fin de evaluar la efectividad de dichos programas en la garantía de un recurso hídrico adecuado y saludable. Asimismo, se llevan a cabo entrevistas con la comunidad local para obtener perspectivas de primera mano sobre la gestión del agua. La información recopilada se somete a análisis estadístico para obtener una visión cuantitativa de la situación. Se identifican los factores principales que contribuyen a la gestión deficiente de los recursos hídricos, lo que sienta las bases para la formulación de estrategias de mejora y soluciones efectivas. Además, se lleva a cabo la determinación de las causas raíz de los problemas identificados, incluyendo la elaboración de una lista de causas potenciales, su clasificación y agrupamiento, la creación de un diagrama de causa-efecto, la aplicación de la técnica "5 por qué" para profundizar en las causas potenciales y la corroboración de la influencia de estas causas en la gestión inadecuada del agua. Finalmente, se comparte una presentación informativa con la comunidad, exponiendo las causas identificadas y promoviendo una comprensión mutua de los desafíos en la gestión del agua.
2. Etapa de planeación de la intervención: Se organizan sesiones de generación de ideas de solución en colaboración con los interesados en la gestión del agua del municipio. Durante estas sesiones, se fomenta la creatividad y se recopilan ideas para resolver los desafíos identificados. Luego, se definen criterios para seleccionar las mejores ideas, asegurando una toma de decisiones sólida. Después, se procede a la selección de las ideas de solución en función de los criterios previamente definidos. Se realiza una previsión de los recursos necesarios, plazos de implementación y se asignan responsabilidades para cada idea seleccionada. Finalmente, se integran las ideas de solución elegidas en un plan de intervención completo.
3. Etapa de aplicación del plan de intervención: se organizan talleres comunitarios con el propósito de concienciar a la población sobre la importancia del cuidado del agua, fomentar buenas prácticas y promover el derecho humano al agua. En primer lugar, se evalúan los

conocimientos existentes mediante cuestionarios guiados antes de los talleres. Luego, tras la realización de los talleres, se lleva a cabo una segunda evaluación para medir el impacto de la capacitación. Además, estos talleres se extienden a la telesecundaria local, donde se involucra a estudiantes en esta iniciativa educativa. Asimismo, se implementan técnicas de filtración de agua en cinco hogares de la comunidad mediante filtros especializados, y se pone en práctica el tratamiento del agua a través de humedales caseros. Un registro detallado en una bitácora se mantuvo para identificar y abordar obstáculos que afectaron la ejecución del plan de intervención según lo previsto. Este enfoque integral busca no solo sensibilizar a la comunidad, sino también ofrecer soluciones prácticas para mejorar la calidad y disponibilidad del recurso hídrico en la zona.

4. Evaluación de resultados: Se elaboran gráficas comparativas que permiten visualizar de manera clara y concisa la diferencia entre la situación inicial, la situación planificada y la situación final en cada aspecto de desempeño. Luego, se presenta esta información a los participantes de la investigación. Además, se realiza un análisis exhaustivo de los resultados, incluyendo impactos directos e indirectos de las acciones implementadas. Se analiza también la relevancia de las acciones del plan de intervención que no pudieron ser ejecutadas. Esta evaluación integral proporciona una visión completa de los logros, desafíos y oportunidades para mejorar la gestión de recursos hídricos en el área en cuestión.

4.4 Unidad de Análisis, Sujeto de Estudio, Población y Muestra

La unidad de análisis se define cómo vivienda habitada que cuente con área de almacenamiento hídrico, vivienda con techo de concreto o lámina en una comunidad al noreste de la península de Yucatán.

4.4.1 Definición de Unidad de Análisis

La unidad de análisis se define cómo vivienda habitada que cuente con área de almacenamiento hídrico, vivienda con techo de concreto o lámina en una comunidad al noreste de la península de Yucatán.

4.4.2 Unidad de Observación

La unidad de observación es habitante de la vivienda, jefe de familia que, cuente con la mayoría de edad.

4.4.3 Población

La población es de 1,116 habitantes y 273 casas.

4.4.4 Muestra

La selección de los participantes se hizo siguiendo el método de sujetos voluntarios descrito por Arias et al. (2016). Para determinar el tamaño de la muestra, se consideraron 60 viviendas siguiendo la metodología de cálculo de muestras infinitas. Esto se basó en la aplicación de la fórmula estándar, donde se empleó el nivel de confianza y el margen de error pertinentes para garantizar la representatividad estadística.

$$n = \frac{Z_a^2 \times p \times q}{d^2}$$

Donde:

- n = tamaño de la muestra requerida.
- Z = valor z-score que corresponde al nivel de confianza deseado.
- p = proporción estimada de la característica de interés en la población.
- d = margen de error tolerable.

Esta fórmula te permite determinar el tamaño de la muestra necesario para obtener resultados estadísticamente significativos.

4.5 Definición de Variables o Categorías de Análisis

El presente estudio utiliza las siguientes variables de investigación:

Tabla 2. Variables e indicadores

Variables	Definición conceptual	Indicadores
Estado de la infraestructura en el servicio del agua potable de la edificación	Limpieza, estanqueidad, integridad y nivel de funcionamiento, del conjunto de componentes de la infraestructura en la edificación	Nivel de limpieza del tanque elevado, nivel de limpieza de la cisterna, estanqueidad del sistema,

Disponibilidad del servicio de agua potable en las edificaciones	Suficiencia del volumen y continuidad del horario de suministro por parte del ayuntamiento	Suficiencia del volumen del agua entregada Continuidad del horario de suministro.
Cobertura de servicios públicos a los que tiene acceso la edificación.	Proporción de los servicios públicos básicos a los que tiene acceso la edificación con respecto al total de los existentes en la localidad.	Nivel de acceso al servicio de agua potable Nivel de acceso al servicio de recolección de residuos Nivel de acceso al servicio de drenaje
Fuente de suministro del agua potable	Diversidad de instancias a partir de las cuales la comunidad se abastece del agua que se utiliza para el consumo, saneamiento e higiene.	Proporción del agua empleada que proviene del sistema municipal Proporción del agua empleada que proviene de empresas privadas Proporción del agua empleada que proviene de pozos públicos Proporción del agua empleada que proviene de pozos propios
Intensidad de participación ciudadana en la gestión del recurso hídrico	Diversidad de formas y frecuencia de participación de actores comunitarios en acciones relacionadas con la gestión del agua.	Intensidad de participación ciudadana en el monitoreo de la calidad del agua. Intensidad de participación ciudadana en el monitoreo de las fugas de agua. Intensidad de participación ciudadana en campañas de sensibilización al ahorro del agua y cuidado del manto freático.
Magnitud de las fugas de agua en el sistema de suministro	Proporción del agua que se filtra y se pierde durante el tránsito del agua desde los sitios de extracción hasta su utilización en las edificaciones.	Magnitud de las fugas de agua en la red de distribución Magnitud de las fugas de agua en
Grado de aprovechamiento del agua de lluvia	Complejidad de los sistemas de captación y volumen de agua de lluvia que se capta en las edificaciones	Proporción de familias que recolectan el agua de lluvia Proporción del agua utilizada para riego que proviene de la recolección de agua de lluvia Proporción de agua de uso doméstico que proviene de la recolección del agua de lluvia.

4.6 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información.

4.6.1 Instrumentos de Investigación

Se realizaron entrevistas con cuestionario estandarizado, que como lo menciona Losada (2016), para la evaluación cuantitativa las técnicas de investigación social (TIS), recogen

información a través de cuestionarios y entrevistas estructuradas, donde el entrevistador prepara de antemano las preguntas que se van a realizar mediante un guion secundario y dirigido, que deja poco espacio al entrevistado para salirse del este, en la Figura 4, se define que herramientas son llamadas estructuradas.

La encuesta con cuestionario estandarizado se utilizó para evaluar el conocimiento previo y posterior a los talleres, sobre conocimiento de Buenas prácticas del cuidado del agua y técnicas de recolección de agua. Estas encuestas con cuestionario estandarizado se aplicaron a la muestra seleccionada, en donde sus respuestas serán codificadas para posterior ser analizadas mediante técnicas estadísticas (Losada, 2016).

Figura 4. *Tipos de entrevistas*



Nota: Adaptado *Metodología de la Investigación de Intervención Social* (p. 42), por Losada, 2016, Síntesis.

4.6.2 Proceso de Recolección de Datos

Para la aplicación de las entrevistas guiadas, se visitaron 60 viviendas de la población de Pixyah y se contactó al jefe de familia del hogar.

Para la aplicación del cuestionario estandarizado, se realizó un taller para la difusión de las prácticas y técnicas del cuidado del agua, en donde previo al taller se aplicó un cuestionario que mide el conocimiento con el que cuenta cada uno de los participantes, en total fueron 30 estudiantes de la secundaria “Juan Garcia Ponce” en Pixyah, Yucatán. 2 semanas posterior al taller, se volvió

a aplicar el mismo cuestionario para evaluar el conocimiento de los mismos participantes en el taller de difusión.

4.6.3 Confiabilidad

Para determinar la confiabilidad del cuestionario utilizado, se empleó el método de test-retest. Este método consiste en aplicar el mismo instrumento de medición a la misma muestra de sujetos en dos momentos diferentes. La primera aplicación se realizó para evaluar el conocimiento previo de los sujetos antes de impartir el taller sobre técnicas y prácticas para el cuidado del agua y derecho humano al agua. La segunda aplicación se llevó a cabo 2 semanas desde la finalización del taller, con el fin de medir la estabilidad y consistencia de las respuestas.

Las puntuaciones obtenidas en las dos aplicaciones del cuestionario fueron analizadas para calcular la correlación entre ellas. Se esperaba que los conocimientos medidos por el cuestionario fueran relativamente estables en el corto plazo en ausencia de una intervención educativa. Por lo tanto, una alta correlación entre las puntuaciones de las dos aplicaciones indicaría una buena confiabilidad del cuestionario, demostrando que los resultados son consistentes a lo largo del tiempo.

Se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson para cuantificar la relación entre las puntuaciones de las dos aplicaciones del cuestionario. Un coeficiente de correlación cercano a 1 sugiere una alta confiabilidad test-retest, mientras que un coeficiente cercano a 0 indica una baja confiabilidad.

4.6.4 Validez

En esta investigación, el método de validación utilizado fue mediante el juicio de expertos, es decir, con la opinión informada de personas con trayectoria en el tema reconocidas por otros expertos calificados en éste, y que pueden dar información, evidencia, juicios y valoraciones (Galicia Alarcón et al., 2017).

4.7 Procedimiento de Análisis de Información

Los resultados se analizaron por la metodología de T de student de acuerdo con lo descrito por Hernández (2018). Se plantearon las siguientes hipótesis:

Hipótesis del investigador: El promedio de las calificaciones en el examen de conocimiento sobre técnicas y prácticas para el cuidado del agua con respecto a las que han tomado un taller o plática es mayor a los sujetos que no han tomado alguna plática o taller sobre el cuidado del agua.

H1: El promedio de las calificaciones en el examen de conocimiento sobre técnicas y prácticas para el cuidado del agua es significativamente mayor en aquellos sujetos que han tomado un taller o plática sobre el tema, en comparación con aquellos que no han recibido ninguna capacitación relacionada con el cuidado del agua.

H0: El promedio de las calificaciones en el examen de conocimiento sobre técnicas y prácticas para el cuidado del agua no difiere entre aquellos sujetos que han tomado un taller o plática sobre el tema y aquellos que no han recibido ninguna capacitación relacionada con el cuidado del agua.

El análisis de los datos recolectados se llevó a cabo utilizando Microsoft Excel, una herramienta de software ampliamente reconocida por su capacidad para realizar análisis estadísticos y manejar grandes conjuntos de datos. Para asegurar la precisión en el procesamiento de los datos, se siguieron los siguientes pasos:

1. Categorización de Datos: Inicialmente, los datos se organizaron en una hoja de cálculo de Excel, donde las variables de interés fueron clasificadas en columnas claramente identificadas. Cada fila correspondía a un sujeto o unidad de análisis, asegurando que la integridad de la información se mantenía a lo largo del proceso.
2. Preparación para el Análisis Estadístico: Se realizaron comprobaciones de limpieza de datos para detectar y corregir errores, tales como valores atípicos o entradas duplicadas. Se calculó la media, la desviación estándar y la varianza para las variables clave, lo que proporcionó una visión preliminar de la distribución de los datos.
3. Aplicación de la Prueba t de Student: Se utilizó la función incorporada de prueba t de Excel, que permite comparar las medias de dos grupos independientes para determinar si existe una diferencia estadísticamente significativa entre ellos. Se introdujeron las puntuaciones correspondientes a cada grupo en dos columnas separadas y se seleccionó la función de prueba t para muestras independientes.
4. Interpretación de los Resultados: Microsoft Excel proporcionó el valor t, los grados de libertad y el valor p (probabilidad), elementos esenciales para interpretar la prueba t de

Student. Un valor p inferior al umbral establecido (comúnmente 0.05) indicaba una diferencia significativa entre los grupos.

5. Presentación de los Resultados: Los resultados se presentaron en tablas y gráficos generados dentro de Excel, lo que facilitó la visualización de las diferencias y tendencias en los datos. Estos resultados se integraron en el cuerpo principal de la tesis con la debida interpretación y análisis.

El uso de Microsoft Excel para el análisis estadístico fue esencial debido a su accesibilidad y las herramientas robustas que ofrece para el manejo de datos. La funcionalidad de prueba t de Student proporcionada por Excel permitió realizar un análisis de la información recolectada, contribuyendo así a la validez y fiabilidad de los resultados.

4.8 Consideraciones Finales y reflexiones metodológicas

Durante el proceso de investigación, se enfrentaron diversos desafíos metodológicos que enriquecieron la comprensión del fenómeno estudiado. Uno de los principales retos fue lograr la participación constante de los habitantes en todas las fases del proyecto, debido a factores como la carga laboral, la desconfianza institucional y la falta de acceso a información clara sobre sus derechos hídricos. Esto implicó replantear estrategias de acercamiento, priorizando espacios comunitarios accesibles y horarios flexibles. Además, la aplicación de cuestionarios estandarizados exigió una adaptación cultural y lingüística para garantizar la comprensión adecuada, sin distorsionar los indicadores clave. La implementación de las intervenciones técnicas también supuso desafíos logísticos relacionados con la disponibilidad de materiales y recursos. Estos obstáculos, sin embargo, permitieron reforzar el valor de la flexibilidad metodológica, la escucha activa y el diálogo permanente como pilares indispensables en los procesos de investigación con enfoque transformador.

