



# ACUERDOS MUNICIPALES PARA LA GESTIÓN HÍDRICA DE CALAKMUL





## Contenido

PRESENTACIÓN.....	6
RESUMEN EJECUTIVO.....	8
1 INTRODUCCIÓN .....	10
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	12
2 OBJETIVOS.....	13
2.1 GENERAL.....	13
2.2 PARTICULARES.....	13
3 MÉTODO .....	14
4 NUESTRO MUNICIPIO .....	18
4.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA .....	18
4.2 POBLACIÓN Y ACTIVIDADES ECONÓMICAS.....	21
4.2.1 Población por adscripción cultural.....	21
4.2.2 Población por microrregiones .....	22
4.2.3 Principal actividad económica por microrregión .....	23
4.3 CANTIDAD + COBERTURA + CALIDAD + COSTO + CONTINUIDAD + CULTURA.....	24
4.3.1 Cantidad.....	24
4.3.2 Cobertura.....	32
4.3.3 Calidad.....	52
4.3.4 Costo del servicio.....	62
4.3.5 Continuidad .....	62
4.3.6 Cultura .....	63
5 REFERENTES TEÓRICOS.....	64
5.1 ALTERNATIVAS PARA LA GESTIÓN HÍDRICA.....	64

6	MARCO REGULATORIO .....	70
7	DIAGNÓSTICO Y PLAN ESTRATÉGICO .....	72
7.1.1	Estructuras e Instrumentos de Gobernanza y Gestión Hídrica Insuficientes.....	72
7.1.1. A	Estructuras de Gobernanza Hídrica no consolidada .....	72
7.1.1. B	Recursos Financieros y Humanos Insuficientes .....	73
7.1.1. C	Desventaja Geomorfológica: Agua escasa y de mala calidad, no apta para el consumo doméstico y agropecuario.....	73
7.1.2	Árbol de Problemas y Objetivos del Uso y Manejo del Agua .....	74
7.1.3	Consolidación de las Estructuras e Instrumentos de Gestión Hídrica .....	75
7.1.3.A	Participación y Coordinación Social a través del Comité Municipal del Agua (COMA) como ejercicio de Gobernanza .....	75
7.1.3 B	Creación de un fondo comunitario para incrementar la cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado en el municipio (BEJ JA'/Acceso al agua).....	75
7.1.3.C	Centro de Monitoreo Municipal del Agua .....	76
7.1.4	Matriz de Estructuras e Instrumentos de Gobernanza y Gestión Hídrica .....	77
7.1.4.A	Participación y Coordinación Social a través del COMA.....	77
7.1.4.B	Creación de un fondo comunitario para incrementar la cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado en el municipio (BEJ JA'/Acceso al agua).....	80
7.1.4.C	Centro de Monitoreo Municipal del Agua .....	82
7.2.1.	Infraestructura hídrica municipal deficiente y en mal estado .....	84
7.2.1.A	Uso no sustentable de los Recursos Hídricos a nivel Municipal.....	84
7.2.1.B	Sistema municipal de tratamiento de aguas residuales y Obras de Alcantarillado inexistente .....	85
7.2.1.C	Sistemas de captación pluvial comunitarios y/o familiares insuficientes para cubrir las necesidades.....	86

7.2.1.D Falta de capacitación del personal para el mantenimiento de la infraestructura hídrica y el Cambio Climático.....	87
7.2.2. Árbol de Problemas y Objetivos de Infraestructura.....	91
7.2.3.A Vinculación con los instrumentos de planeación territorial.....	92
7.2.3.B Centro de Ecotecnias y Tecnologías Alternativas de Calakmul .....	92
7.2.3.C Diversificación y ampliación de la infraestructura hídrica de uso doméstico y agrícola.....	93
7.2.3.D Centro Municipal de Formación para Promotores Comunitarios en Gestión Hídrica y Cambio Climático .....	93
7.2.4 Matriz de Infraestructura y Servicios Hídricos .....	94
7.2.4.A Manejo integrado y sustentable de cuencas conforme otros instrumentos de Planeación .....	94
7.2.4.B Centro de Ecotecnias y Tecnologías Alternativas .....	97
7.2.4.C Diversificación y Ampliación de la Infraestructura Hídrica.....	100
7.2.4.D Centro Municipal de Formación para Promotores Comunitarios en Gestión Hídrica y Cambio Climático .....	102
7.3.1 Gestión Ineficiente de Recursos Económicos orientados al Agua .....	104
7.3.1.A Ausencia de instrumentos de prevención de riesgos hidrometeorológicos. Huella Hídrica + Huella Ecológica.....	104
7.1.3.B Disminución de las áreas de captación y acumulación en el municipio.....	105
7.1.3.C Ausencia de un sistema tarifario de consumo de agua .....	106
7.3.2. Árbol de Problemas y Objetivos de Infraestructura.....	107
7.3.3.A Observatorio Hídrico de Calakmul.....	108
7.3.3.B Grupo Técnico Interinstitucional de Gestión Integral de los Recursos Hídricos de Calakmul.....	108

7.3.3.C Mecanismos adecuados de medición, facturación y cobro a los habitantes mediante el sistema (BO'OL JA' K'IIN/Pagar el agua a tiempo).....	110
7.3.4 Matriz de Gestión y Planificación del Riesgo .....	111
7.3.4.A Observatorio Hídrico.....	111
7.3.4.B Grupo Técnico Interinstitucional de Gestión Integral de Recursos Hídricos...	114
7.3.4.C Sistema Tarifario .....	117
7.4.1 Cultura del Agua escasa .....	119
7.4.1.A Ausencia de campañas de educación ambiental para el cuidado del agua ....	119
7.4.1.B Sistemas de reúso de las aguas grises y servidas inexistentes .....	123
7.4.1.C Limitada vigilancia del uso de los recursos públicos que se destinan al manejo eficiente del agua.....	123
7.4.2 Árbol de Problemas y Objetivos de Infraestructura .....	124
7.4.3.A Socialización de conocimientos e información sobre la importancia y valor del agua a través del programa AGUA SEGURA .....	125
7.4.3.B Establecimiento de los sistemas comunitarios de reúso y tratamiento de agua AGUA PARA TODOS.....	125
7.4.3.C Establecimiento de la Contraloría Social del Agua en Calakmul.....	125
7.4.4 Matriz de Cultura del Agua .....	126
7.4.4.A Campañas de concientización y Sensibilización .....	126
7.4.4.B Sistemas de reúso y tratamiento de Agua .....	128
7.4.4.C Contraloría Social del Agua .....	130
7.5 PROBLEMAS PARTICULARES.....	132
7.5.1 Problemáticas por zonas municipales .....	132
8 LITERATURA CITADA .....	134

## PRESENTACIÓN

El Plan Estratégico del Agua forma parte del proyecto Fortalecimiento e Innovación Institucional Participativa para la Gestión Territorial ejecutado por el Instituto para el Desarrollo Sustentable en Mesoamérica (IDESMAC) y la Fundación Kellogg e impulsado en la región por el Ayuntamiento Municipal de Calakmul a través del Consejo Municipal para el Desarrollo Rural Sustentable (CMDRS).