Capítulo V. Presentación, Análisis y Discusión de los Resultados

5.1 Caracterización de la Situación inicial del Suministro, Aprovechamiento y Tratamiento de los Recursos Hídricos.

Los resultados obtenidos evidencian ciertas particularidades y retos significativos en torno a la gestión y suministro del agua. El primer punto por destacar es el método de almacenamiento y uso del agua que proviene del sistema comunitario de agua potable. Se encontró que el 80% de los residentes almacena esta agua, el 13% la almacena y simultáneamente la usa directamente de la llave de suministro, y el 7% únicamente la utiliza directamente de la tubería. Los habitantes utilizan principalmente tinacos elevados, cubetas de plástico, tambores y “palanganas” para almacenar el agua, con capacidades promedio de 493, 20, 50 y 5 litros respectivamente. La tabla 1 detalla el tipo de almacenamiento, la capacidad y la cantidad de agua potable proveniente del suministro hídrico comunitario que cada vivienda evaluada utiliza para sus actividades cotidianas.

El diagnóstico situacional realizado en la comunidad de Pixyah, Yucatán, permite identificar condiciones críticas en torno al acceso, uso y manejo del recurso hídrico, revelando una vulnerabilidad estructural que compromete el cumplimiento del derecho humano al agua. Este derecho, reconocido por la ONU, exige que toda persona tenga acceso físico, seguro y asequible al agua en cantidad y calidad suficiente para usos personales y domésticos. Sin embargo, los hallazgos en Pixyah muestran un desfase significativo respecto a estos estándares (ONU-Agua, 2021).

a) Formas de Almacenamiento y Disponibilidad

El 80% de los hogares almacena el agua proveniente del sistema comunitario, mientras que el 13% combina almacenamiento con uso directo, y el 7% restante utiliza el agua directamente de la llave. Se observó una diversidad en los tipos de contenedores, destacando los tinacos elevados, cubetas, tambores y palanganas, con capacidades promedio de 493, 20, 50 y 5 litros, respectivamente. Esta práctica refleja una estrategia comunitaria para enfrentar la intermitencia del servicio, sin embargo, la heterogeneidad en la capacidad de almacenamiento sugiere una inequidad en la resiliencia hídrica entre viviendas.

La falta de estandarización en el almacenamiento y especialmente la prevalencia de sistemas abiertos como cubetas y palanganas aumenta el riesgo de contaminación microbiológica,

lo que ha sido ampliamente documentado en comunidades rurales del sur de México (Méndez et al., 2022).

b) Acceso Interrumpido al Agua Potable

Un aspecto alarmante es que el 60% de los habitantes no posee pozo propio, lo que genera dependencia de la red comunitaria. Durante los cortes eléctricos o en temporadas de sequía, el sistema de bombeo falla, provocando **hasta 15 días sin suministro** en algunas viviendas.

Esta condición coincide con investigaciones realizadas en zonas rurales de Campeche y Chiapas, donde la inestabilidad del servicio eléctrico representa un factor determinante en la inoperancia de los sistemas comunitarios de agua (Magaña & Hernández, 2021).

c) Recolección y Uso del Agua de Lluvia

El 53% de los hogares recolecta agua pluvial, con una capacidad promedio de 57.2 litros por vivienda. Esta se destina mayormente a tareas domésticas como la limpieza del hogar, lavado de ropa, aseo personal y, en menor medida, a la preparación de alimentos y lavado de trastes.

Aunque la captación de agua de lluvia representa una alternativa sostenible, la capacidad limitada y la falta de sistemas adecuados reflejan una baja institucionalización de esta práctica. Según la FAO (2021), en comunidades con alta precipitación estacional, como las del sureste mexicano, la promoción de sistemas caseros de captación representa una medida eficaz de adaptación al cambio climático.

d) Calidad Percibida del Agua y Satisfacción del Usuario

El 27% reporta sabor a cloro constante, el 13% ocasional, y el 60% no percibe sabor. Aunque esto puede indicar la presencia de procesos de desinfección, también se observó disconformidad por el olor y sabor del agua, y algunos encuestados manifestaron que dejan “reposar el agua” antes de usarla.

La percepción sensorial del agua incide en la confianza de los usuarios hacia el sistema de abastecimiento. Estudios como el de Ramírez & Bojórquez (2022) indican que el rechazo al sabor del cloro puede motivar el abandono del uso del agua del sistema en favor de fuentes no seguras.

e) Consumo por Actividad y Satisfacción Hídrica

Los resultados de consumo semanal promedio mostraron una alta demanda para limpieza del hogar (42.7 L), lavado de ropa (38.7 L), y preparación de alimentos (26.7 L), entre otros usos. Este patrón sugiere un uso intensivo del recurso, sin embargo, no se refleja en una cobertura equitativa ni suficiente.

f) Agua de Consumo Humano

El 100% del agua para beber proviene de garrafones comprados, con un promedio de consumo semanal de 23.6 litros por vivienda. Esto representa un gasto constante para la comunidad y evidencia una desconfianza estructural en el sistema comunitario.

Esta situación refleja una privatización indirecta del derecho al agua, que genera un gasto recurrente para los hogares. Según informes de la Red de Acción por el Agua (FANMex, 2020), este fenómeno es común en comunidades rurales sin sistemas de tratamiento confiables.

g) Participación Comunitaria y Gestión

La baja participación (solo 13%) en reuniones relacionadas con el agua y el desconocimiento de comités comunitarios revelan una debilidad institucional significativa. A esto se suma que la encargada del sistema de bombeo recibió capacitación limitada, en un solo día, lo que compromete la operación técnica y la seguridad del servicio.

Estos hallazgos reafirman la necesidad de aplicar enfoques como la Investigación Acción Participativa (Zapata & Rodan, 2016), que propone procesos comunitarios horizontales y sostenibles en la gestión de servicios públicos esenciales.

Tabla 3. *Capacidad unitaria, cantidad y capacidad total de almacenamiento en las viviendas estudiadas en Pixyah, Yucatán, por tipo de contenedor.*

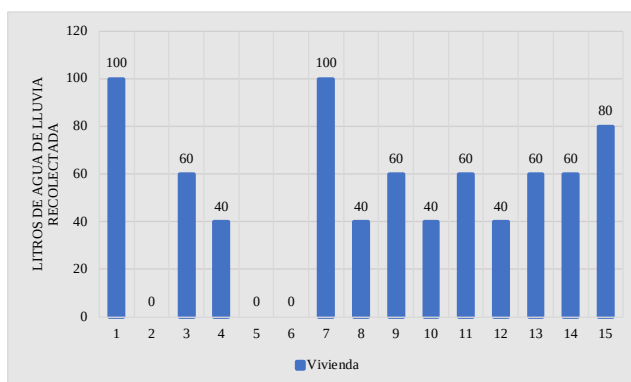
Tipo de contenedor	Capacidad unitaria (lt.)	Cantidad	Capacidad por tipo de contenedor (lt.)
Tinaco	200	1	200
	400	8	3200
	450	3	1250
	500	1	500
	750	2	1500

	1100	1	1100
Tambor	50	3	150
Cubeta	20	45	900
Palangana	5	4	20
Capacidad total			8820
Capacidad promedio por vivienda			588

Un aspecto preocupante es la falta de acceso constante a la red de agua comunitaria. Aproximadamente el 60% de los pobladores no cuenta con un pozo en su vivienda, lo que genera una dependencia directa de la red comunitaria o de los vecinos que sí poseen pozos. Esta problemática se agrava en épocas de sequía y durante los cortes de electricidad, momentos en los cuales la red de distribución de agua no funciona, dejando a los pobladores sin acceso al agua por hasta 15 días consecutivos.

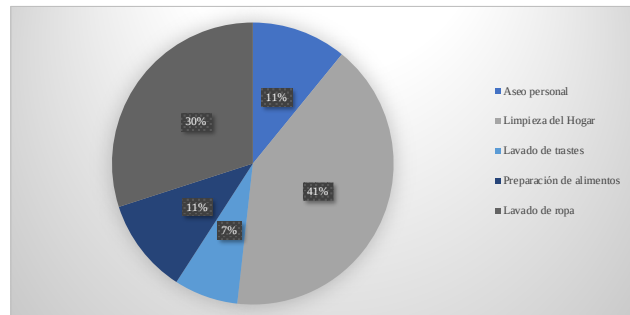
Por otra parte, el estudio reveló que el 53% de la población recolecta agua de lluvia, con una capacidad promedio de recolección de 57.2 litros por vivienda. Esta agua se utiliza predominantemente para tareas domésticas, como la limpieza del hogar, lavado de ropa, preparación de alimentos, aseo personal y lavado de trastes. A continuación, la Figura 5. ilustra la capacidad de recolección de agua en litros de cada una de las viviendas evaluadas en la comunidad de Pixyah, Yucatán.

Figura 5 . Volumen de agua de lluvia recolectada en las familias encuestadas de la comunidad de Pixyah, Yucatán.



De igual manera, el agua de lluvia que se recolecta en las viviendas es usada para el lavado de ropa (55 litros), Limpieza del hogar (75 litros), aseo personal (20 litros), preparación de alimentos (20 litros), lavado de trastes (13.5 litros). La siguiente figura 6, representa el porcentaje destinado a cada actividad.

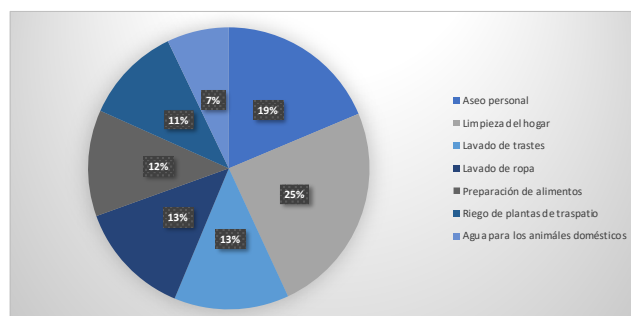
Figura 6. Distribución porcentual del agua de lluvia recolectada, por propósito de uso reportado por los encuestados en Pixyah, Yucatán.



Otro hallazgo relevante fue el hecho de que, en algunas ocasiones, el agua de la red comunitaria tiene sabor y olor a cloro. El 27% de los encuestados reportó que el agua tiene un sabor a cloro constante, el 13% mencionó que solo a veces sabe a cloro, y el 60% aseguró que no detecta sabor a cloro en el agua.

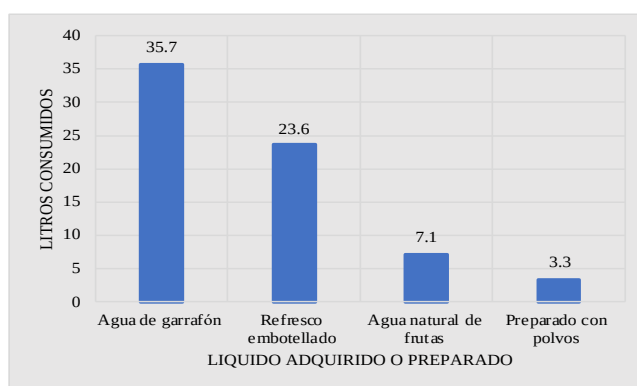
La investigación también registró un promedio semanal de consumo de agua en las viviendas destinada a diferentes usos, destacando el aseo personal (18.7 litros), la limpieza del hogar (42.7 litros), el lavado de trastes (28 litros), el lavado de ropa (38.7 litros), la preparación de alimentos (26.7 litros), el riego de plantas (32 litros) y agua para animales domésticos (10.7 litros). Enseguida se presenta a la Figura 7, donde cada sector representa la proporción del agua utilizada para cada actividad en las viviendas evaluadas, en términos de litros promedio semanales consumidos.

Figura 7. Distribución porcentual del agua recibida en las viviendas proveniente de la red comunitaria de Pixyah, Yucatán, por propósito de uso reportado por los encuestados.



Además, es importante destacar que el agua para beber proviene exclusivamente de garrafones que se adquieren en tiendas familiares de conveniencia, en todas las viviendas evaluadas. En este estudio, se ha evidenciado una notoria prevalencia en el consumo semanal de bebidas embotelladas, con un promedio de consumo semanal por vivienda que alcanza los 23.6 litros. Para representar más claramente estos datos, a continuación, se presenta la Figura 8, que muestra el promedio diario de consumo de líquidos que se utiliza para satisfacer la sed en cada vivienda.

Figura 8. Volumen promedio semanal consumido en las viviendas de los entrevistados, por tipo de líquido adquirido o preparado en las viviendas de Pixyah, Yucatán.



Por último, los resultados evidencian una falta de conciencia y participación en la gestión del agua a nivel comunitario. La población no conoce la existencia de comités comunitarios que traten cuestiones del agua, y sólo el 13% ha participado en reuniones donde se han discutido temas relacionados con el agua.

Resalta la figura de la encargada del manejo de la bomba comunitaria, cuya capacitación para la gestión del sistema de bombeo de agua y cloración es insuficiente y realizada únicamente en un día. Además, el servicio del agua no es continuo, dependiendo de los horarios establecidos durante la capacitación de la encargada.

Resumiendo, los habitantes de Pixyah enfrentan una serie de desafíos en la gestión del agua, que incluyen la falta de acceso constante a la red comunitaria, la dependencia de pozos privados, la recolección y uso de agua de lluvia, y la falta de participación y conciencia comunitaria en torno a la gestión del agua. Este estudio subraya la necesidad de mejorar las prácticas y políticas de gestión del agua en la comunidad para garantizar un suministro de agua seguro, confiable y accesible para todos los residentes.

Este capítulo, además de presentar un análisis empírico de los resultados obtenidos en campo, constituye un espacio de diálogo entre el conocimiento generado y los marcos conceptuales y contextuales que sustentan esta investigación. En este sentido, el análisis no se limita a una lectura técnica de datos, sino que busca interpretar críticamente las condiciones de acceso, gestión y uso del agua en Pixyah desde una perspectiva territorial, socioambiental y participativa.

A través del desglose por objetivos y variables, se pretende identificar no solo los síntomas de la problemática, sino también sus causas estructurales y las oportunidades concretas de transformación. Este enfoque permite revelar cómo los factores materiales (infraestructura, disponibilidad, saneamiento) están interrelacionados con factores sociales y culturales, como la participación, el conocimiento local y las prácticas cotidianas.

Asimismo, se reconoce que los procesos educativos y comunitarios abordados a lo largo de esta investigación tienen el potencial de modificar gradualmente las relaciones de los actores con el recurso hídrico, generando cambios en las actitudes, en la comprensión de los derechos y en las formas de organización social. Esta articulación entre teoría, práctica y reflexión participativa es uno de los aportes centrales de este trabajo y será desarrollada con mayor profundidad en las siguientes secciones de este capítulo.

5.2 Causa Raíz de los Problemas Identificados

El análisis de la causa raíz de los problemas identificados en la gestión y distribución del agua en la comunidad revela una compleja red de factores interrelacionados. A partir de la lluvia de ideas y el diagrama de Ishikawa realizado, hemos identificado varias áreas críticas que requieren

atención urgente. Estas áreas han sido resaltadas en amarillo para destacar su relevancia. A continuación, se presenta un análisis detallado de las causas raíz y sus implicaciones.

1. Problemas de servicio y suministro: Una de las causas más destacadas de los problemas de suministro de agua son los periodos sin suministro, influenciados por varios factores interrelacionados:
 - Bajo Nivel Freático: La sequía y la baja recarga de los acuíferos han llevado a niveles freáticos insuficientes, afectando directamente la disponibilidad de agua para la extracción y distribución.
 - Comité con Pocos Integrantes: La falta de un comité robusto y bien capacitado dificulta la gestión efectiva del suministro de agua. La baja participación y el escaso involucramiento de la comunidad agravan esta situación.
 - Capacidad de Bomba Inferior a la Requerida: La infraestructura inadecuada, en particular las bombas de baja capacidad, no puede satisfacer la demanda de agua, resultando en interrupciones frecuentes del suministro.
2. Irregularidades en la distribución del agua. la distribución irregular del agua también es un problema significativo:
 - Capacidad de Almacenamiento Limitada: La infraestructura de almacenamiento existente es insuficiente para manejar la demanda de agua, especialmente durante los periodos de alta demanda.
 - Fugas en el Sistema de Distribución y Almacenamiento: Las pérdidas significativas de agua debido a fugas en los contenedores de almacenamiento y en la red de distribución contribuyen a la insuficiencia del suministro de agua.
 - Supervisión Insuficiente por Parte de las Autoridades Locales: La falta de supervisión regular y efectiva por parte de las autoridades locales contribuye a la falta de mantenimiento preventivo y correctivo necesario.
3. Gestión Deficiente: baja o Nula Presión del Agua

- La baja presión del agua es otro problema significativo, derivado de múltiples causas:
Potencia de Bomba Inadecuada: Las bombas instaladas no tienen la potencia necesaria para mantener una presión adecuada en el sistema de distribución.
- Incompetencia Técnica del responsable: La falta de capacitación y competencia técnica en los encargados del manejo de las bombas de agua resulta en una gestión deficiente y frecuentes fallos operativos.
- Comunicación Ineficaz y No Inclusiva: La falta de comunicación adecuada y en varios idiomas para la comunidad impide una gestión efectiva y una respuesta rápida a los problemas.

4. Problemas de Infraestructura: volumen Insuficiente vs. Necesidades

La discrepancia entre el volumen de agua disponible y las necesidades de la comunidad es un problema crítico, exacerbado por varios factores.

- Capacidad de Almacenamiento Limitada: La infraestructura de almacenamiento existente es insuficiente para manejar la demanda de agua, especialmente durante los periodos de alta demanda.
- Fugas en Tinacos Elevados: Las pérdidas significativas de agua debido a fugas en los contenedores de almacenamiento contribuyen al volumen insuficiente de agua disponible para la distribución.
- Distribución Irregular del Agua: La distribución ineficiente y desigual del agua agrava la escasez, con algunas áreas recibiendo más agua que otras.

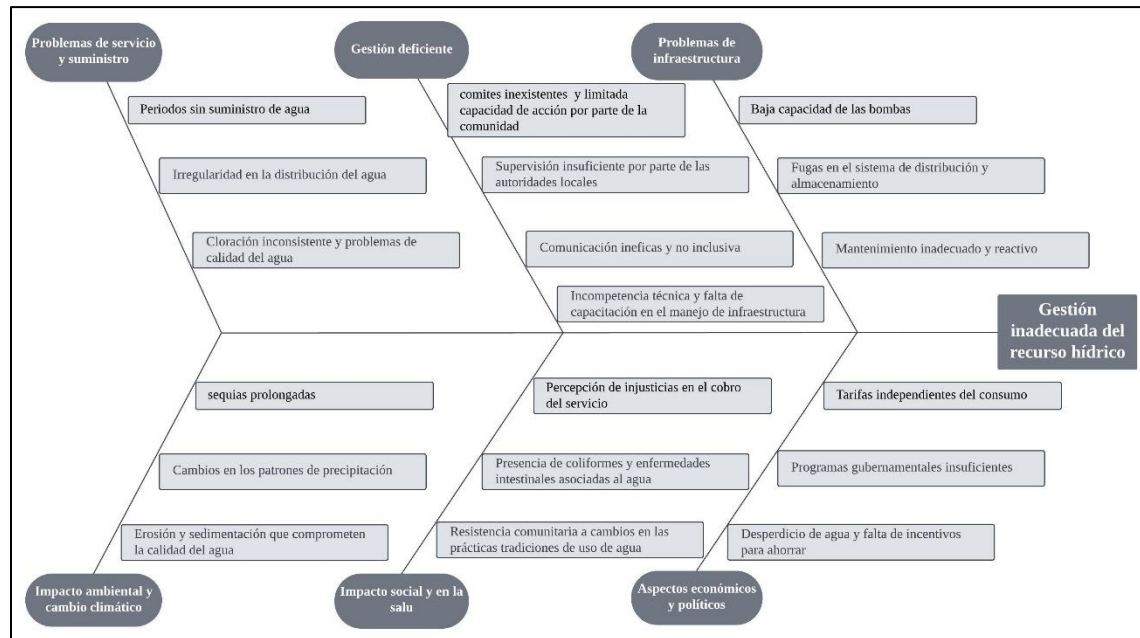
5. Impacto Ambiental y Cambio Climático: las condiciones ambientales también juegan un papel crucial:

- Sequías Prolongadas: La reducción en las precipitaciones y las sequías prolongadas afectan la recarga de los acuíferos, reduciendo la disponibilidad de agua.
- Erosión y Sedimentación: Estos fenómenos comprometen la calidad del agua y aumentan los costos de tratamiento y purificación.

6. Impacto Social y en la Salud: los problemas de gestión del agua tienen impactos directos en la salud y el bienestar de la comunidad:

Figura 10. Causas identificadas de la gestión inadecuada de los recursos hídricos en la comunidad de Pixyah

Fuente: Elaboración propia



Las Figuras 9 y 10 permiten visualizar con claridad el cambio experimentado en las respuestas de los estudiantes antes y después de la intervención educativa. En la primera (Figura 9), se observa cómo las respuestas incorrectas predominaban antes del taller, evidenciando una comprensión limitada de los conceptos relacionados con la conservación del agua y el derecho humano al acceso equitativo. Por el contrario, la Figura 10 refleja una mejora significativa en la cantidad y proporción de respuestas correctas posterior al taller, lo cual refuerza la evidencia estadística ya presentada en las Tablas 4 y 5.

Estos resultados confirman que el taller no solo tuvo un impacto positivo a nivel cognitivo, sino también en el nivel de comprensión ética y social de los estudiantes sobre el uso del agua. La transformación observada responde directamente a los principios de la educación transformadora planteados por autores como Freire (2000), quien destaca que el conocimiento cobra sentido cuando se vincula con la realidad de los sujetos y se convierte en motor de cambio. En este caso, el entorno hídrico de Pixyah se convirtió en un eje pedagógico que permitió articular conocimientos científicos, valores sociales y prácticas sostenibles.

Además, el contraste entre ambas figuras pone de relieve que los avances en los tres ejes de evaluación, conservación, derecho y buenas prácticas, no se produjeron de manera homogénea. Mientras que los aprendizajes vinculados a la conservación del agua mostraron mayor mejora cuantitativa, los relacionados con el derecho humano al agua, aunque más complejos de asimilar, también reflejaron un crecimiento notable. Esto sugiere que el componente ético del taller, si bien desafiante, fue bien recibido por los estudiantes, quienes lograron apropiarse del concepto y asociarlo con su realidad comunitaria.

Cabe señalar que este tipo de intervenciones cobra especial relevancia en contextos rurales como Pixyah, donde las oportunidades de formación en temas ambientales y de derechos humanos suelen ser escasas o inexistentes. Por tanto, los resultados obtenidos refuerzan la necesidad de incorporar de manera sistemática la educación ambiental con enfoque participativo dentro del currículo escolar, adaptado al contexto sociocultural de cada comunidad.

Finalmente, las figuras analizadas contribuyen a una comprensión visual y concreta de los avances logrados, permitiendo comunicar de manera más clara y efectiva el impacto del taller a públicos diversos, incluyendo autoridades educativas, tomadores de decisiones y la comunidad en general. Esta visualización complementa y potencia los hallazgos cuantitativos, fortaleciendo la validez de las conclusiones extraídas en este estudio.

5.3 Interpretación de los Resultados de la Prueba t Pareada en Talleres

El análisis de resultados del instrumento aplicado reveló incrementos significativos en varias áreas clave del conocimiento y actitudes de los estudiantes. Hubo un aumento del 33% en el reconocimiento de la reparación rápida de fugas de agua como una acción conservacionista clave. Este resultado subraya el éxito del taller en enfatizar prácticas de conservación efectivas y esencialmente prácticas. La percepción de los estudiantes sobre el derecho humano al agua como el acceso equitativo y suficiente se incrementó significativamente después del taller, pasando de un 20% a un 67% en la selección correcta. Este resultado es testimonio de la eficacia del taller en fortalecer la comprensión de los aspectos éticos y legales del acceso al agua. La percepción de los estudiantes sobre el derecho humano al agua como el acceso equitativo y suficiente se incrementó significativamente después del taller, pasando de un 20% a un 67% en la selección correcta. Este resultado es testimonio de la eficacia del taller en fortalecer la comprensión de los aspectos éticos y legales del acceso al agua. La recomendación de reutilizar el agua de cocer verduras para regar plantas se reconoció más frecuentemente como una práctica responsable después del taller, con un

aumento del 27%. Esta mejora indica un potencial aumento en la adopción de prácticas sostenibles en el hogar.

En la Tabla 4 Se observa el porcentaje de estudiantes con selección de respuestas apegadas a los 3 ejes de evaluación.

Tabla 4 . *Proporción de estudiantes que seleccionaron las respuestas correctas por eje determinado*

Eje	Proporción de respuestas correctas [%]	
	Antes del taller	Después del taller
Conservación del Agua	42%	75%
Derecho Humano al Agua	20%	67%
Buenas prácticas	10%	37%

La prueba t de Student para muestras emparejadas indicó un incremento sustancial en el conocimiento sobre prácticas responsables del cuidado del agua tras la intervención educativa. (Tabla 5).

Tabla 5. *Resultados antes y después del taller, respectivamente, relacionados con el conocimiento de conservación y derecho al agua de los estudiantes.*

	Antes del taller	Después del taller
Media	8.7	15
Varianza	9.38965517	10.62068966
Observaciones	30	30
Coefficiente de correlación de Pearson	0.45925349	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	29	
Estadístico t	-10.48161	
P(T<=t) una cola	1.1231E-11	
Valor crítico de t (una cola)	1.69912703	
P(T<=t) dos colas	2.2462E-11	
Valor crítico de t (dos colas)	2.04522964	

Se observó que la media de las calificaciones antes del taller fue de 8.7 (Varianza = 9.39), aumentando a 15 (Varianza = 10.62) después del taller, con todas las observaciones

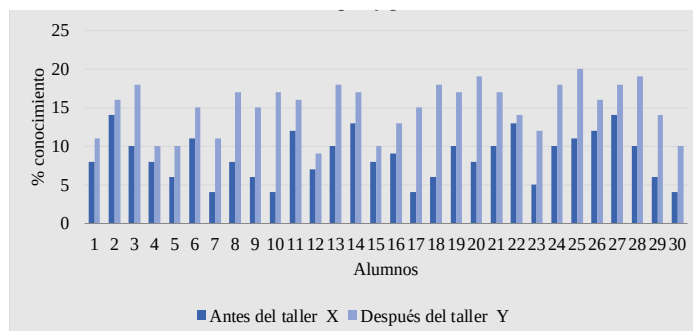
correspondientes a los 30 estudiantes participantes. El coeficiente de correlación de Pearson reflejó una asociación moderada entre las variables estudiadas.

La Figura 11 ilustra la relación entre el nivel de educación ambiental y la adopción de prácticas adecuadas para el cuidado del agua, mostrando una conexión positiva y sugerente de que un mayor nivel educativo influye en la adopción de prácticas responsables.

La hipótesis nula se evaluó contra un umbral de significancia de 0.05. Con un valor p significativamente inferior a dicho umbral para pruebas de una y dos colas, se rechazó la hipótesis nula, aceptando la alternativa que sugiere una mejora significativa en el conocimiento debido al impacto de los talleres impartidos.

El estadístico t alcanzó un valor de -10.48, sustentando la existencia de diferencias significativas en las calificaciones pre y post-intervención. Los valores críticos para pruebas de una y dos colas (1.699 y 2.045, respectivamente) corroboran estos hallazgos, afianzando la premisa de que los talleres tienen un efecto positivo y significativo en el conocimiento de los estudiantes respecto al cuidado del agua.

Figura 11. *Calificaciones obtenidas antes y después de participar en el taller por estudiante.*
Fuente: Elaboración propia



Como parte del plan de intervención diseñado bajo el enfoque de la Investigación-Acción Participativa (IAP), se implementaron talleres educativos en la telesecundaria “Juan García Ponce” de la comunidad de Pixyah, con el objetivo de sensibilizar a los estudiantes sobre el derecho humano al agua y fomentar buenas prácticas en su conservación. La intervención educativa fue evaluada mediante una prueba tipo cuestionario aplicada antes y después del taller, cuyos resultados se interpretaron a través de la prueba t de Student para muestras pareadas.

Los resultados mostraron un aumento significativo en el conocimiento de los estudiantes sobre prácticas sostenibles y el derecho humano al agua. Por ejemplo, el reconocimiento de la reparación de fugas como acción clave de conservación aumentó del 42 % al 75 %, y el conocimiento del concepto del derecho al agua pasó de un 20 % a un 67 %. Esto demuestra que incluso intervenciones de corta duración pueden tener un impacto relevante si están bien diseñadas y se adecuan al contexto cultural y educativo de la población.

Desde la perspectiva de la ecopedagogía (Freire, 2000; Gadotti, 2009), la educación debe ser un proceso emancipador que permita a los sujetos reconocer su entorno, reflexionar sobre sus problemáticas y actuar para transformarlas. En este sentido, los talleres no solo transmitieron información técnica, sino que buscaron activar una conciencia crítica en torno al agua como bien común y derecho humano, promoviendo prácticas que puedan ser replicadas en el hogar y compartidas con la comunidad.

Asimismo, la metodología utilizada, la IAP, permitió que el proceso educativo se desarrollara de forma horizontal, reconociendo a los estudiantes como actores con saberes previos y experiencias significativas. Este enfoque fortaleció el sentido de pertenencia, y facilitó la apropiación de los contenidos. Tal como señala Zapata (2016), la IAP no solo investiga la realidad, sino que busca transformarla con y desde los actores involucrados.

Los resultados del taller también permiten vislumbrar una ruta para la formación de agentes multiplicadores comunitarios. En contextos donde la participación adulta es baja y existen barreras culturales para la organización, el trabajo con juventudes puede abrir canales alternativos de acción social. De acuerdo con estudios recientes sobre participación juvenil en comunidades rurales (Bustos-Sánchez & Camacho-Torres, 2024), los procesos educativos que integran componentes ambientales, culturales y éticos fortalecen la conciencia crítica y el compromiso con el territorio.