El trabajo en el municipio surge a raíz de las necesidades identificadas en el Diagnóstico Municipal realizado en el 2004 por GTZ y reafirmadas por el Ordenamiento Territorial del Municipio en el 2011, con el objetivo de articular a todas las organizaciones y actores sociales interesados en el Desarrollo Sustentable del Municipio a través del fortalecimiento de actores sociales con una visión estratégica a largo plazo. El Plan Estratégico del Agua representa uno de los tres grandes ejes de planeación en este proyecto junto con los Planes de Turismo y de Agricultura.

Para la elaboración del Plan Estratégico del Agua se utilizaron herramientas participativas que permitieron detonar procesos de participación y cohesión social con una visión y acción estratégica de largo plazo, a través de la creación de estructuras y mecanismos de planeación acordes a la realidad del Municipio.

Las actividades de este proceso iniciaron en 2011 con trabajo de gabinete; realización de recorridos de campo para inventario, aplicación de encuestas, talleres de caracterización y diagnóstico, llevándose a cabo un el 1er. Foro Regional del Agua denominado Calakmul: Sustento Hidrológico de la Península de Yucatán en diciembre de ese mismo año, y el cual ha tenido una serie de reuniones de seguimiento para la conformación del Comité Municipal del agua y la elaboración del presente Plan.

Éste es el resultado de un proceso participativo que recoge la voz de todos en el planteamiento de sus problemáticas y sus alternativas de solución, de forma colaborativa y sin intereses particulares en primera instancia en el seno comunitario y en consecuencia, a través de la articulación y vinculación con instituciones académicas, organizaciones de gobierno, organizaciones no gubernamentales y fundaciones internacionales.



## RESUMEN EJECUTIVO

Los Acuerdos Municipales para la Gestión Hídrica de Calakmul surgen como una iniciativa del Consejo Municipal de Desarrollo Rural Sustentable y para su diseño y elaboración contó con la colaboración del Instituto para el Desarrollo Sustentable en Mesoamérica, A.C. y de la Fundación Kellogg.

Este documento refleja un importante esfuerzo de los actores territoriales de Calakmul para la elaboración de este instrumento de planeación, que toma en cuenta las necesidades económicas, sociales, culturales y ambientales, a través de un proceso de análisis de la situación actual, el diálogo entre los diversos actores y el planteamiento de una propuesta integral para la gestión hídrica del Municipio.

Los Acuerdos Municipales para la Gestión Hídrica de Calakmul busca regular el uso y manejo del agua en Calakmul, poniendo énfasis en promover una cultura del agua entre la población. Este instrumento representa una visión de carácter regional y de largo plazo, que partirá de la identificación, de lo existente, con inversiones mínimas de desarrollo, para brindar una oferta integral de infraestructura y servicios intercomunitarios.

El Capítulo I, consiste en un marco introductorio acerca del contexto mundial y nacional del agua.

En el Capítulo II, se señalan los objetivos general y específico de los Acuerdos.

En el Capítulo III, se describe el método utilizado para la elaboración de este instrumento. El cual se dividió en 3 fases: caracterización, diagnóstico y planeación. La caracterización se basó en la recopilación de información a través de una búsqueda bibliográfica y de las bases de datos virtuales de fuentes oficiales de información, de un inventario de campo, la aplicación de 580 entrevistas y la realización de 8 talleres participativos microrregionales con una asistencia promedio de 21 personas en cada uno.

Para la fase de diagnóstico se analizó la información con base a la elaboración de tablas y gráficas, al análisis territorial de procesos macro, meso y micro que impactan en el uso y manejo del agua en el municipio y en un Foro del Agua con una afluencia de 267 participantes de las comunidades donde se dialogó con organizaciones de la sociedad civil, academia e instituciones gubernamentales; los productos de este Foro fueron la conformación de un comité del agua y el planteamiento de líneas estratégicas preliminares como insumo para los Acuerdos que fueron el insumo para la elaboración de objetivos, metas, indicadores, capacidades actuales y posibles financiadores.

El capítulo IV señala las principales características ambientales, sociales y económicas del Municipio.

Con respecto a la riqueza natural en el Municipio se ubica la Reserva de la Biosfera Calakmul con una superficie de 723,184 has. y constituye la selva tropical más grande de México. En ella se pueden encontrar más de 350 especies de aves residentes y migratorias, 95 especies de mamíferos incluyendo cinco de los 6 felinos registrados en Mesoamérica, 45 especies de anfibios y 73 especies de reptiles.

Con respecto a la riqueza cultural, en el Municipio se encuentra población originaria de 27 estados, y se localizan 13 pueblos indígenas, lo que ha generado una relación de convivencia particular al coincidir tan diversos estilos de vida en un territorio común.

El Capítulo V nos brinda el marco teórico – epistemológico en el que nos apegamos para la elaboración de este instrumento.

El Capítulo VI nos señala el marco legal donde se inscribe este Plan Estratégico del Agua que se construye desde la base social con el análisis de los retos principales y las propuestas que los mismos actores realizan para superar estos retos, sin embargo, también se consideran y toman como referencia los esfuerzos estatales y regionales en Gestión Hídrica.

En el capítulo VII se plantean los principales retos obtenidos del diagnóstico a partir del análisis de los datos recopilados y las propuestas para atender a estos retos a través de los Acuerdos Municipales, dividido en 4 segmentos, el diagnóstico y la oferta actual, el árbol de problemas y objetivos, las estrategias de intervención y la matriz de planeación.

## 1 INTRODUCCIÓN

El recurso del agua en cantidad y calidad es esencial para el desarrollo económico y social de las regiones (Jiménez & Galizia, 2012). Además para lograr un desarrollo humano sostenible es necesario contar con suficiente agua que sea de buena calidad y a la que toda la población tenga acceso (Bokova, 2011). La disponibilidad de agua destinada al consumo humano, limpieza y aseo tiene una relación proporcionalmente directa con el control y la eliminación de las enfermedades, siendo el agua un recurso que mejora la calidad de vida (Tchobanoglous & Schröder, 1987).

Es importante hacer hincapié en conocer mejor el valor del agua, fomentar entre la gente una “Nueva Cultura del Agua”, para eso se necesitan conocer algunos datos importantes y reflexionar sobre realidades actuales concernientes a la problemática de la contaminación del agua.

En el municipio de Calakmul la falta del recurso hídrico ha detenido las prácticas productivas tendientes al desarrollo económico y social en la región, sobre todo en lo que se refiere a la implementación de técnicas agropecuarias de producción intensiva. Por tal motivo esta carencia se ha convertido en una demanda a nivel local que provoca una presión inminente derivada de las prácticas agrícolas que se desarrollan hoy en día (INE, 2000). Por otra parte, la falta del agua no permite la existencia de grandes núcleos de población humana (INEGI, 1996) y se ha convertido en una necesidad prioritaria al no contar con el suficiente recurso para consumo humano ya que las fuentes superficiales y subterráneas contienen altas concentraciones de calcio que la hacen no aptas para su uso directo (INE, 2000).