Aunque los resultados fueron positivos, también se identificaron desafíos importantes. Por ejemplo, el alcance de los talleres fue limitado en número de participantes y duración. Además, no se diseñó una estrategia posterior de seguimiento para monitorear si el conocimiento adquirido se tradujo en cambios sostenidos en las prácticas. Sin embargo, esta experiencia representa una base sólida para el desarrollo futuro de programas de educación ambiental más amplios, integrados en el sistema escolar local y con apoyo institucional.

Desde las dimensiones de la sustentabilidad social y cultural, esta intervención contribuye al fortalecimiento de capacidades locales y al empoderamiento de los actores comunitarios

jóvenes, lo cual es clave para alcanzar una gestión más justa y sostenible del agua. Asimismo, responde al llamado de la Agenda 2030 (ODS 6 y ODS 4) de garantizar el acceso al agua limpia y al mismo tiempo promover una educación de calidad que forme ciudadanos conscientes y comprometidos con su entorno.

5.4 Ecotecnias

5.4.1 Resultado de la Aplicación de Ecotecnias en el Riego

Este estudio investigó la efectividad de diversas ecotecnias aplicadas al riego en un entorno rural. Entre las técnicas implementadas, el riego por goteo con botellas de plástico recicladas demostró ser una solución innovadora y sostenible para la gestión eficiente del agua.

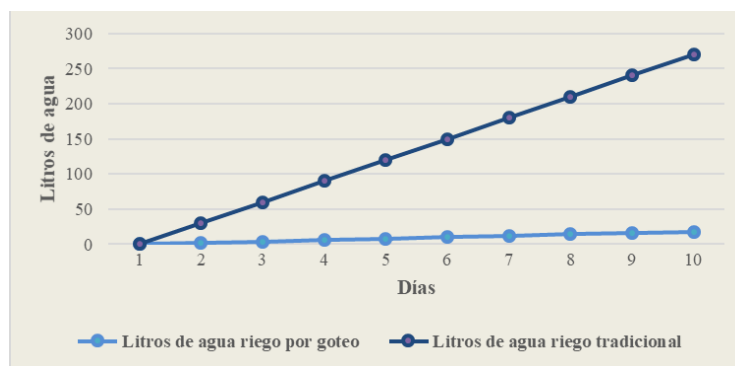
A continuación, se presentan los resultados obtenidos (Figura 12): Riego por goteo con botellas de plástico:

- **Implementación:** se prepararon 15 botellas de plástico recicladas con un volumen de 2 litros, las cuales se instalaron en la proximidad de las raíces de 15 plantas seleccionadas. Se perforaron 10 agujeros de 0.5 mm en las tapas para controlar el flujo de agua. Durante un período de 4 semanas, se monitoreó la tasa de flujo de agua. Se observó una reducción en el consumo de agua del 15% en comparación con el riego tradicional. En la figura 11 se observa la reducción de consumo.
- **Resultados:** La gráfica adjunta muestra una comparación de la tasa de flujo de agua entre el riego por goteo y el riego tradicional a lo largo de diez días. Los resultados indican que el riego tradicional utilizó significativamente más agua que el riego por goteo. Específicamente, el riego tradicional incrementó de manera constante la cantidad de agua utilizada, alcanzando cerca de 250 litros al final del periodo. En contraste, el riego por goteo mantuvo un flujo constante y bajo de agua, alrededor de 50 litros diarios. Estos resultados sugieren que el riego por goteo es una opción más eficiente para el uso del agua, especialmente en regiones donde este recurso es limitado.
- **Dificultades:** Durante la implementación de ambos métodos de riego, se encontraron varias dificultades. En primer lugar, el sistema de riego por goteo requirió una instalación inicial compleja y un mantenimiento continuo para asegurar que los emisores no se obstruyeran con sedimentos o minerales presentes en el agua. Además, hubo desafíos relacionados con la distribución uniforme del agua, ya que algunas plantas recibieron más agua que otras

debido a variaciones en la presión del sistema. Por otro lado, el riego tradicional, aunque más simple de implementar, resultó en un uso excesivo de agua, lo cual no solo es ineficiente, sino que también puede causar problemas de erosión del suelo y lixiviación de nutrientes. A pesar de estas dificultades, la implementación del riego por goteo demostró ser una solución más sostenible y eficiente para el manejo del agua en la agricultura.

Figura 12. Resultado de tasa de flujo del agua riego por goteo vs riego tradicional aplicado durante 10 días

Fuente: Elaboración propia



5.4.2 Resultados de la Aplicación de Ecotecnias en Captación de Agua.

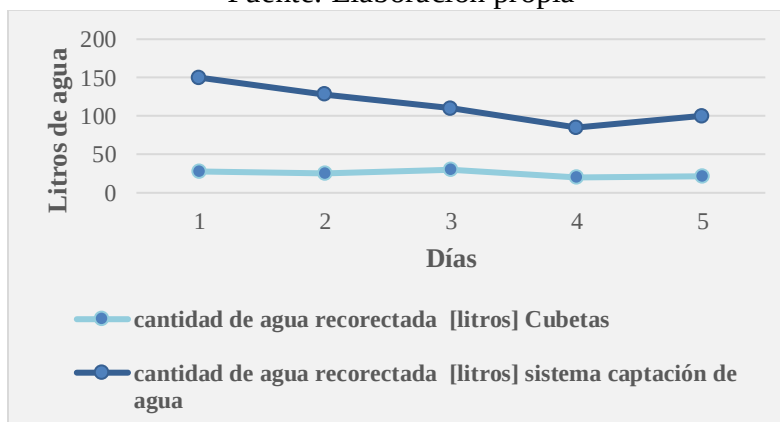
Este estudio evaluó la efectividad de diversas ecotecnias aplicadas a la captación de agua en un entorno urbano y rural (figura 12). Se compararon dos métodos principales de captación de agua de lluvia: el uso de cubetas y un sistema de captación de agua casero. A continuación, se presentan los resultados obtenidos: captación de agua con cubetas (Figura 13).

- **Implementación:** Para evaluar la eficacia de las ecotecnias en la captación de agua, se implementaron dos métodos distintos: el uso de cubetas y un sistema de captación de agua de lluvia. La implementación se llevó a cabo en un entorno controlado durante un período de cinco días. Cada día se midió la cantidad de agua recolectada por ambos métodos para comparar su eficiencia. Las cubetas se colocaron en áreas abiertas para recolectar agua directamente de la lluvia, mientras que el sistema de captación de agua utilizó una superficie inclinada para canalizar el agua hacia un contenedor de almacenamiento.

- **Resultados:** La gráfica adjunta muestra una comparación de la tasa de captación de agua por lluvia entre las cubetas y el sistema de captación de agua a lo largo de cinco días. Los resultados indican que el sistema de captación de agua fue significativamente más eficiente que el uso de cubetas. Específicamente, el sistema de captación recolectó una media de 150 litros de agua al inicio, aunque esta cantidad disminuyó a lo largo del periodo, probablemente debido a variaciones en las condiciones climáticas. En comparación, las cubetas recolectaron consistentemente menos agua, con una media que se mantuvo por debajo de los 50 litros diarios. Estos resultados demuestran la mayor eficacia del sistema de captación de agua en la recolección de agua de lluvia.
- **Dificultades:** Durante la implementación de ambos métodos, se encontraron varias dificultades. En primer lugar, el uso de cubetas presentó desafíos relacionados con la estabilidad y la posibilidad de volcarse durante tormentas fuertes. Además, el mantenimiento de las cubetas para evitar la acumulación de residuos fue un aspecto crítico para asegurar la pureza del agua recolectada. Por otro lado, el sistema de captación de agua, aunque más eficiente, requirió una instalación más compleja y un mayor costo inicial. Hubo también dificultades técnicas relacionadas con el diseño del sistema de canalización, que en ocasiones no funcionó de manera óptima debido a la inclinación insuficiente de las superficies colectoras. A pesar de estas dificultades, la implementación de ecotecnias demostró ser una solución viable y eficiente para la captación de agua de lluvia.

Figura 13. Resultado en variación de tasa de captación de agua por medio de sistemas tradicionales vs por sistema de captación de agua.

Fuente: Elaboración propia



Los resultados del taller revelan no sólo un aumento cuantitativo en el conocimiento sobre el cuidado del agua, sino también una transformación en la percepción de los estudiantes respecto al valor del recurso y su vínculo con derechos fundamentales. Desde el enfoque de la Investigación-Acción Participativa (IAP), esta intervención se alinea con el objetivo de empoderar a la comunidad mediante procesos educativos que vinculan el conocimiento técnico con la experiencia cotidiana. La participación de los estudiantes no se limitó a una recepción pasiva, sino que se incentivó la reflexión crítica y el compromiso activo con su entorno hídrico.

A partir de lo observado, se reconoce que la educación ambiental, cuando está contextualizada cultural y territorialmente, puede convertirse en una herramienta poderosa de transformación social. Tal como lo plantean Freire (2000) y Gadotti (2009), educar para la sustentabilidad implica formar sujetos críticos capaces de actuar sobre su realidad.

Esta experiencia también muestra el potencial de los jóvenes como agentes multiplicadores. Aunque la intervención tuvo una duración limitada, sentó las bases para futuras estrategias de formación continua dentro de la telesecundaria y, eventualmente, en espacios comunitarios más amplios. La incorporación de temas como el derecho humano al agua, las ecotecnias y el impacto del cambio climático puede reforzar una ciudadanía ambiental activa y consciente.

En el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (particularmente el ODS 6 y el ODS 4), esta intervención educativa representa un avance en la integración de la educación para el desarrollo sostenible con acciones concretas a nivel local, contribuyendo a la construcción de comunidades más resilientes, informadas y comprometidas con el uso justo y racional del agua.

5.5 Discusión crítica sobre la implementación de enotecnias

La implementación de ecotecnias en la comunidad de Pixyah, específicamente sistemas de riego por goteo con botellas recicladas y captación de agua de lluvia mediante sistemas caseros, evidenció que es posible mejorar el aprovechamiento del recurso hídrico con tecnologías de bajo costo, accesibles y culturalmente apropiadas. Las reducciones en el consumo de agua y el aumento en la eficiencia del riego y la recolección pluvial constituyen un avance significativo frente al contexto de escasez hídrica e intermitencia en el suministro.

Más allá de los resultados técnicos, estas experiencias tienen un profundo valor social y ambiental. Tal como argumenta Leff (2004), las ecotecnias no sólo resuelven un problema práctico, sino que representan una forma alternativa de relacionarse con el entorno, al fomentar la

autonomía, la resiliencia comunitaria y la reconexión con los ciclos naturales. En el caso de Pixyah, su aplicación permitió activar procesos de reflexión comunitaria sobre el uso del agua, cuestionar el modelo de consumo y recuperar prácticas sostenibles de manejo del recurso.

Desde la perspectiva de la sustentabilidad, las ecotecnias implementadas abarcan las tres dimensiones principales:

Ambiental: reducen el uso de agua potable para actividades que pueden suplirse con agua captada o reciclada, y disminuyen la presión sobre el acuífero kárstico local.

Económica: representan una inversión mínima con alto retorno, pues disminuyen el gasto en agua embotellada o en servicios de acarreo.

Social: refuerzan el tejido comunitario al fomentar la cooperación, la autoorganización y la transmisión de conocimientos locales.

Asimismo, la participación activa de algunas familias en la instalación y monitoreo de estos sistemas fortaleció la apropiación del proceso, lo cual es clave para su sostenibilidad a largo plazo. La experiencia confirma lo documentado por Maldonado y Torres (2023), quienes destacan que cuando las ecotecnias son co-diseñadas e implementadas con participación comunitaria, su mantenimiento y efectividad se incrementan considerablemente.

No obstante, también se presentaron limitaciones: en algunos casos, la instalación inicial fue percibida como compleja o poco estética; además, hubo dificultades técnicas derivadas de la falta de capacitación previa. Esto sugiere que, para lograr una mayor escala de implementación, es necesario acompañar la difusión de ecotecnias con procesos formativos adecuados, seguimiento técnico y mecanismos de financiamiento solidario o cooperativo.

Finalmente, es importante destacar que estas acciones no deben ser vistas como soluciones aisladas, sino como parte de una estrategia integral de Gestión Comunitaria del Agua, articulada con políticas públicas locales y planes de adaptación al cambio climático. La experiencia en Pixyah demuestra que las ecotecnias, cuando se insertan en un proceso participativo, pueden convertirse en catalizadores de transformación social hacia modelos más sostenibles, justos y culturalmente pertinentes.

5.6 Participación comunitaria: logros y limitaciones

Uno de los ejes fundamentales de esta investigación fue promover la participación activa de la comunidad en el diagnóstico, diseño e implementación de soluciones relacionadas con el agua.

Desde la metodología de Investigación-Acción Participativa (IAP), se buscó que los habitantes no fueran solo receptores de conocimiento técnico, sino sujetos activos en la generación de propuestas, reconociendo sus saberes, necesidades y contextos.

A pesar de los esfuerzos realizados, la participación comunitaria presentó importantes limitaciones. La mayoría de los hogares no estuvo involucrada directamente en el proceso de planeación ni en los comités de agua. Solo el 13 % de los encuestados había participado en reuniones relacionadas con el recurso hídrico, y en muchos casos se identificó desconocimiento sobre la existencia de mecanismos comunitarios de gestión. La figura de la encargada del sistema de bombeo, capacitada en una sola jornada, refleja tanto la precariedad de los procesos institucionales como la sobrecarga que suele recaer en una sola persona, sin estructuras colectivas de apoyo.

Este fenómeno no es exclusivo de Pixyah. En muchas comunidades rurales e indígenas de México, la participación comunitaria ha sido históricamente obstaculizada por múltiples factores: la falta de tiempo debido a las condiciones laborales, la desconfianza hacia las autoridades, el desencanto por experiencias anteriores, el debilitamiento del tejido social y, en algunos casos, la ausencia de canales accesibles para la toma de decisiones (Rodríguez Wallenius & González Reynoso, 2021).

Sin embargo, también hubo avances importantes. La disposición de algunas familias a participar en la instalación de ecotecnias y el involucramiento de jóvenes en los talleres escolares abrieron ventanas de oportunidad para una participación más amplia y sostenida en el futuro. Estas experiencias muestran que, cuando los procesos son respetuosos, contextualizados y graduales, la comunidad responde con interés, sobre todo si se perciben beneficios tangibles.

Desde la teoría de la gobernanza del agua, este caso refuerza la necesidad de transitar de modelos verticales y asistencialistas a esquemas de cogestión basados en el diálogo, la confianza y la corresponsabilidad. La construcción de capacidades locales no puede entenderse como una simple capacitación técnica, sino como un proceso de fortalecimiento organizativo, de reconocimiento de derechos, y de autonomía para la toma de decisiones.

Por tanto, se concluye que uno de los desafíos centrales para avanzar hacia una gestión integral y sostenible del agua en Pixyah es crear condiciones que favorezcan una participación comunitaria real, incluyente y efectiva. Esto implica, entre otras acciones:

- Promover procesos de formación comunitaria continuos en temas técnicos y de gobernanza.
- Reconocer y reactivar formas tradicionales de organización local en torno al agua.
- Establecer espacios permanentes de diálogo y toma de decisiones.
- Generar confianza a través de la transparencia y la rendición de cuentas.

En suma, la participación comunitaria no es una condición previa, sino un proceso que debe ser cuidadosamente cultivado. La intervención realizada permitió identificar tanto sus límites como sus potencialidades, y dejó sembrada la semilla para futuros procesos de gestión del agua más democráticos, sostenibles y culturalmente arraigados.

5.7 Análisis por variables

El presente apartado tiene como propósito analizar los resultados obtenidos en relación con las variables establecidas en la metodología de esta investigación. Este enfoque permite evaluar de manera estructurada los componentes clave de la gestión del recurso hídrico en Pixyah, articulando los hallazgos empíricos con el marco conceptual y contextual.

A continuación, se presenta una síntesis del análisis por variable:

Tabla 6 *Análisis integral por variables clave en la gestión del agua en Pixyah.*

Variable	Resultados principales	Implicaciones	Referencias teóricas
Estado de la infraestructura	La mayoría de los hogares utiliza contenedores improvisados (cubetas, tambores) y sólo una parte tiene tinacos adecuados. Las fugas son frecuentes.	Riesgo de contaminación microbiológica y desigualdad en la capacidad de almacenamiento. Necesidad de mejorar la infraestructura doméstica.	Leff (2004); Cruz & Martínez (2015)
Disponibilidad del servicio	El 60 % de las viviendas no cuenta con pozo propio y depende de la red comunitaria, que se interrumpe con los cortes eléctricos.	Vulnerabilidad estructural e inseguridad hídrica. Dependencia crítica del sistema comunitario.	Moctezuma (2011); ONU-Agua (2020)

Cobertura de servicios públicos	Acceso limitado al drenaje y tratamiento de agua; predominan las fosas sépticas.	Riesgo sanitario para los hogares y para el acuífero kárstico de la región.	SEMARNAT (2019); Bautista & Palacio (2014)
Fuente de suministro	100 % del agua para beber proviene de garrafones comprados.	Privatización indirecta del agua potable; gasto económico constante.	Castro (2006); FANMex (2020)
Participación comunitaria	Solo el 13 % ha asistido a reuniones. Se desconoce el comité o responsables del sistema.	Falta de apropiación social del servicio. Debilidad institucional comunitaria.	Rodríguez Wallenius & González Reynoso (2021); Burns (2014)
Fugas en el sistema	Reportes de fugas en tuberías y tanques caseros sin mantenimiento.	Pérdidas significativas de agua; ineficiencia en el uso del recurso.	GWP (2000); Arias (2008)
Aprovechamiento del agua de lluvia	53 % recolecta agua pluvial, pero con recipientes improvisados.	Potencial de mejora mediante ecotecnias de captación formalizadas.	FAO (2021); Valenzuela & Bautista (2019)

Este análisis permite observar que muchas de las deficiencias identificadas no se deben únicamente a carencias técnicas, sino a estructuras sociales, políticas y económicas que afectan de manera sistemática a las comunidades rurales. El cruce de estas variables con los enfoques teóricos abordados, como la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), el derecho humano al agua y la sustentabilidad territorial revela que la problemática hídrica en Pixyah debe ser abordada desde una perspectiva integral y participativa.

Además, el hecho de que todas las variables estén interrelacionadas refuerza la necesidad de diseñar soluciones complejas, intersectoriales y culturalmente contextualizadas, como lo proponen autores como Gudynas (2011) y Toledo & Barrera-Bassols (2008).

En síntesis, el análisis por variables permite visibilizar que la problemática hídrica en Pixyah es multidimensional, estructural y socialmente determinada. Las carencias en infraestructura, la intermitencia del servicio, la falta de saneamiento, la dependencia de fuentes privatizadas de agua potable, la baja participación comunitaria y el subaprovechamiento del agua pluvial no son fenómenos aislados, sino expresiones de una lógica histórica de exclusión territorial.

Cada una de las variables analizadas revela componentes clave del modelo de gestión hídrica actualmente vigente en la comunidad, el cual se caracteriza por su fragilidad técnica, su débil institucionalidad comunitaria y su desconexión con las políticas públicas orientadas a

garantizar el derecho humano al agua. Esta situación coincide con lo expuesto por autores como Moctezuma Barragán (2011) y Rodríguez Wallenius (2021), quienes señalan que en muchas comunidades rurales de México el Estado ha delegado la gestión del agua a estructuras comunitarias no profesionalizadas, sin acompañamiento técnico ni reconocimiento legal.

Sin embargo, también se identifican espacios de posibilidad. Las formas emergentes de captación pluvial, la disposición de algunas familias a participar en procesos de mejora, el interés manifestado por los jóvenes en los talleres escolares, y la apropiación incipiente de prácticas sostenibles en algunos hogares, constituyen puntos de partida para una transición hacia modelos de gestión comunitaria más equitativos, sostenibles y culturalmente pertinentes.

Este análisis confirma que cualquier propuesta de intervención o mejora debe partir del reconocimiento de estas variables interrelacionadas, evitando soluciones aisladas y apostando por procesos integrales que articulen infraestructura adecuada, educación contextualizada, participación efectiva y justicia hídrica. La comunidad de Pixyah posee los elementos necesarios para avanzar hacia ese horizonte, pero requiere el acompañamiento constante de instituciones, organizaciones y políticas públicas comprometidas con un enfoque territorial y de derechos.

5.8 Discusión general

Los hallazgos de esta investigación reflejan que la situación del agua en la comunidad de Pixyah no puede entenderse únicamente como un problema técnico o de infraestructura, sino como una expresión de relaciones históricas de desigualdad, exclusión territorial y fragilidad institucional. A lo largo del capítulo, se ha demostrado cómo los diversos componentes de la problemática hídrica, disponibilidad, acceso, calidad, gobernanza y uso, están profundamente interconectados y enmarcados en un contexto sociopolítico específico.

Desde el enfoque de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), se observa una marcada disfuncionalidad en la articulación de actores e instrumentos. La ausencia del Estado en la provisión de servicios básicos, la falta de apoyo técnico y la invisibilización de las comunidades rurales en los planes de desarrollo hídrico son señales de un modelo centralizado que reproduce lógicas urbanocéntricas. Esta situación va en contra de los principios de equidad, sostenibilidad y participación sobre los que se funda la GIRH.

Asimismo, los resultados empíricos ponen en evidencia cómo el derecho humano al agua, si bien reconocido normativamente, no se garantiza materialmente en contextos como Pixyah. La

dependencia de garrafrones para el consumo, la precariedad de la red comunitaria, y la inseguridad en el almacenamiento y abastecimiento constituyen violaciones indirectas a este derecho. En palabras de Castro (2006), esto representa una forma de “privatización silenciosa”, donde el Estado delega su responsabilidad a los hogares sin dotarlos de los recursos necesarios.

Por otro lado, las experiencias de intervención, los talleres escolares y la implementación de ecotecnias, ofrecen un horizonte de posibilidad para avanzar hacia modelos de gestión más justos, sustentables y participativos. Estas acciones, aunque limitadas en escala, mostraron que es posible generar cambios significativos cuando se trabaja desde metodologías horizontales, con enfoque cultural y territorial. En este sentido, la Investigación-Acción Participativa (IAP) no solo permitió recolectar datos, sino también incidir en la realidad mediante procesos de empoderamiento y apropiación comunitaria.

La discusión también invita a repensar el paradigma de desarrollo dominante. La crítica al modelo neoliberal, expuesta en el marco teórico, encuentra eco en los datos: la mercantilización del agua, la desconexión entre políticas públicas y realidades locales, y la exclusión de las comunidades del diseño de soluciones. Frente a esto, emergen alternativas desde la sustentabilidad territorial, el buen vivir y los enfoques de justicia hídrica, que proponen una gestión comunitaria, descentralizada y adaptada a los contextos.

Finalmente, esta investigación plantea que el camino hacia la garantía plena del derecho al agua en comunidades como Pixyah no pasa únicamente por la mejora técnica de los sistemas, sino por un proceso integral de fortalecimiento comunitario, reconocimiento cultural y construcción de alianzas entre actores locales, escolares, técnicos y gubernamentales. La transformación del sistema hídrico local no puede desvincularse de la transformación de las relaciones de poder que lo sostienen.

Más allá del impacto puntual de las acciones emprendidas, esta investigación evidencia que la transformación de la gestión hídrica en contextos rurales requiere un abordaje sistémico y multiescalar. En el caso de Pixyah, las soluciones sostenibles no pueden construirse únicamente desde lo técnico, sino que deben incorporar dimensiones políticas, pedagógicas, ambientales y culturales. Esto implica asumir que el agua no es solamente un recurso, sino un bien común vinculado a derechos, identidades, relaciones sociales y territorios.

Desde una perspectiva crítica, se observa que la precariedad en el acceso y manejo del agua en la comunidad está íntimamente relacionada con la exclusión histórica de los pueblos indígenas y

rurales de los procesos de planificación y decisión sobre sus propios recursos. Esta exclusión se expresa tanto en la ausencia de inversión pública adecuada como en la invisibilización de los saberes locales en los modelos de gestión hídrica dominante. En este contexto, la educación ambiental participativa y el fortalecimiento comunitario emergen como estrategias esenciales para contrarrestar las desigualdades y avanzar hacia la justicia hídrica.

La experiencia documentada también demuestra que las metodologías de intervención que parten del respeto a la autonomía local —como la Investigación-Acción Participativa— ofrecen herramientas poderosas para generar procesos de apropiación social del agua. Lejos de imponer soluciones externas, estas metodologías promueven el diálogo de saberes y la co-creación de alternativas que responden a las realidades concretas de las comunidades. En este caso, el uso de talleres, ecotecnias y encuestas participativas permitió no solo obtener datos relevantes, sino también sembrar conciencia, fortalecer capacidades locales y reconstruir vínculos comunitarios.

Asimismo, el enfoque territorial de la sustentabilidad cobra especial relevancia, ya que reconoce que no hay soluciones universales para los problemas hídricos, sino respuestas situadas que deben considerar las condiciones ecológicas, sociales y culturales específicas. En Pixyah, el vínculo profundo entre la población y su entorno, así como las condiciones de vulnerabilidad derivadas del modelo de desarrollo extractivista, demandan estrategias que integren resiliencia, justicia social y participación.

En este sentido, el presente trabajo no solo aporta un diagnóstico detallado y una propuesta de intervención local, sino que contribuye a los debates más amplios sobre el derecho humano al agua, la democratización de la gestión hídrica y la necesidad de replantear los modelos de gobernanza desde una lógica de equidad, inclusión y sostenibilidad. Los aprendizajes obtenidos en este proceso pueden servir como insumos para la formulación de políticas públicas más sensibles al territorio y para la réplica de experiencias similares en otras comunidades rurales del sur de México.

Finalmente, es importante destacar que la transformación de las condiciones hídricas en comunidades como Pixyah no depende únicamente del esfuerzo local. Requiere voluntad política, financiamiento público, articulación institucional y un compromiso ético con el respeto a los derechos colectivos. La intervención desarrollada aquí, aunque modesta, representa un paso hacia la construcción de un modelo alternativo de gestión del agua basado en la dignidad, la participación y la sustentabilidad.

Figura 14. *Esquema de intervención participativa para la gestión del agua*

Fuente: Elaboración propia



La siguiente figura 14. presenta un esquema visual que resume los componentes clave de la gestión comunitaria del agua en Pixyah, articulando los marcos conceptuales, las acciones realizadas y los elementos emergentes del trabajo de campo. Este diagrama permite observar cómo la participación comunitaria actúa como eje estructurante del modelo, integrando acciones como la educación ambiental, el aprovechamiento del agua de lluvia y la implementación de ecotecnias. Al mismo tiempo, se vincula con los enfoques teóricos abordados en el marco conceptual, como la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH), la ecopedagogía y la crítica al modelo de mercantilización del agua.

Este modelo gráfico representa una síntesis conceptual del proceso participativo desarrollado en Pixyah y de las relaciones dinámicas entre contexto, intervención y propuestas de transformación. Sirve como guía visual para comprender la lógica integral de esta investigación y las conexiones entre teoría, acción e impacto local

Capítulo VI. Conclusiones y Recomendaciones

6.1 Conclusiones

La investigación realizada en el municipio de Pixyah, Yucatán, ha puesto de manifiesto la importancia de la gestión integral de los recursos hídricos (GIRH) y la participación comunitaria en la promoción de prácticas sostenibles. A lo largo del estudio, se ha demostrado que la implementación de técnicas y tecnologías adecuadas puede mejorar significativamente la suficiencia, sanidad, aceptabilidad, accesibilidad física y asequibilidad del agua en la región. Los siguientes puntos resumen las conclusiones principales del estudio:

- **Importancia de la GIRH:** La gestión integrada de los recursos hídricos es fundamental para asegurar la disponibilidad y calidad del agua a largo plazo. La GIRH no solo abarca la gestión del suministro de agua, sino también la conservación de los ecosistemas acuáticos, la reducción de la contaminación y la implementación de prácticas sostenibles.
- **Participación Comunitaria:** La participación activa de la comunidad es esencial para el éxito de cualquier iniciativa de gestión hídrica. La involucración de los pobladores en el proceso de toma de decisiones y en la implementación de soluciones permite adaptar las prácticas a las necesidades y contextos locales, aumentando así su efectividad y sostenibilidad.
- **Técnicas Sostenibles:** La difusión de técnicas sostenibles, como el uso de ecotecnias para la captación y tratamiento del agua, ha mostrado ser efectiva en la mejora del acceso y calidad del agua en Pixyah. La implementación de sistemas de riego eficientes y la reutilización de aguas residuales son ejemplos de prácticas que contribuyen a una gestión hídrica más sostenible.
- **Educación y Sensibilización:** La educación y sensibilización de la comunidad sobre la importancia del agua y las prácticas sostenibles son cruciales para cambiar hábitos y actitudes. Los talleres y programas educativos han demostrado ser efectivos en la difusión de conocimientos y en la promoción de una cultura de cuidado y respeto hacia los recursos hídricos.
- **Colaboración Interinstitucional:** La colaboración entre diferentes actores, incluyendo gobiernos, organizaciones no gubernamentales, instituciones educativas y la comunidad,

es esencial para abordar los desafíos relacionados con la gestión del agua. La coordinación y el trabajo conjunto permiten maximizar los recursos y conocimientos disponibles, aumentando así la eficacia de las intervenciones.

6.1.1 Almacenamiento y Uso del Agua

El 80% de los residentes almacena agua potable en tinacos elevados, cubetas de plástico, tambores y palanganas, mientras que el 13% la almacena y utiliza directamente de la llave, y el 7% la utiliza directamente de la tubería. La capacidad promedio de almacenamiento varía significativamente, destacando la necesidad de mejorar y estandarizar las infraestructuras de almacenamiento.