Otra situación que se presenta dentro del municipio es la disminución de las lluvias estacionales y el trasladado de las mismas a diferentes etapas del año, debido al cambio climático, lo cual ha originado sequías persistentes durante los últimos años. Esta realidad ha influido de manera negativa tanto en los humedales y en la vida silvestre como en las principales actividades agropecuarias del municipio y ha puesto en riesgo el abasto del agua para el uso doméstico en temporadas de secas.

Lo fundamental del Plan de Gestión Hídrica en Calakmul es el involucramiento de las diversas instancias presentes en el Municipio, para alcanzar las metas planteadas a corto, mediano y largo plazo. Es por esta razón, que se afirma que las herramientas de planeación deben surgir de métodos participativos que incorporen las propuestas de las organizaciones de base e incidan en el establecimiento de políticas públicas a través de la creación de estructuras e instrumentos de planeación y toma de decisiones.



## 1.2 JUSTIFICACIÓN

La problemática hidrológica ha sido colocada como uno de los temas prioritarios, que afecta al planeta, después del calentamiento global. Considerándolo así como un elemento crítico y un factor de vital importancia para la seguridad nacional. Razón por la cual el recurso hidrológico debe ser considerado como un *patrimonio natural*, administrado eficientemente, tanto en términos sociales como ambientales y económicos (Saldívar, 2007). El fuerte estrés hídrico ejercido sobre la cuenca, es superior al que puede soportar el sistema; no obstante, la situación continúa empeorando. Los cambios climáticos que se prevén para el futuro forzarán la migración a zonas urbanas además de la que ya se origina por la concentración de actividades económicas (Domínguez, J., 2007).

En México hay un enorme desequilibrio entre crecimiento urbano, económico y demográfico y disponibilidad de agua; en las regiones que generan 87% del PIB y vive el 77% de la población apenas se dispone del 31% de las reservas de agua. El sector agropecuario, que aporta un 6% del PIB, se lleva alrededor del 75% del agua disponible.

El tema del agua es muy sensible y complejo. Vivimos una tremenda paradoja, actualmente Naciones Unidas (desde hace años) reconoce el término “crisis global del agua” contradictoriamente en el “planeta agua” –planeta azul– un planeta que ciertamente tiene diversidad climática, en unos sitios llueve más, y en otros menos, pero todas las comunidades se instalaron cerca de un río, cerca de una naciente, en un lugar en donde las aguas subterráneas fueron suficientes. En la actualidad es indispensable hacer hincapié en conocer mejor el valor del agua, fomentar entre la gente una “Nueva Cultura del Agua”, para eso se necesitan conocer algunos datos importantes y reflexionar sobre realidades actuales concernientes a la problemática de la contaminación del agua.

No deja de ser una contradicción por tanto, el que, en el siglo XXI se produzcan estos datos de Naciones Unidas: más de 1200 millones de personas no tienen acceso al agua potable, más de 2000 millones no tienen saneamiento básico y se estima que 10 mil personas mueren cada día debido a diarreas, en su mayoría niños y niñas menores de cinco años por ser más vulnerables, y probablemente no se contabiliza a la gente que muere poco a poco, envenenada sin saberlo por la ingesta regular de aguas contaminadas con metales pesados y otros tóxicos procedentes de vertidos irresponsables “legales o no” (depende de la región) tanto de la industria como de actividades de minería a cielo abierto. Esas personas afectadas que mueren poco a poco, entonces no mueren por el agua que consumen en el momento, sino que de repente mueren de enfermedades producidas por el envenenamiento progresivo del agua que consumieron (Arrojo, 2005).

Teniendo en cuenta la situación crítica que se presenta tanto a nivel mundial como regional, es urgente empezar a construir un nuevo camino para *recuperar la sostenibilidad*, un adecuado manejo del *Bien Hídrico* y la *Consolidación de una Cultura Ecológica*; sólo así podremos garantizar salud en el presente y futuro (Arrojo, 2005).

La problemática del Municipio de Calakmul es compleja, por lo que es necesario un enfoque holístico, con énfasis en la difusión de una Nueva Cultura del Agua en el presente Plan Municipal del Agua. Es necesario fortalecer los esfuerzos en el manejo de los recursos hídricos en Calakmul. Así como también es preciso estudiar las posibles opciones para llegar a una valoración del agua, con base en la adquisición de ciertos principios éticos, así como en la socialización del conocimiento –ciclo hidrogeológico, cambio climático, huella hídrica, etc.–, solamente a través de estas vías se podrá alcanzar una gestión sustentable del agua.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 GENERAL

- ✚ Contribuir al desarrollo regional con el fortalecimiento de actores sociales clave a través de herramientas participativas que detonen procesos de cohesión social e innovación institucional con una visión y acción estratégica de largo plazo, a través de la creación de estructuras y mecanismos de planeación acordes a la realidad del municipio

### 2.2 PARTICULARES

- ✓ Formación de un *Comité Municipal del Agua*
- ✓ Respaldo esfuerzos a través de herramientas participativas que detonen procesos de coordinación social.
- ✓ Construir e Implementar una *Nueva Cultura del Agua* (NCA) en el Municipio que contemple el pago de tarifas adecuadas.
- ✓ Fortalecer la capacidad de gestión del agua, por medio de estrategias coordinadas con los pobladores de Calakmul.
- ✓ Considerar al agua como factor de desarrollo regional, fomentando el manejo integrado y sustentable del recurso, la eficiencia y su reuso.
- ✓ Sistematizar y evaluar los elementos útiles de los habitantes de Calakmul, coincidentes con una práctica ecológica, los cuales sirvan para regenerar el ecosistema de manera integral.
- ✓ Fomentar la *solidaridad*, generando espacios para el manejo y resolución de conflictos y asegurar el uso compartido y equitativo del agua.
- ✓ Buscar la vinculación, coordinación entre todos los sectores, estableciendo una sola sinergia integrada.
- ✓ Garantizar los seis principios del *agua segura* a todo el Municipio – Cantidad, Cobertura, Calidad, Continuidad, Costo y Cultura Hídrica-
- ✓ Buscar financiamiento en distintas instituciones tanto gubernamentales como ONG's, para Implementar sistemas de tratamiento de aguas residuales, así como mayor cobertura en obras de alcantarillado.

### 3 MÉTODO

**Caracterización.** Con el objetivo de conocer el ambiente y las condiciones en las que se encuentran los habitantes del municipio de Calakmul se realizó la caracterización de la zona; teniendo como finalidad el involucramiento por parte del equipo técnico en el territorio y la identificación del equipo de trabajo por parte de la población.

Se realizó una revisión bibliográfica de los estudios realizados en la zona y de publicaciones con información del municipio, de las bases de datos de CONAGUA e INEGI. Se recorrieron los ejidos para verificar la infraestructura hidráulica con la que contaban y elaborar un inventario.

Se aplicaron 560 encuestas que correspondían a una muestra del 10% con respecto a la cantidad de viviendas por ejido. Se entrevistaron a productores, amas de casa y jóvenes con la finalidad de obtener información acerca del acceso al agua que tienen, la frecuencia con la que cuentan con este recurso, así como la calidad, el costo del mismo, los usos principales que le dan al agua y las principales problemáticas que enfrentan.

Se diseñó y ejecutó un taller de caracterización con el propósito de socializar y complementar la información antes adquirida, obteniendo así un diagnóstico preliminar.