6.1.2 Participación Comunitaria

Existe una notable falta de conciencia y participación en la gestión del agua a nivel comunitario. La población no está adecuadamente informada sobre la existencia de comités comunitarios y solo el 13% ha participado en reuniones relacionadas con la gestión del agua.

6.1.3 Capacitación y Gestión del Sistema de Bombeo

La encargada del manejo de la bomba comunitaria no recibe una capacitación adecuada, lo que afecta negativamente la gestión del sistema de bombeo y la cloración del agua. Además, el servicio de agua no es continuo, dependiendo de los horarios establecidos durante la capacitación de la encargada.

6.1.4 Problemas de Suministro y Distribución:

Los problemas de suministro de agua se deben principalmente a la infraestructura inadecuada, como bombas de baja capacidad, y a la baja participación comunitaria. La distribución irregular del agua también es un problema significativo, agravado por factores ambientales y socioeconómicos.

6.1.5 Educación y Sensibilización

Los talleres comunitarios han demostrado ser efectivos en aumentar el conocimiento y las prácticas sostenibles relacionadas con el agua. Se observó un aumento del 33% en el reconocimiento de la importancia de la reparación rápida de fugas de agua y un incremento significativo en la percepción del derecho humano al agua.

6.1.6 Impactos Ambientales y Sociales

La falta de gestión adecuada del agua tiene impactos directos en la salud y el bienestar de la comunidad, incluyendo la presencia de coliformes y enfermedades intestinales. Además, la resistencia comunitaria a cambios en las prácticas tradicionales puede obstaculizar la implementación de soluciones más eficientes y sostenibles.

6.2 Recomendaciones

A partir de las conclusiones obtenidas, se proponen las siguientes recomendaciones para mejorar la gestión hídrica en Pixyah y otras comunidades con contextos similares:

- **Fortalecimiento de la GIRH:** Se recomienda continuar y fortalecer los esfuerzos de gestión integrada de los recursos hídricos. Esto incluye la planificación y gestión coordinada del agua, la implementación de tecnologías adecuadas y la protección de los ecosistemas acuáticos.
- **Fomento de la Participación Comunitaria:** Es crucial seguir promoviendo la participación activa de la comunidad en todas las etapas de la gestión hídrica. Se deben crear espacios de diálogo y toma de decisiones que involucren a los pobladores, garantizando que sus necesidades y perspectivas sean consideradas.
- **Capacitación en Técnicas Sostenibles:** Se recomienda la implementación de programas continuos de capacitación y formación en técnicas sostenibles para la gestión del agua. Esto incluye la promoción de ecotecnias, sistemas de riego eficientes y la reutilización de aguas residuales.
- **Programas de Educación y Sensibilización:** Es esencial desarrollar e implementar programas de educación y sensibilización sobre la importancia del agua y las prácticas sostenibles. Estos programas deben estar dirigidos a diferentes grupos de la comunidad, incluyendo niños, jóvenes y adultos.

- **Establecimiento de Alianzas y Colaboraciones:** Se deben fortalecer las alianzas y colaboraciones entre los diferentes actores involucrados en la gestión hídrica. La creación de redes y plataformas de colaboración permite compartir conocimientos, experiencias y recursos, aumentando así la eficacia de las intervenciones.
- **Monitoreo y Evaluación:** Es fundamental establecer sistemas de monitoreo y evaluación que permitan medir el impacto de las intervenciones y ajustar las estrategias según sea necesario. El seguimiento continuo asegura que las acciones implementadas estén cumpliendo con sus objetivos y permite identificar áreas de mejora.
- **Políticas Públicas y Financiamiento:** Se recomienda el desarrollo de políticas públicas que apoyen la gestión sostenible del agua y la asignación de recursos financieros adecuados para la implementación de proyectos e iniciativas. El apoyo gubernamental y el financiamiento son cruciales para asegurar la sostenibilidad y escalabilidad de las soluciones propuestas.

6.2.1. Fortalecimiento de la Estructura Hídrica

1. Mejora de la Infraestructura de Almacenamiento y Distribución:

- **Instalación de Sistemas de Almacenamiento de Mayor Capacidad:** Dado que una gran proporción de las viviendas utiliza tinacos elevados y otros recipientes para almacenar agua, se recomienda la implementación de sistemas de mayor capacidad y mejor calidad para asegurar un almacenamiento adecuado y seguro.
- **Actualización de Bombas de Agua:** Es necesario reemplazar las bombas de baja capacidad por bombas más eficientes que puedan satisfacer la demanda de agua, minimizando así las interrupciones en el suministro.

2. Implementación de Sistemas de Captación de Agua de Lluvia:

- **Promoción y Subvención de Sistemas de Captación:** Fomentar la instalación de sistemas de captación de agua de lluvia en las viviendas y proveer subvenciones o incentivos para su adopción, lo que aumentará la disponibilidad de agua para usos domésticos y agrícolas.

6.2.2 Sensibilización Comunitaria

1. Programas de Capacitación y Educación Continuada:

- Talleres sobre Gestión del Agua: Organizar talleres educativos continuos sobre la importancia del agua, su conservación y técnicas sostenibles, con especial énfasis en la participación comunitaria y la gestión integral de recursos hídricos.
- Campañas de Sensibilización: Desarrollar campañas de sensibilización para fomentar prácticas de uso eficiente del agua y cuidado del manto freático, dirigidas a diferentes grupos etarios y sectores de la comunidad.

2. Fortalecimiento de la Participación Comunitaria:

- Creación de Comités de Agua: Establecer y capacitar comités comunitarios de gestión del agua que participen activamente en la toma de decisiones y en la supervisión de la calidad y distribución del agua.
- Fomento del Voluntariado: Incentivar la participación de voluntarios en actividades de monitoreo y conservación del agua, promoviendo una cultura de responsabilidad y cuidado del recurso hídrico.

6.2.3 Políticas Públicas y Colaboración Interinstitucional

1. Desarrollo e Implementación de Políticas Sostenibles:

- Políticas de Gestión Integral de Recursos Hídricos: Elaborar y aplicar políticas públicas que promuevan la gestión sostenible del agua, asegurando la inclusión de todos los actores sociales y el respeto a los derechos humanos al agua.
- Regulación y Monitoreo del Uso del Agua: Fortalecer los mecanismos de regulación y monitoreo del uso del agua para evitar desperdicios y garantizar su calidad.

2. Alianzas Estratégicas y Colaboración:

- Colaboración con Instituciones Educativas y ONGs: Fomentar alianzas con instituciones educativas y organizaciones no gubernamentales para el desarrollo de proyectos de investigación, capacitación y sensibilización en torno a la gestión del agua.
- Apoyo Gubernamental y Financiamiento: Buscar el apoyo de entidades gubernamentales para financiar proyectos de infraestructura y programas educativos que promuevan la gestión integral y sostenible del recurso hídrico.

6.2.4 Monitoreo y Evaluación

1. Sistemas de Monitoreo de Calidad del Agua:
 - **Establecimiento de Protocolos de Monitoreo:** Implementar sistemas y protocolos de monitoreo regular de la calidad del agua para detectar y corregir posibles contaminaciones de manera oportuna.
 - **Uso de Tecnología Avanzada:** Integrar tecnologías avanzadas de monitoreo y análisis de datos para una gestión más eficiente y precisa de los recursos hídricos.
2. Evaluación de Impacto y Retroalimentación:
 - **Evaluaciones Periódicas:** Realizar evaluaciones periódicas del impacto de las intervenciones y programas implementados, utilizando métricas claras y cuantificables para medir el éxito y áreas de mejora.
 - **Retroalimentación Comunitaria:** Involucrar a la comunidad en el proceso de evaluación, recogiendo su retroalimentación y ajustando las estrategias según las necesidades y sugerencias expresadas.

Referencias Citada

- Acosta, A. (2013). *El Buen Vivir: Sumak Kawsay, una oportunidad para imaginar otros mundos*. Ediciones Abya-Yala.
- Acosta, A. (2016). *Repensar el desarrollo desde América Latina: alternativas al extractivismo*. CLACSO.
- Agua Clara. (2019). *Manual de capacitación comunitaria para la gestión del agua*. Fundación Agua Clara.
- Agua para Tod@s. (2021). *Propuesta ciudadana de Ley General de Aguas*. Red de Acción por el Agua.
- Aitken, M. (2018). Reinvigorating community participation in water governance: A critical reflection. *Water*, 10(4), 379.
<https://doi.org/10.3390/w10040379>
- Arias, P. (2008). *Agua y gestión social: retos para la sustentabilidad en comunidades rurales*. Universidad de Guadalajara.
- Bakker, K. (2007). The “commons” versus the “commodity”: Alter-globalization, anti-privatization and the human right to water in the Global South. *Antipode*, 39(3), 430–455.
- Bakker, K. (2010). *Privatizing water: Governance failure and the world’s urban water crisis*. Cornell University Press.
- Barlow, M. (2013). *Blue future: Protecting water for people and the planet forever*. The New Press.
- Barragán, J. M., & Medina, R. (2018). Gobernanza del agua en América Latina: Retos y perspectivas. *Revista de Gestión Pública*, 7(2), 33–56.
- Bautista, F., & Palacio, G. (2012). *Manual para la clasificación de suelos en el sistema WRB*. Universidad Autónoma de Campeche.
- Bautista, F., & Palacio, G. (2014). Manejo sustentable de suelos en zonas kársticas de Yucatán. *Terra Latinoamericana*, 32(1), 17–25.
- Bautista, F., Palacio, G., & Batllori, E. (2014). *Ordenamiento ecológico territorial participativo en comunidades mayas*. UADY.
- Bautista, F., Palacio, G., & Ramos-Reyes, R. (2015). Ecotecnologías para la sustentabilidad hídrica en zonas rurales. *Revista Mexicana de Ciencias Ambientales*, 6(2), 91–104.
- Bautista, F., Moreno-Casasola, P., & Palacio, G. (2020). *Suelos del trópico mexicano: Guía ilustrada para su conocimiento y manejo sustentable*. UADY/UNAM.
- Boelens, R. (2015). Water, power and identity: The cultural politics of water in the Andes. *Earthscan*.
- Boelens, R., Vos, J., & Perreault, T. (2015). Introduction: The politics of water grabbing. In T. Perreault, R. Boelens, & J. Vos (Eds.), *Water Justice* (pp. 1–20). Cambridge University Press.
- Brundtland, G. H. (1987). *Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development*. Oxford University Press.
- Budds, J. (2004). Power, nature and neoliberalism: The political ecology of water in Chile. *Singapore Journal of Tropical Geography*, 25(3), 322–342.
- Burns, M. (2014). La gestión del agua en México: Hacia un nuevo pacto social. *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*, 59(222), 63–90.
- Bustos-Sánchez, G., & Camacho-Torres, E. (2024). Participación juvenil y sustentabilidad en comunidades rurales de México. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 54(1), 85–107.
- Calahorrano, E., Guzmán, A., & Vega, J. (2021). *Agua y territorio: Alternativas a la mercantilización desde América Latina*. Abya-Yala.

- Cámara de Diputados & Congreso de la Unión. (2021). *Ley de Aguas Nacionales*. Diario Oficial de la Federación. <https://www.diputados.gob.mx>
- Cambio Climático [INECC]. (2020). *Informe nacional de vulnerabilidad hídrica frente al cambio climático*. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
- Campos Aranda, D. F. (1998). Conservación y uso eficiente del agua en México. *Ingeniería Hidráulica en México*, 13(2), 5–17.
- Campos, R., García, L., & Torres, H. (2022). Gestión comunitaria del agua en zonas rurales: Experiencias y desafíos en el sur de México. *Revista Agua y Territorio*, 19, 45–63.
- Castro, J. E. (2006). Water, power, and citizenship: Social struggle in the Basin of Mexico. *Palgrave Macmillan*.
- Ceballos-Novelo, J., Medina, A., & Zapata, R. (2021). Agua, pueblos indígenas y autonomía: Diagnóstico participativo en Yucatán. *Revista de Estudios del Agua*, 4(2), 117–138.
- Ceceña, A. E. (2010). *El agua como derecho humano y como bien común*. CLACSO.
- Comisión Nacional del Agua. (2006). *Programa Nacional Hídrico 2007–2012*. CONAGUA.
- Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán. (2021). *Diagnóstico regional de gestión del agua en la península*. CONAGUA.
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. (2012). *Diario Oficial de la Federación*. <https://www.dof.gob.mx>
- Cruz, H., & Martínez, L. (2015). Sistemas comunitarios de agua y saneamiento: Prácticas y desafíos. *Revista Gestión Ambiental y Desarrollo*, 8(2), 45–58.
- Daniel, M., & Tejeda, S. (2016). Justicia hídrica y gobernanza en México. *Papeles de Coyuntura*, 21, 22–33.
- Delgado-Carrillo, L., García, L., & Rosado, C. (2022). Manejo del agua en comunidades rurales: Diagnóstico participativo en Campeche. *Estudios Sociales del Agua*, 9(1), 89–104.
- Díaz, C. (2014). Participación ciudadana en la gestión del agua: El caso de Yucatán. *Anuario de Investigación Regional*, 5, 55–72.
- Díaz-Caravantes, R., & Wilder, M. (2014). Water, governance, and scarcity in the context of climate change: A case study of northwest Mexico. *Environment and Planning C: Government and Policy*, 32(3), 460–476.
- Escalante, M., & López, C. (2022). Diagnóstico socioambiental participativo de comunidades mayas. *Territorios*, 46, 123–142.
- Escobar, A. (2005). *Más allá del Tercer Mundo: Globalización y diferencia*. Instituto Colombiano de Antropología e Historia.
- Escobar, A. (2014). Sentipensar con la Tierra: Las luchas epistemológicas y políticas de las comunidades. *Revista Colombiana de Sociología*, 37(1), 11–37.
- Esteva, G. (2012). *La comunalidad, el común y la comunidad*. Universidad de la Tierra.
- FANMex. (2020). *Informe ciudadano sobre el derecho humano al agua en México*. Freshwater Action Network México.
- FEA, CEMDA y Presencia Ciudadana Mexicana. (2006). *Diagnóstico sobre la participación pública en la gestión del agua en México*. Fondo para la Equidad Ambiental.
- Flores-Guido, J. S., & Espejel, I. (2018). Conocimiento ecológico tradicional y gestión del agua en comunidades mayas. *Revista de Estudios del Patrimonio*, 2(3), 67–84.