**Diagnóstico.** Una parte fundamental para el diagnóstico fue la realización del magno evento: Foro de Agua “Calakmul, sustento hidrológico de la Península de Yucatán”, donde se contó con la presencia de 267 habitantes del municipio, distribuidos en 6 mesas de trabajo, donde se analizaron las problemáticas que enfrentan con respecto al agua en el municipio:

- Gestión Social y Comunitaria del Agua.
- Manejo Adecuado del recurso hídrico.
- Gestión integral del recurso hídrico.
- Agua y Energía.
- Educación, Agua y Sociedad.
- Agua y actividades agropecuarias.

Para el análisis se definieron ciertas líneas estratégicas divididas en 6 rubros:

- Calidad
- Cantidad
- Continuidad
- Costos
- Confiabilidad
- Cultura del Agua

**Planeación:** Posterior a la realización de este foro, se sostuvieron 3 reuniones de seguimiento, con el comité del agua surgido en el foro conformado por 3 representantes de cada mesa que también representaban a una microrregión, para tener una representación sectorial y territorial. Con este comité conformado por 24 personas se analizaron y priorizaron las acciones de corto, mediano y largo plazo.

Las reuniones consistieron en

- Conformación del Comité Municipal del Agua
- Definición de Líneas Estratégicas
- Definición de Acciones.

Las líneas estratégicas definidas por el Comité Municipal del Agua son las siguientes:

- a) Cobertura del recurso hídrico para uso humano
- b) Tratamiento de aguas residuales
- c) Comités Comunitarios de Agua
- d) Manejo de Cuencas
- e) Difusión y educación
- f) Capacitación formal y especializada
- g) Investigación y percepción social
- h) Manejo integral de riesgos.

Con esta información se definen los seis grandes objetivos del Plan y se especifican sus líneas de acción estratégicas, así como las acciones para transformar y optimizar el aprovechamiento del recurso hídrico en el Municipio de Calakmul, impulsando así el desarrollo para mejorar las condiciones de vida de los pobladores.

El Comité Municipal del Agua (Consejo de Cuenca), tiene participación y representación de las microrregiones de la zona, y funciona como estructura extensiva del Consejo Municipal de Desarrollo Rural Sustentable (CMDRS), enfocada específicamente al sector hídrico, que funja como organismo de planeación y analista de los programas y financiamientos que se enfoquen en este sector.

Por una parte, las propuestas de solución a la problemática en torno al agua potable en el municipio de Calakmul, fueron validadas por el Consejo del Agua que operaba en el año 2011, considerando sus aportaciones al proceso, se identificaron los siguientes objetivos:

- Respalda esfuerzos a través de herramientas participativas que detonen procesos de coordinación social, a través de la ejecución del Plan Municipal del Agua en Calakmul.
- Utilizar la Cuenca Hidrológica como unidad de planeación y administración del agua

- Considerar al agua como factor de desarrollo regional, fomentando el manejo integrado y sustentable del recurso, la eficiencia y su reuso.
- Garantizar los seis principios del AGUA SEGURA a todo el Municipio
- Implementar sistemas de tratamiento de aguas residuales, así como mayor cobertura en obras de alcantarillado.
- Construir Una Nueva Cultura del Agua (NCA) en el Municipio que contemple el pago de tarifas adecuadas.

Asimismo, las líneas estratégicas se corresponden con ejes de acción dirigidos a dar orden y seguimiento, y que son necesarios para el logro de cada objetivo; en conjunto, todas las políticas y estructuras organizacionales deben ser evaluadas permanentemente.

#### **EJES DE ACCIÓN:**

I: Investigación –generación de información–

M: Manejo [Tres Tipos= Gestión (G), Implementación (Im), Infraestructura (If)]

FC: Formación de Capacidades (considera la capacitación técnica, formal e informal)

S: Seguimiento /Evaluación (observación y registro de avances y procesos)

NCA: Una Nueva Cultura del Agua (acciones de educación, difusión, aporte de conocimientos)

PS: Participación Social (Comunalidad: acciones y presencia colectiva de beneficiarios y actores)

Los ejes de acción expuestos, fueron definidos conforme a lo consultado en *Descroix, 2004*, siendo los que aquí se proponen, los más frecuentes en programas de manejo de agua y los que se empatan con las necesidades del Municipio.

La visión integral del manejo del agua, implica la interrelación de diversos factores naturales, socioeconómicos y culturales, lo que representa que las estrategias de gestión y protección de una cuenca deben orientarse conforme a planificación nacional del Programa Nacional Hídrico 2013-2018 (PNH), con visiones de escala regional, municipal y ejidal, y que enfatizan en los procesos de desarrollo sostenible y de conservación de los recursos con una visión intersectorial (GTZ, 2005).

Dado lo anterior, la propuesta de acción que aquí se presenta parte de un enfoque de Gestión de Cuenca, e integra componentes que se interrelacionan entre sí, para mejorar e incrementar el conocimiento y control de los mecanismos que intervienen en los seis indicadores del abastecimiento y saneamiento de agua: cobertura, cantidad, calidad, continuidad, costos y cultura hídrica.

El trabajo combina la utilización del marco analítico de la Nueva Cultura del Agua y del Enfoque de la Economía Ecológica<sup>β</sup> (Fig. β).

La alternativa propuesta por la NCA parte de un modelo de desarrollo sustentable integral que evalúa las estrategias para la apropiación social del agua en términos de su limitada disponibilidad, de los diversos valores ambientales del preciado líquido, así como su efecto sobre la equidad social e intergeneracional.

La EE como fundamento para la construcción de un análisis de los acontecimientos sociales, de los ambientales y de las propuestas para la construcción de una sociedad mejor capacitada para enfrentar los retos actuales del Municipio de Calakmul.

El presente Plan de Gestión Hídrica, se llevara a la praxis una vez que se actualice el diagnóstico, esto para reflejar las necesidades actuales e inmediatas de los pobladores. Previamente se convocará la participación de los comités ejidales desde Xpujil, la cabecera municipal de Calakmul, con el objetivo de dialogar y llegar a un acuerdo para la conformación del Comité Municipal del Agua, alentando particularmente la participación de mujeres. Una vez conformado el Comité Municipal del Agua o Consejo de Cuenca, se proseguirá a abordar la actualización de la problemática en torno al agua de cada microrregión. Enseguida se pactará y aprobará por consenso el plan de ejecución en coordinación con las autoridades locales, en los ejidos cabecera, de cada una de las nueve microrregiones del Municipio.

Por último, todos los elementos descritos anteriormente se representan en una matriz planificadora, la cual se plantea, según la escala de intervención: regional o cuenca, municipal o micro-regional y ejidal o comunitaria. Igualmente se hace referencia al contexto actual y potencial de dicha línea estratégica, describiendo la situación del contexto y la presencia de otras instituciones que trabajan con el tema, así como una propuesta de potenciales financiadores de esas acciones para su implementación.

## 4 NUESTRO MUNICIPIO

El Municipio de Calakmul debe su nombre a la ciudad maya que lo caracteriza, el cual significa “ciudad de dos montículos adyacentes”. Compuesto por dos vocablos mayas ca=“dos”, lac=“adyacente” y mul= “montículo artificial o pirámide”.