- Freire, P. (2000). *Pedagogía del oprimido* (30.^a ed.). Siglo XXI Editores.
- Gadotti, M. (2009). *La educación para la sostenibilidad: Un enfoque ecoeducativo*. UNESCO-Oficina Brasil.
- Galicia Alarcón, E., Hernández, M., & Méndez, J. (2017). Evaluación participativa de recursos hídricos en contextos rurales. *Revista Interdisciplinaria de Estudios del Agua*, 6(2), 101–117.
- Garza, G. (2008). Agua, territorio y poder: La lucha por el acceso en comunidades indígenas. *Revista Mexicana de Sociología*, 70(3), 395–419.
- Gobierno de México. (2022). *Estrategia Nacional para el Derecho Humano al Agua*. Secretaría de Gobernación. <https://www.gob.mx>
- Gobierno de Yucatán. (2021). *Plan Estatal de Desarrollo 2018–2024: Eje Medio Ambiente Sostenible*. <https://www.yucatan.gob.mx>
- Gobierno del Estado de Yucatán. (2018). *Atlas Estatal de Riesgos Hídricos*. Coordinación Estatal de Protección Civil.
- González, A., & Jiménez, P. (2022). Gobernanza del agua en pueblos originarios: Barreras y oportunidades. *Revista de Estudios Rurales*, 15(2), 45–62.
- González-Iturbe, J. A., Bautista, F., & Palacio, G. (2020). Suelo, agua y manejo ecológico en comunidades rurales. *Ecología Aplicada*, 19(1), 23–35.
- Gudynas, E. (2011). Buen Vivir: Germinando alternativas al desarrollo. *América Latina en Movimiento*, 462, 1–20.
- Gudynas, E. (2016). Transiciones y alternancias: Nuevas perspectivas sobre los modelos de desarrollo. *Nueva Sociedad*, 263, 80–92.
- Gómez-Hernández, A., Poot, D., & May, R. (2025). Evaluación de prácticas sostenibles en el manejo del agua en Yucatán. *Revista Mexicana de Sustentabilidad*, 12(1), 88–105.
- Haesbaert, R. (2013). Del mito de la desterritorialización a la multiterritorialidad. *Revista de Geografía Norte Grande*, 55, 7–24.
- Hernández, D. (2020). Gobernanza comunitaria del agua: Experiencias en Oaxaca. *Revista Polis*, 18(1), 67–92.
- Herrero, Y. (2002). Educación ambiental y sostenibilidad: Más allá del discurso. *Papeles de relaciones ecosociales y cambio global*, 75, 23–32.
- IUSS Working Group WRB. (2022). *World Reference Base for Soil Resources 2022: International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps* (4th ed.). FAO.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático [INECC]. (2020). *Diagnóstico nacional de vulnerabilidad hídrica frente al cambio climático*. INECC.
- Justo, C. (2013). El derecho humano al agua: Avances y desafíos en América Latina. *Revista Jurídica de Derechos Humanos*, 5(2), 33–49.
- Langford, M., Khalfan, A., & Russell, A. (2017). El derecho humano al agua: Marco legal y principios aplicables. En C. Romano & C. Barros (Eds.), *Justicia hídrica y derechos humanos en América Latina* (pp. 45–78). UNESCO.
- Larrouyet, G. (2015). Derecho al agua y pueblos indígenas: Desafíos jurídicos. *Revista Derecho y Sociedad*, 44, 123–135.
- Larson, A. (2021). Gobernanza forestal y del agua: Intersecciones en territorios indígenas de América Latina. *Revista de Estudios Ambientales*, 14(1), 19–36.
- Leff, E. (2004). *Racionalidad ambiental: La reapropiación social de la naturaleza*. Siglo XXI Editores.

- Leiva, M., Hernández, C., & Solís, R. (2022). Vulnerabilidad hídrica y cambio climático en comunidades mayas. *Revista Eutopía*, 17, 65–82.
- Losada, E. (2016). Territorio, autonomía y sustentabilidad: Aportes desde el sur. *Ecología Política*, 50, 34–39.
- López-Ramírez, M., & Sánchez, Y. (2023). Educación ambiental crítica para la transformación comunitaria. *Educación y Territorio*, 6(1), 89–108.
- Magaña, A., & Hernández, P. (2021). Gestión comunitaria del agua en contextos de vulnerabilidad energética. *Revista Mexicana de Estudios Rurales*, 10(2), 43–61.
- Marañón, C. (2020). Retos de la gobernanza hídrica en zonas rurales de México. *Estudios del Agua*, 4(2), 58–73.
- Martínez, J. & Polioptro, M. (2013). Acceso al agua potable en México: Situación y propuestas. *Ingeniería Hidráulica en México*, 28(1), 23–30.
- Martínez Ruiz, L., Bautista, F., & Palacio, G. (2017). Clasificación y manejo sustentable de los suelos en comunidades rurales del sur de Yucatán. *Terra Latinoamericana*, 35(3), 225–239.
- Martínez, A. (2018). Aguas comunitarias y soberanía hídrica: Luchas y propuestas en América Latina. *Agua y Sociedad*, 6, 45–60.
- Martínez-Alier, J. (2004). *El ecologismo de los pobres: Conflictos ambientales y lenguajes de valoración*. Icaria Editorial.
- Martínez-Salvador, M., Ramos, D., & Lechuga, C. (2018). Educación ambiental para la sustentabilidad en secundaria rural. *Revista de Educación Ambiental*, 8(2), 17–35.
- Medina-Juárez, M., Bautista, F., & Moreno, A. (2020). Educación intercultural y agua: Un estudio en comunidades de Yucatán. *Revista Interculturalidad y Territorio*, 9(1), 91–104.
- Mehta, L. (2014). *Water and human development*. World Social Science Report. UNESCO.
- Metcalfe, C., Díaz-Caravantes, R., & Silva, L. (2020). Contested waters: Governance, equity, and the right to water in Latin America. *Water International*, 45(4), 251–269.
- Mirassou, M. (2009). La educación ambiental crítica: Un camino hacia la sustentabilidad. *Novedades Educativas*, 21(230), 36–40.
- Moctezuma Barragán, R. (2011). *Gestión del agua y participación ciudadana: Experiencias en México*. UNAM-Instituto de Investigaciones Sociales.
- Morales Hernández, M. (2023). Gobernanza y agua en el sureste mexicano: Obstáculos y alternativas. *Revista de Estudios del Agua*, 5(1), 12–29.
- Moreyra, A., Rist, S., & Schneider, F. (2016). Gobernanza participativa de los recursos hídricos: Teoría y práctica en América Latina. *Ecología y Sociedad*, 21(1), 23–36.
- Méndez, J., Bautista, F., & Medina, A. (2022). Calidad del agua almacenada en hogares rurales: Riesgos y estrategias de manejo. *Revista Salud y Ambiente*, 12(1), 73–88.
- ONU Medio Ambiente. (2023). *Informe sobre gobernanza hídrica sostenible*. Naciones Unidas.
- ONU-Agua. (2021). *El derecho humano al agua y el saneamiento: Manual para su implementación*. Naciones Unidas. <https://www.unwater.org>
- Olivera, A. (2004). La gestión integral del recurso hídrico: Una aproximación latinoamericana. *Revista Agua y Desarrollo*, 7(1), 7–18.

- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2010). *Resolución 64/292: El derecho humano al agua y el saneamiento*. <https://www.un.org>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2021). *Captación de agua de lluvia: Guía práctica para zonas rurales*. FAO.
- Ortiz-Pérez, M. (2022). Participación comunitaria y políticas del agua en Yucatán. *Revista de Política Pública y Territorio*, 11(2), 101–119.
- Otamendi, P., González, C., & Solano, M. (2024). Educación ambiental crítica en contextos rurales: Un enfoque desde la justicia hídrica. *Revista Latinoamericana de Educación Ambiental*, 20(1), 45–61.
- Perreault, T. (2008). Custom and contradiction: Rural water governance and the politics of usos y costumbres in Bolivia's irrigators' movement. *Annals of the Association of American Geographers*, 98(4), 834–854.
- Peña García, J. (2007). Participación social y políticas públicas del agua en México. *Revista Mexicana de Políticas Públicas*, 9, 25–48.
- Presencia Ciudadana Mexicana. (2006). *Diagnóstico de participación ciudadana en la gestión hídrica*. CEMDA.
- Pérez-Sindín, X. (2020). Gobernanza ambiental y participación comunitaria: Modelos alternativos desde América Latina. *Revista Ciencias Sociales y Territorio*, 15(2), 65–81.
- Quijano, A. (2000). Colonialidad del poder, eurocentrismo y América Latina. *Revista Venezolana de Economía y Ciencias Sociales*, 6(1), 117–149.
- Quijano, A. (2012). Colonialidad del poder y clasificación social. *CLACSO*.
- Ramírez, I., & García, T. (2020). Participación ciudadana y gestión del agua: Experiencias en municipios rurales. *Revista de Ciencias Ambientales*, 9(2), 88–103.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2019). *Informe sobre el estado del medio ambiente en México 2019*. <https://www.semarnat.gob.mx>
- Reyes-Gómez, E., Bautista, F., & May, D. (2023). Aprovechamiento del agua de lluvia en viviendas rurales del sur de Yucatán. *Revista Técnica de Agua y Sostenibilidad*, 4(1), 21–36.
- Rincón Gallardo, S. (2020). Educación para la transformación: Teoría y práctica del aprendizaje profundo. *Nueva Revista de Educación*, 87, 34–49.
- Rivera, J., & Solís, M. (2021). Gobernanza multinivel y derecho humano al agua en comunidades rurales. *Análisis Político*, 105, 113–130.
- Rodríguez Wallenius, C., & González Reynoso, A. (2021). Gobernanza comunitaria del agua en México: Entre lo normativo y lo operativo. *Estudios Sociales del Agua*, 10(2), 45–67.
- Román González, C. (2021). Vulnerabilidad hídrica y justicia social: Reflexiones desde el sur. *Sociedad y Medio Ambiente*, 9(1), 29–47.
- Sarar Transformación SC. (2021). *Guía para el manejo sustentable del agua en comunidades rurales*. <https://www.sarar.org>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2021). *Política nacional hídrica: Lineamientos para la gestión integrada*. <https://www.gob.mx/semarnat>
- Sen, A. (2000). *Desarrollo y libertad*. Editorial Planeta.
- Sultana, F., & Loftus, A. (Eds.). (2012). *The right to water: Politics, governance and social struggles*. Earthscan.

- Suárez, P., Martínez, H., & Barrera, C. (2014). Calidad del agua en zonas rurales del sureste mexicano. *Revista Agua y Salud*, 3(2), 54–69.
- Toledo, V. M., & Barrera-Bassols, N. (2008). *La memoria biocultural: La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales*. Icaria Editorial.
- Toledo, V. M., & Barrera-Bassols, N. (2020). Ecologías políticas del agua en México: Conflictos y alternativas. *Revista Interdisciplinaria de Estudios del Agua*, 6(2), 55–78.
- Tonolli, C. (2019). La apropiación del derecho al agua por comunidades rurales. *Revista Latinoamericana de Derechos Humanos*, 35, 109–127.
- Torres Arellano, M., Bautista, F., & Gómez, C. (2022). Evaluación de sistemas de captación de agua de lluvia en viviendas rurales de Campeche. *Revista Tecnología y Sociedad*, 8(2), 102–115.
- Torres-Hernández, A., Rodríguez, C., & May, R. (2017). Educación ambiental desde la comunidad: Enfoques participativos. *Revista Educación Popular*, 13(1), 69–86.
- Tortajada, C. (2022). Retos de la gestión del agua en México: Gobernanza, participación y eficiencia. *Revista de Agua y Desarrollo*, 19(1), 33–47.
- UN Water. (2008). *UN-Water Task Force on Indicators, Monitoring and Reporting: Final Report*. United Nations. <https://www.unwater.org>
- UN Women. (2020). *Gender, Water and Sanitation: Women's empowerment through access to safe water*. United Nations Entity for Gender Equality.
- Valdés de Hoyos, M., & Uribe, M. (2016). Evaluación de políticas públicas de agua en zonas rurales mexicanas. *Política y Sociedad*, 53(2), 125–145.
- Valenzuela, J., & Bautista, F. (2019). Evaluación de la captación de agua de lluvia en comunidades mayas. *Revista de Tecnología Sustentable*, 5(1), 17–28.
- Vallejo, M., Castañeda, R., & Poot, A. (2021). Participación juvenil en proyectos ambientales comunitarios. *Revista Educación y Sustentabilidad*, 4(2), 77–91.
- Vila, I., & Buxarrais, M. R. (2010). Educación ética para la sostenibilidad. *Revista de Educación*, 352, 45–67.
- Villalobos, J., & Ruiz, A. (2019). Justicia hídrica en territorios indígenas: Análisis desde el sur de México. *Revista Latinoamericana de Derechos Ambientales*, 12, 43–58.
- World Water Council. (2021). *Global Water Security Report*. <https://www.worldwatercouncil.org>
- Zapata, R., & Rodan, J. (2016). La IAP como estrategia de intervención comunitaria: Aplicaciones en contextos rurales de México. *Revista Investigación y Sociedad*, 9(1), 23–38.
- Zibechi, R. (2012). *Territorios en resistencia: Cartografía política de las periferias urbanas latinoamericanas*. Ediciones Bajo Tierra.
- de Jesús Calvo Brenes, I. (2013). La educación ambiental comunitaria como herramienta de transformación. *Revista Educación y Cambio*, 7, 89–105.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2018). *Guía práctica para la recolección de agua en zonas rurales de América Latina*. FAO.

Anexos



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

Número de instrumento



PROBLEMÁTICA DEL SUMINISTRO, APROVECHAMIENTO Y TRATAMIENTO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN PIXYAH, YUCATÁN.

**Entrevista dirigida a miembros de familia mayores de 18 años en la comisaría de Pixyah
la capacidad de almacenamiento, distribución irregular de agua, horarios restringidos y consumo de
agua no tratada.**

Fecha de la aplicación			
Nombre			
Municipio o Alcaldía:		Localidad:	

Hola, mi nombre es _____, de antemano, te damos las gracias por participar en este estudio, te informamos que la encuesta tiene una duración aproximada de 25 minutos y que todos los datos proporcionados serán utilizados únicamente para fines de investigación y se encuentran protegidos por la Ley Federal de Protección de Datos Personales. La finalidad de la investigación es conocer las Condiciones de la disponibilidad del agua potable, por lo que te pedimos que respondas de forma consciente. En cada apartado encontrarás las indicaciones de llenado. Te agradecemos tu tan importante colaboración.

Instrucción: En las preguntas de opción múltiple, encierre la opción que corresponda a la situación particular de su vivienda, en las preguntas abiertas, colocar las respuestas correspondientes en los espacios en blanco.

APARTADO 1.1.: HABITOS EN EL HOGAR	
1. ¿Se utiliza inmediatamente el agua que llega directamente de la bomba comunitaria o se almacena para su posterior uso?	2. ¿En qué lugar se almacena el agua que se utiliza en la vivienda?
A) Se almacena B) Se utiliza inmediatamente C) Otro: _____	A) Tinaco elevado, capacidad: _____ B) cubetas de plástico, capacidad: _____ C) Cisterna, capacidad: _____ D) Tambores, capacidad: _____ E) Piscinas/ Estanque, capacidad: _____ F) Otro: _____

3. ¿Cuenta con pozo en la vivienda?	4. ¿Cuál es el sistema de extracción que utiliza?
A) Sí, ¿De qué medida de boca y profundidad? _____ B) No Sí respondió NO, pasar a la pregunta 5	A) Bomba eléctrica B) Polea, sogá y cubeta C) Soga y cubeta D) Otro: _____
5. ¿Dónde almacena el agua de lluvia que es recolectada?	6. ¿Recolectan el agua de lluvia?
A) Tinaco elevado, capacidad: _____ B) cubetas de plástico, capacidad: _____ C) Cisterna, capacidad: _____ D) Tambores, capacidad: _____ E) Piscinas/ Estanque, capacidad: _____ F) Otro: _____	A) Sí B) NO Sí respondió No pasar a la pregunta 12
	7. ¿Aproximadamente cuantos litros se recolectan de agua de lluvia?
	A) 0 a 20 litros B) 20 a 50 litros C) 50 a 200 litros D) 200 litros o más, aproximar la cantidad: _____
8. ¿Para qué utilizan el agua de lluvia que se recolecta?	9. ¿Le dan algún tratamiento al agua de lluvia que se recolecta antes del consumo?
A) Aseo personal, cantidad: _____ B) Limpieza del hogar, cantidad: _____ C) Lavado de trastes, cantidad: _____ D) Preparación de alimentos, cantidad: _____ E) Riego de plantas de traspatio, cantidad: _____ F) Agua para animales domésticos, cantidad: _____ G) Otro: _____	A) Si A) No Sí respondió No pase a la pregunta 12

10. ¿Qué tratamiento le dan al agua recolectada de lluvia? A) Cloración B) Filtro por medio de telas C) Hervir el agua D) Uso de piedras B) Otro: _____	11. ¿El agua que les llega desde la bomba comunitaria tiene algún sabor a cloro A) Ninguno B) Poco C) Regular D) Mucho
12. ¿El servicio de agua potable es de horario continuo? A) Sí B) No Si respondió NO pasar a la pregunta 15	13. ¿Qué horario de servicio tiene el suministro de agua potable? Anote el horario
14. ¿Aproximadamente cuántos litros de agua se utilizan en su hogar para las tareas de limpieza y aseo? Refiriéndose a actividades como lavado de platos, ropa, pisos, baño etc. H) Aseo personal, cantidad: _____ I) Limpieza del hogar, cantidad: _____ J) Lavado de trastes, cantidad: _____ K) Preparación de alimentos, cantidad: _____ L) Riego de plantas de traspatio, cantidad: _____ M) Agua para animales domésticos, cantidad: _____ N) Otro: _____	15. ¿Qué toma para calmar la sed en su hogar?: Anote aproximadamente cuantos litros se consumen semanalmente A) Agua de garrafón, _____ B) Refresco embotellado, _____ C) Agua natural (frutas naturales), _____ D) Preparado con polvos saborizados, _____ E) Cerveza: _____ F) Otro: _____
16. ¿En su vivienda ha notado fugas o roturas en las tuberías que generen pérdidas de agua visible o sonidos de goteo en las tuberías? A) Sí B) NO Si respondió NO, favor de pasar a la pregunta 19	17. ¿Cuántas fugas aproximadamente tiene en su vivienda y dónde se encuentran? A) 1 ¿Dónde se ubica? _____ B) 2 ¿Dónde se ubican? _____ C) 3 ¿Dónde se ubican? _____

APARTADO 1.2.: PERSONAL ENCARGADO DE LA INSTALACIÓN DE BOMBEO	
26. ¿Hace cuanto tiempo es encargado del manejo de la instalación?	27. ¿Recibió algún tipo de capacitación para el manejo de las instalaciones?
Anote el tiempo	C) Sí D) No Sí respondió No, Pasar a la pregunta 29
28. ¿Cuánto tiempo duró la capacitación?	29. ¿El sistema de bombeo cuenta con sistema de cloración?
A) Un día B) Dos días C) Una semana D) Anote el tiempo: _____	A) SÍ B) NO Sí respondió No, Pasar a la pregunta 26
30. ¿Conoce la cantidad de cloro que debe añadirse al sistema de bombeo?	31. ¿Ha observado fugas en el sistema de bombeo?
A) Sí, ¿Qué cantidad? B) No	C) SÍ, ¿Dónde? D) NO
32. ¿Cada cuanto tiempo activa la bomba para el servicio de agua potable?	33. ¿Qué instrucciones ha recibido últimamente sobre el sistema de bombeo?
Anote el horario: _____	
34. ¿Se han comunicado del municipio para informar sobre los planes futuros del sistema de bombeo?	35. ¿Qué acuerdo tiene con el municipio para la realización de sus tareas?

18. ¿Sabe de la existencia de comités comunitarios en donde se traten cuestiones del agua?	19. ¿pertenece a algún comité de la comunidad, en donde se traten cuestiones del agua??
A) Sí ¿cómo se llama y quienes lo integran? _____ B) NO	A) Sí ¿cómo se llama y quienes lo integran? _____ B) NO Si respondió NO, pasar a la pregunta 23
20. ¿Cuáles son los temas tratados en el comité del agua?	21. ¿Cada cuando se realizan las reuniones en el comité
A) Ahorro de agua B) Buenas prácticas C) Derecho al agua D) Otro _____	A) Sí ¿cómo se llama y quienes lo integran? _____ B) NO
22. ¿Ha participado alguna vez en algún taller o evento relacionado con el cuidado y la gestión del agua en su hogar? Por ejemplo, talleres o eventos en los que brinden consejos o información sobre como ahorrar agua en el hogar y reducir su consumo	23. ¿De que institución provienen las personas que impartieron el taller o evento?
A) Sí B) NO Si respondió NO finalizar la entrevista	A) Gobierno del estado B) IMSS C) Municipio D) Otro: _____
24. ¿Cuánto es el tiempo máximo que ha estado sin agua?	25. ¿Han tenido que recurrir al agua del cenote para cubrir necesidades de higiene y limpieza en el hogar?
	A) Sí B) No

36. ¿Piensa continuar con la actividad?	37. ¿Cuales son las actividades llevadas a cabo?

APARTADO 1.3.: PERSONAL ENCARGADO DEL AGUA EN EL MUNICIPIO	
38. ¿Existe algún plan de trabajo sobre gestión del agua en los municipios?	39. ¿Porqué hay horarios restringidos para el suministro de agua? ¿Hay alguna planificación para expandir estos horarios?
40. ¿Existen problemas recurrentes de escasez de agua? En caso de afirmativo ¿Cuál cree que es la principal causa de este problema?	41. ¿Ha habido alguna queja o preocupación por parte de los pobladores sobre la calidad o cantidad de agua suministrada? ¿Cómo se han abordado estas preocupaciones?
42. ¿Cómo se capacita al personal que maneja la bomba municipal? ¿Existe un plan de formación continua o alguna forma de asegurar que el personal esté actualizado con las mejores prácticas y procedimientos?	43. ¿Qué medidas se están tomando para mejorar el sistema de gestión de agua en general?
44. ¿Existe un plan de contingencia en caso de fallo de la bomba de agua o algún otro problema técnico importante?	45. ¿Cómo se financian las operaciones de gestión del agua en el municipio? ¿Existe

	algún plan para aumentar la financiación si fuera necesario?
Cómo se asigna el pago para el servicio	
46. ¿Cómo afecta el cambio climático la gestión del agua en su municipio? ¿Existe un plan para adaptarse a posibles cambios en la disponibilidad de agua en el futuro?	
¿Cómo evalúa al encargado del manejo de la bomba?	

CIERRE DE ENCUESTA.

Le agradecemos su participación y su tiempo, le recordamos que todas sus respuestas son muy importantes para el estudio y que no se revelará información personal ni sensible a ninguna persona o institución ajena al proyecto.



CONOCIMIENTOS DE BUENAS PRÁCTICAS DEL CUIDADO DEL AGUA Y DERECHO HUMANO AL AGUA EN PIXYAH, YUCATÁN.

Cuestionario dirigido a alumnos de telesecundaria en la comisaría de Pixyah

Fecha de la aplicación			
Municipio o Alcaldía:		Localidad:	

Hola, mi nombre es _____, de antemano, te damos las gracias por participar en este estudio, te informamos que la encuesta tiene una duración aproximada de 25 minutos y que todos los datos proporcionados serán utilizados únicamente para fines de investigación y se encuentran protegidos por la Ley Federal de Protección de Datos Personales. La finalidad de la investigación es conocer el conocimiento sobre cuidado del agua y derecho humano al agua, por lo que te pedimos que respondas de forma honesta y consciente. En las instrucciones encontrarás las indicaciones de llenado. Te agradecemos tu tan importante colaboración.

BUENAS PRÁCTICAS DE CUIDADO DEL AGUA Y DERECHO HUMANO AL AGUA

Instrucción: En las preguntas de opción múltiple, encierre la opción que corresponda a la situación particular.

1. ¿Qué porcentaje aproximado de la Tierra está cubierta de agua?	2. ¿Cuál es la principal fuente de agua dulce para el consumo humano?
A) 50% B) 70% C) 90% D) 30%	A) Lagos y lagunas B) Ríos y arroyos C) Glaciares y casquetes polares D) Acuíferos subterráneos
3. ¿Cuál de las siguientes acciones ayuda a conservar el agua?	4. ¿Qué es el derecho humano al agua?
A) Dejar el grifo abierto mientras te cepillas los dientes B) Reparar rápidamente las fugas de agua C) Regar el jardín durante las horas más calurosas del día D) Usar mangueras para lavar aceras y calles	E) El acceso equitativo y suficiente al agua para uso personal y doméstico F) El control del agua por parte de un país sobre otro G) La propiedad privada del agua H) El uso ilimitado del agua sin restricciones

11. ¿Por qué es importante garantizar el derecho humano al agua?	12. ¿Por qué el ciclo del agua es importante
A) Porque el agua es un bien de lujo y solo debe estar disponible para quienes puedan pagarla. B) Porque el acceso al agua es esencial para la vida y la dignidad humana. C) Porque las personas pueden sobrevivir sin acceso al agua. D) Porque el agua solo es necesaria para el consumo, no para otros fines.	A) Genera lluvia todos los días B) Mantiene el equilibrio y disponibilidad del agua en la tierra C) Permite que el agua se caliente naturalmente D) Crea nuevas fuentes de agua
13. ¿Qué significa el término “agua subterránea”?	14. ¿Qué acción NO es una buena práctica de cuidado del agua en el jardín?
A) Agua en lagos y ríos B) Agua de la lluvia C) Agua que se encuentra bajo la superficie de la tierra D) Agua de los océanos	A) Usar un sistema de riego por goteo B) Regar en las horas de más sol C) Utilizar plantas nativas que requieren menos agua D) Recolectar agua de lluvia para el riego
15. ¿Por qué es importante NO tirar basura en ríos y mares?	16. El saneamiento del agua se refiere a:
A) Para evitar malos olores B) Para proteger la vida acuática y la calidad del agua C) Porque la basura se disuelve en el agua D) Para mantener el agua transparente	A) Filtrar el agua para que se vea clara B) Procesos para hacer el agua libre de contaminantes y segura C) Asegurar que el agua esté fría D) Añadir sabor al agua

5. ¿Qué cantidad de agua es recomendable utilizar al bañarse para evitar desperdicios?	6. El agua potable es aquella que:
A) Tanto como sea posible B) Solo la necesaria, cerrando la llave al enjabonarse C) Una ducha de 5 minutos D) No es importante medir el tiempo	A) Tiene sabor agradable B) Es segura para beber C) Se ve limpia D) Está embotellada
7. ¿Qué práctica NO contribuye a la conservación del agua en casa?	8. ¿Cuál es un ejemplo de uso responsable del agua al cocinar?
A) Dejar correr el agua mientras lavas los platos B) Recolectar agua de lluvia C) Instalar dispositivos de ahorro en los grifos	A) Lavar alimentos con el grifo abierto B) Reutilizar el agua de cocer verduras para regar plantas C) Usar agua nueva cada vez para cocer alimentos D) Cocer alimentos con mucha agua
9. ¿Cuál es uno de los principales objetivos del derecho humano al agua?	10. ¿Cuál de las siguientes opciones representa mejor el derecho humano al agua?
A) Comercializar el agua para obtener beneficios económicos B) Garantizar que el agua esté disponible solo para quienes puedan pagarla C) Asegurar el acceso universal y equitativo al agua potable y segura D) Limitar el acceso al agua a ciertos grupos sociales	A) El agua es un recurso natural limitado y debe ser protegido solo para uso futuro. B) Todas las personas tienen derecho a un acceso suficiente de agua limpia y segura para satisfacer sus necesidades básicas. C) El acceso al agua debe estar regulado únicamente por el gobierno sin considerar las necesidades individuales. D) El derecho humano al agua solo se aplica en áreas urbanas desarrolladas.

11. ¿Por qué es importante garantizar el derecho humano al agua?	12. ¿Por qué el ciclo del agua es importante
A) Porque el agua es un bien de lujo y solo debe estar disponible para quienes puedan pagarla. B) Porque el acceso al agua es esencial para la vida y la dignidad humana. C) Porque las personas pueden sobrevivir sin acceso al agua. D) Porque el agua solo es necesaria para el consumo, no para otros fines.	A) Genera lluvia todos los días B) Mantiene el equilibrio y disponibilidad del agua en la tierra C) Permite que el agua se caliente naturalmente D) Crea nuevas fuentes de agua
13. ¿Qué significa el término “agua subterránea”?	14. ¿Qué acción NO es una buena práctica de cuidado del agua en el jardín?
A) Agua en lagos y ríos B) Agua de la lluvia C) Agua que se encuentra bajo la superficie de la tierra D) Agua de los océanos	A) Usar un sistema de riego por goteo B) Regar en las horas de más sol C) Utilizar plantas nativas que requieren menos agua D) Recolectar agua de lluvia para el riego
15. ¿Por qué es importante NO tirar basura en ríos y mares?	16. El saneamiento del agua se refiere a:
A) Para evitar malos olores B) Para proteger la vida acuática y la calidad del agua C) Porque la basura se disuelve en el agua D) Para mantener el agua transparente	A) Filtrar el agua para que se vea clara B) Procesos para hacer el agua libre de contaminantes y segura C) Asegurar que el agua esté fría D) Añadir sabor al agua

17. El derecho humano al agua garantiza que:	18. ¿Qué organización internacional vela por el derecho humano al agua y saneamiento?
A) El agua sea accesible, segura y asequible para todos B) Cada persona tenga una piscina en su hogar C) El agua embotellada esté disponible en las tiendas	A) FIFA B) Organización de las Naciones Unidas C) Unión Europea D) Organización mundial del comercio
19. ¿Qué es un acuífero?	20. ¿Cuál de estas acciones puede reducir el consumo de agua en el hogar?
A) Un lago artificial B) Una capa subterránea del agua C) Un tipo de filtro de agua D) Un río subterráneo	A) Tomar baños más largos B) Instalar inodoros de bajo flujo C) Usar la manguera en lugar de la escoba para limpiar

CIERRE DE ENCUESTA.

Le agradecemos su participación y su tiempo, le recordamos que todas sus respuestas son muy importantes para el estudio y que no se revelará información personal ni sensible a ninguna persona o institución ajena al proyecto.