Esta zona arqueológica fue descubierta en 1931 por Cyrus Longworth Lundell, fecha donde se dio a conocer oficialmente con el nombre de Calakmul, anteriormente los chicleros la llamaron “Maruchin”, centro urbano de primera categoría localizado en el área del Petén; se caracteriza principalmente por el mascarón que lleva su nombre, además que se considera como la segunda ciudad más grande del mundo maya después de Tikal en Guatemala. En esta área se localiza la reserva ecológica tropical más grande de México, que recibe el mismo nombre de esta zona arqueológica. Debido a la abundancia de riquezas naturales de esta zona, el gobierno federal, en 1989, decretó el área selvática de la región como reserva de la Biósfera de Calakmul, y en 1996 al crearse el nuevo municipio, se le dio el nombre con que se conoce a esta región: *Calakmul, –Ciudad de Los Montículos Adyacentes–* siendo *Xpujil* su cabecera municipal.

### 4.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

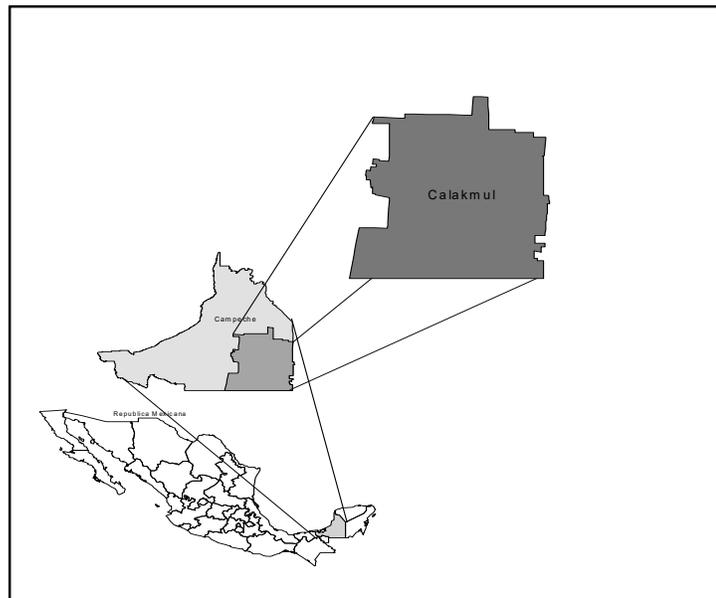
El Municipio de Calakmul se ubica en la parte sureste del estado de Campeche. Se encuentra en las cuencas de Laguna de Términos, Cerrada y la Bahía de Chetumal, que son parte de las regiones hidrológicas Región Grijalva, Usumacinta y Yucatán Este. El manto freático se encuentra entre los 60 a 300 msnm con alto contenido de yeso lo que hace que el agua no sea apta para beber ni para el riego; se encuentra en la parte más alta de la Península de Yucatán y eso provoca el escurrimiento de las aguas, es por eso que existe carencia del líquido (Gobierno del Estado, 2005).

Tiene una extensión territorial que abarca 1’468,110 hectáreas, ocupando el 25.8% del territorio del estado de Campeche. Se localiza entre los paralelos 19° 12' 00" y 17° 48' 39" de latitud norte; así como en los meridianos 89° 09' 04" longitud este y 90° 29' 05" de longitud oeste de Greenwich. Colinda en su parte norte con los municipios de Champotón y Hopelchén, al sur con la República de Guatemala, al este con el estado de Quintana Roo y el país de Belice y al oeste con los municipios de Escárcega y Candelaria (ver Figura 2).

El municipio envuelve casi en su totalidad a la Reserva de la Biósfera de Calakmul (RBC) establecida el 23 de mayo de 1987, esta Reserva presenta algunos de los ecosistemas más importantes y representativos del trópico húmedo mexicano - la selva - que es considerada como la más rica y compleja de todas las comunidades vegetales en el mundo. En sus 723,185 hectáreas, divididas en dos zonas núcleo y una de amortiguamiento, tiene representados el 18.0% de los mamíferos del país, las aves en un 32.9%, los reptiles en 10.6%, los anfibios en 6.2% y los peces dulce-acuícolas en un 9.2% (GTZ, 2005).

La edafología del municipio se compone de suelos de origen calcáreo, que en su mayoría son delgados y pobres para la agricultura por la lixiviación que sufren, debido a las lluvias torrenciales y altas temperaturas. Existen cinco unidades de suelos: las rendzinas, regosoles calcáreos y litosoles predominan en los lomeríos, mientras que los vertisoles y gleysoles en las planicies (INEGI, 1996).

La región presenta una relativa homogeneidad climática, el clima predominante es el cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw), con un gradiente de disminución de la precipitación hacia el norte, teniendo una oscilación térmica de 4 a 40 grados centígrados, con una media anual de 25 grados centígrados.



Mapa 1: Ubicación del municipio de Calakmul, Campeche, México.

Los datos utilizados para la elaboración del presente diagnóstico se tomaron del Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI y de la aplicación de encuestas de campo realizadas entre julio 2011 y agosto 2012. La información de cada ejido fue procesada para poder obtener los resultados estadísticos que se muestran a continuación.

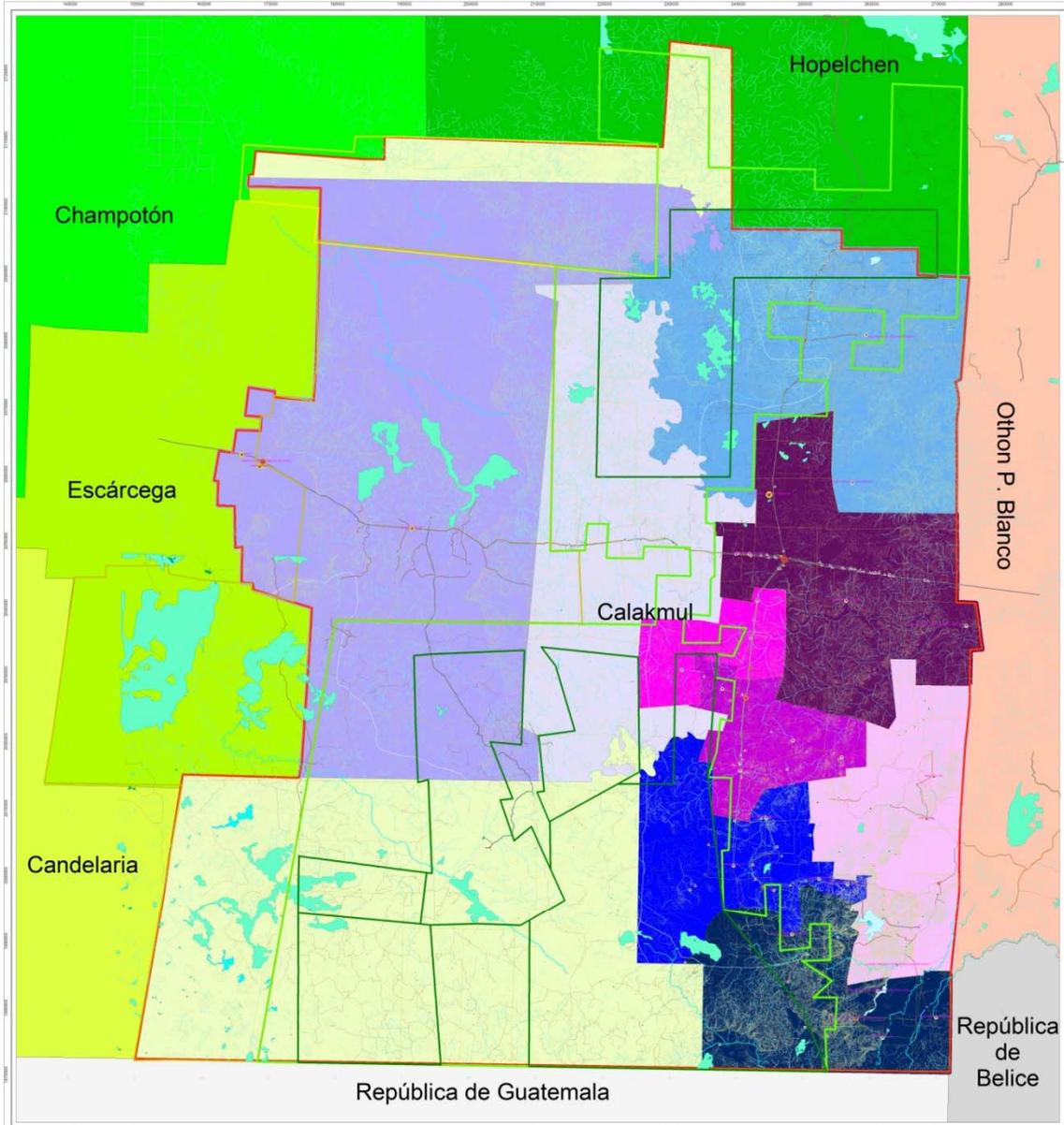
Los datos adquiridos están agrupados en dos bloques principales para el municipio:

- Población, servicios y actividades económicas.
- Cantidad, Cobertura, Calidad, Continuidad y Costo del Recurso Hídrico.

El estudio de la situación actual que se presenta en el municipio de Calakmul se realizó basándose en la división de las nueve microrregiones (mapa 2), en donde se indica a cual zona pertenece dependiendo de su ubicación geográfica.

# MICRORREGIONES CALAKMUL 2012

## ORDENAMIENTO TERRITORIAL MUNICIPAL CALAKMUL, CAMPECHE, MÉXICO



### SIMBOLOGÍA GENERAL

**RASGOS FISIOGRÁFICOS**

**TOPOGRAFÍA**

- SUBSUCENCIAS:
  - Planicie
  - Montaña
  - Sierra
  - Sierra Madre Occidental
- COMENTARIO GENERAL:
  - Planicie
  - Montaña
  - Sierra
  - Sierra Madre Occidental
- CUERPOS DE AGUA:
  - Lago
  - Reserva Natural
  - Reserva de Biosfera
  - Reserva de Biosfera
  - Reserva de Biosfera
  - Reserva de Biosfera
  - Reserva de Biosfera
- AREAS NATURALES PROTEGIDAS:
  - AREAS NATURALES PROTEGIDAS FEDERALES
  - AREAS NATURALES PROTEGIDAS ESTATALES
  - AREAS NATURALES PROTEGIDAS MUNICIPALES
- AREAS CULTURALES
- AREAS DE ESTUDIO
- TERRAZAS DE LA TIERRA

**ENTONTO GEOSTADÍSTICO**

**COLINDANCIAS TERRITORIALES**

**LOCALIDADES**

**CATEGORÍA URBANA**

**CATEGORÍA RURAL**

**CATEGORÍA POLÍTICA**

**CATEGORÍA MUNICIPAL**

**CATEGORÍA MICROREGIONALES**

**INFRAESTRUCTURA**

**VÍAS DE COMUNICACIÓN**

**TENDIDO ELÉCTRICO**

**SISTEMA AGROPECUARIO**

### SIMBOLOGÍA PRINCIPAL

#### MICRORREGIONES CALAKMUL 2012

- Cibalito
- Constitución
- Ley de Fomento Agropecuario
- Nueva Vida
- Pueblo de Morelia
- Manuel Castilla Brito
- Josefa Ortiz de Domínguez
- Ricardo Payro Gene
- Xpujil
- Terrenos Nacionales

### METADATA

Proyecto: Ordenamiento Territorial Municipal Calakmul, Campeche, México

Fecha: 2012

Autores: [Logos of participating organizations]

Logos: Calakmul, IDESMAC, giz

## 4.2 POBLACIÓN Y ACTIVIDADES ECONÓMICAS

En esta sección se presenta la información de cada ejido con respecto a su población, características principales de cada ejido, el acceso a servicios y las principales actividades económicas de las microrregiones.

### 4.2.1 Población por adscripción cultural

A partir de los años 60's 70's el territorio que hoy abarca el municipio de Calakmul inició su poblamiento mediante estrategias de reparto agrario por parte de los gobiernos federal y estatal. Esta iniciativa propició que en el territorio convergiera población originaria de diferentes estados, principalmente de Chiapas, Calakmul, Tabasco y Veracruz; creando una diversidad de saberes y prácticas culturales que se reflejan de manera importante en el modo de realizar sus actividades productivas. Posteriormente, con los problemas sociales surgidos en el estado de Chiapas que tuvieron su cúspide con el levantamiento zapatista de 1994, surgió una nueva oleada de inmigrantes.

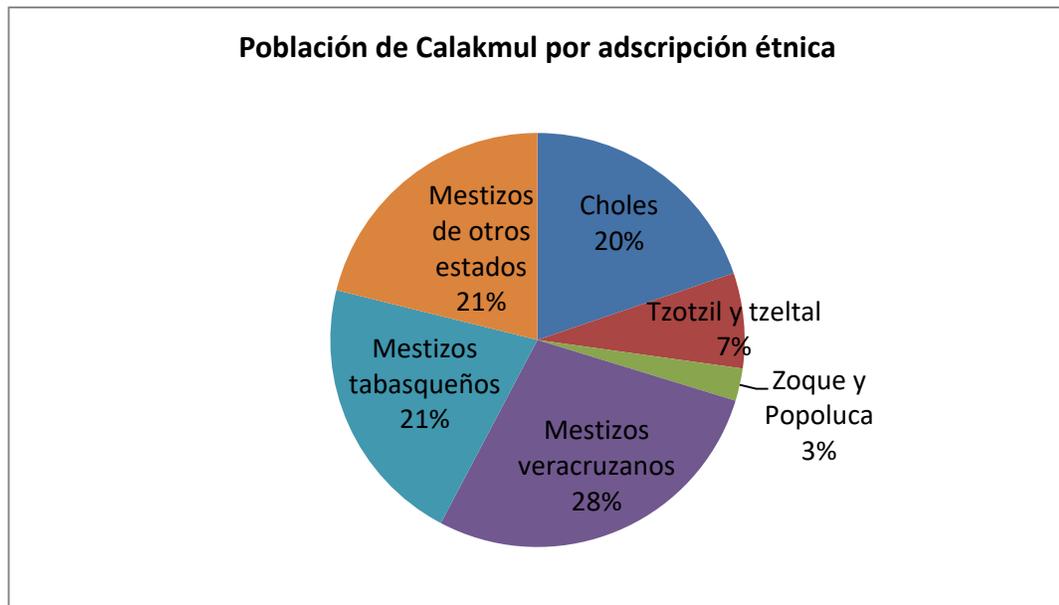


Figura 1 - Población de Calakmul por adscripción étnica

Actualmente, el municipio de Calakmul, tiene una representación poblacional de 26 estados de la República Mexicana; por lo que existe tanto diversidad cultural como poblacional. Dentro de la población indígena se han identificado 17 lenguas indígenas, siendo la más predominante la chol; la cual representa la quinta parte de la población total como se muestra en la Figura 1.

Según los datos del Censo de Población y Vivienda del INEGI 2010, Calakmul cuenta actualmente con 26,882 habitantes. En 52 de los 80 ejidos la mayoría de los habitantes

son hombres. Sin embargo, sólo en Felipe Ángeles II, perteneciente a la microrregión de Puebla de Morelia, el porcentaje de mujeres es menor al 40%.

#### 4.2.2 Población por microrregiones

De los 26,882 habitantes, 6,772 viven en la microrregión de Xpujil; las microrregiones Ley de Fomento y Constitución cuentan aproximadamente con alrededor de 3,300 habitantes cada una. La población de las microrregiones de Civalito, Josefa Ortiz de Domínguez y Ricardo Payró oscila en los 2,900. Nueva Vida y Castilla Brito cuentan con aproximadamente 1,800 habitantes cada uno. Siendo Puebla de Morelia la microrregión con menos habitantes, 990.

La Figura 2 - Distribución de la población en el municipio de Calakmul

muestra la distribución porcentual de la población, donde se muestra que los ejidos de la zona centro (microrregión de Xpujil) tienen el 26% de la población total del Municipio, en promedio los ejidos de la microrregión Xpujil tienen una población de 967 habitantes, sin embargo, este dato es influencia por Xpujil que al ser la cabecera municipal cuenta con casi 4,000 habitantes.

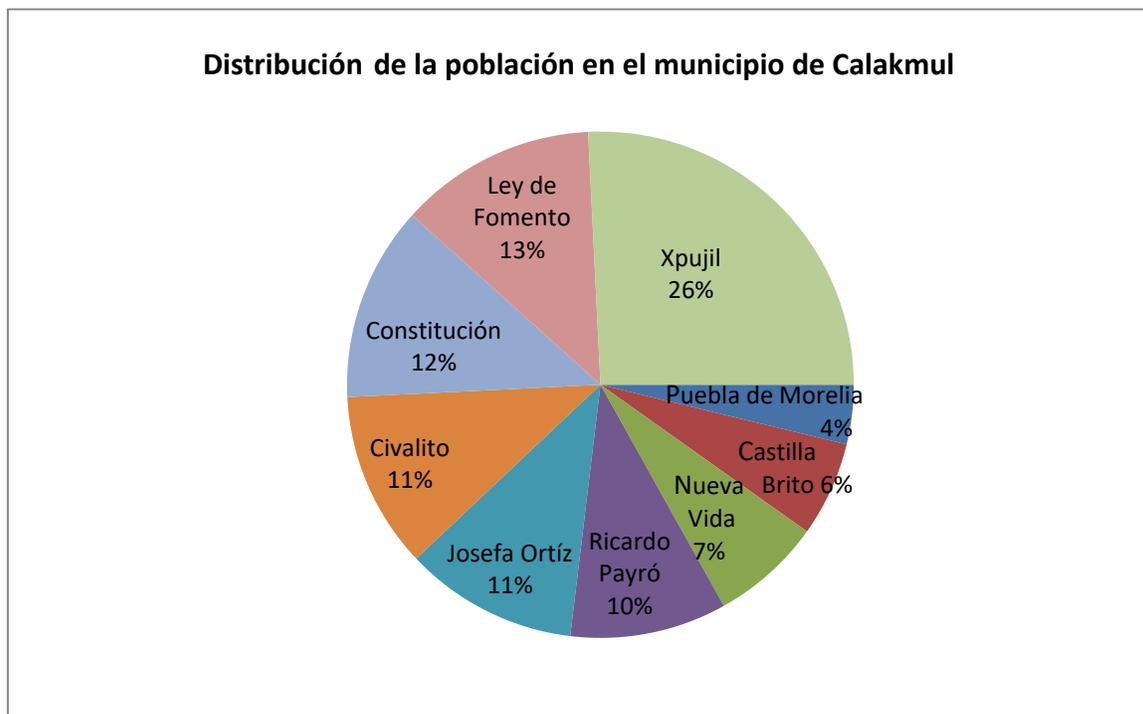


Figura 2 - Distribución de la población en el municipio de Calakmul

En las siguientes tablas se detallan los nombres, la población y el total de viviendas de cada una de las microrregiones del municipio de Calakmul, para el desglose por ejidos consultar la sección de anexos.

Tabla 1 - Nombres y población de los ejidos en la microrregión Xpujil

<b>Microrregión</b>	<b>Población Total</b>	<b>Total de Viviendas</b>
Xpujil	<b>6772</b>	<b>1639</b>
Civalito	<b>2611</b>	<b>520</b>
Josefa Ortíz	<b>2903</b>	<b>623</b>
Castilla Brito	<b>1589</b>	<b>332</b>
Ley de Fomento	<b>3647</b>	<b>706</b>
Ricardo Payró	<b>2628</b>	<b>566</b>
Nueva Vida	<b>1856</b>	<b>374</b>
Constitución	<b>3268</b>	<b>773</b>
Puebla de Morelia	<b>993</b>	<b>224</b>

Las microrregiones Ricardo Payró y Castilla Brito (zona sur) tienen en promedio 370 habitantes por ejido. La microrregión de Constitución (zona oeste) cuenta en promedio con 545 habitantes por ejido. Las microrregiones Civalito, Nueva Vida y Ley de Fomento tienen un promedio de 269, 265 y 254 habitantes por ejido respectivamente. La microrregión de Josefa Ortiz de Domínguez tiene un promedio de 194 habitantes por ejido y Puebla de Morelia 124 habitantes.

#### 4.2.3 Principal actividad económica por Microrregión

<b>Constitución</b>	Las principales actividades productivas en la microrregión son la ganadería, seguida de la apicultura, la agricultura y la conservación forestal; los cultivos más comunes son el maíz, frijol, chihua y chile jalapeño, de los cuales sólo el chile es comercial aunque en la microrregión tiene una tendencia negativa, los demás productos son de autoconsumo y para el mantenimiento de animales de traspatio.
<b>Nueva Vida</b>	La apicultura es la principal actividad económica realizada por los habitantes de esta microrregión, otras alternativas en la microrregión son la conservación forestal y el ecoturismo, en menor cantidad realizan la Agricultura en donde siembran principalmente maíz y frijol que son únicamente de autoconsumo.
<b>Josefa Ortiz de Domínguez</b>	La ganadería es una de las actividades más representativas en esta microrregión; seguida por la agricultura. Se les apoya por la conservación de los recursos forestales (servicios ambientales), aunque no a todos los ejidos se les retribuye este pago.
<b>Civalito</b>	La principal actividad realizada en la microrregión es la agricultura, seguido de la ganadería. Los cultivos que predominan son el maíz y el frijol que son de autoconsumo y en menor grado se cultiva el chile jalapeño que en ocasiones es comercializado.
<b>Ley de Fomento</b>	La principal actividad es la agricultura y de acuerdo a las encuestas realizadas en las diferentes comunidades del municipio de Calakmul es la microrregión con mayor producción y comercialización de maíz y chile jalapeño; otros de los cultivos que predominan son el frijol, la calabaza y la chihua. Además de la agricultura también se realizan actividades forestales y ganaderas dentro de la zona.
<b>Ricardo Payró</b>	El manejo forestal es la principal actividad productiva en la microrregión seguida de la agricultura.
<b>Castilla Brito</b>	El 89% de la microrregión está dedicada a las actividades agrícolas y un 1% al producto de la miel. Gran parte de la población cuenta con parcelas en las que mayormente se cultiva maíz y chile jalapeño, ambos vendidos en pequeñas cantidades, además de frijol y la

	chihua que por lo general es ocupado para el consumo familiar.
<b>Xpuhil</b>	Sólo una parte de la población cuenta con parcelas en las que se siembra el maíz, ya que la mayoría de las familias son pobladores ó en su caso trabajan en la parte administrativa del municipio, así como también en las diferentes actividades del sector terciario (servicios: hoteles, restaurantes y otros).
<b>Puebla de Morelia</b>	A pesar de ser recién “creada” tienen actividades en apicultura y empiezan con actividades ecoturísticas. Esta región está integrada a la zona de amortiguamiento y conservación de la Reserva de la Biosfera de Calakmul por lo que el uso de sus tierras son limitadas y de bajo impacto. Las actividades que se desarrollan en estos ejidos son amigables con el entorno y se llevan a cabo bajo un estricto manejo ambiental. Actualmente en el ejido San José (Km 120) se está destinando bajo el esquema de producción orgánica y sus principales productos son las hortalizas.

En general Calakmul se ha caracterizado por tener una inestabilidad de la ocupación, donde los pobladores enfrentan la pobreza, nula administración del agua, la necesidad de obtener servicios e ilícitos, en un espacio que todavía no está institucionalizado (Ordenamiento Territorial, 2012).

#### 4.3 CANTIDAD + COBERTURA + CALIDAD + COSTO + CONTINUIDAD + CULTURA

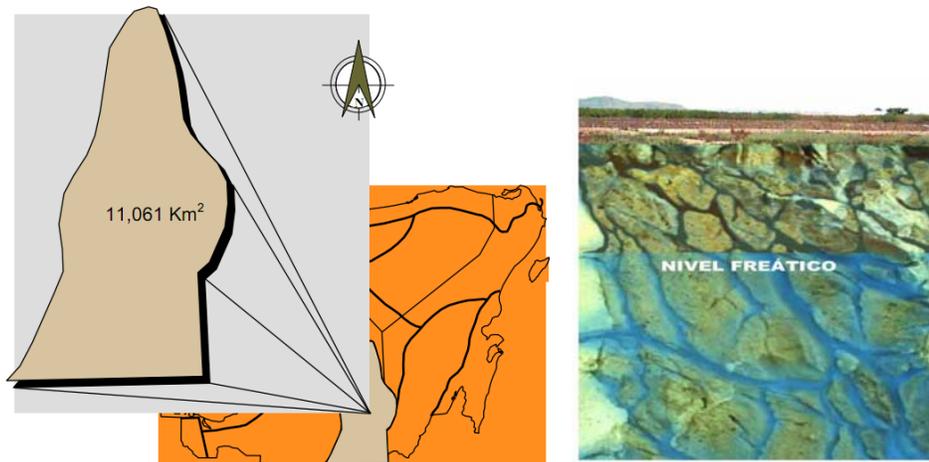
A continuación se presenta la información de calidad, cantidad, cobertura, continuidad y costo de los principales sistemas de abastecimiento por microrregión: acueductos, pozos profundos y excavados, estos sistemas originados por agua subterránea; aljibes, y captadores por agua pluvial.

Se investigaron diferentes aspectos para poder analizar si la cantidad y la calidad de agua a la que tienen acceso los ejidos es suficiente para satisfacer sus necesidades de consumo humano, domésticas, agrícolas y turísticas, en los sitios donde ésta última actividad económica se realiza.

##### 4.3.1 Cantidad

##### 4.3.1.1 Unidad Hidrogeológica Xpuhil

Comprende una superficie estimada en 11,061 km<sup>2</sup>. El manto freático presenta severas limitaciones para la obtención de agua potable (Martínez, Sousa, & Ramos, 2001). El manto freático se encuentra a una profundidad que varía de 60 a 300 metros. La elevación del manto freático se controla por el nivel del mar y su distancia a la costa; toda el agua que se infiltra del suelo se desplaza a lo largo de un declive en dirección del mar contribuyendo eventualmente al flujo de manantiales.



La composición geomorfológica de la unidad hidrogeológica Xpujil es cerril con altura promedio de 150 msnm, alineada sensiblemente NW-SE. Se observa que la roca superficial de la zona ha sido fuertemente atacada por el intemperismo y la disolución, originando que el agua de lluvia que escurre superficialmente se infiltre incorporándose al acuífero a través de los pozos naturales de recarga.

El volumen de extracción de acuerdo con los títulos de concesión inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA) de la Subdirección General de Administración del Agua, concesionado al 30 de abril de 2002 en esta zona suma un total de 0.5 mm<sup>3</sup>/año. El volumen estimado de precipitación es de 14,044.02 mm<sup>3</sup>/año y la temperatura promedio es de 26°C, por lo que mediante la aplicación del método de Turk se tiene una evapotranspiración de 11,944.58 mm<sup>3</sup>/año y un volumen de infiltración de 2,099.43 mm<sup>3</sup>/año.

#### ENTRADAS

Flujo Horizontal (Eh)	0.00 Mm <sup>3</sup> /año
Recarga Natural (Rn)	2,099.4 Mm <sup>3</sup> /año

#### SALIDAS

Salida Horizontal (Sh)	?
Descarga Natural (Dn)	0.00 Mm <sup>3</sup> /año
Bombeo (B)	0.50 Mm <sup>3</sup> /año

$$\begin{aligned} \text{Entradas} - \text{Salidas} &= 0 \\ \text{Eh} + \text{Rn} - \text{Dn} - \text{B} - \text{Sh} &= 0 \\ 0 + 2,099.43 - 0 - 0.5 &= \text{Sh} \\ \text{Sh} &= 2,098.93 \end{aligned}$$

Para el cálculo de la disponibilidad de las aguas subterráneas, se aplica el procedimiento establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, que en la fracción relativa a las aguas subterráneas establece que se determina por medio de la expresión siguiente:

Disponibilidad media de Agua Subterránea en una unidad hidrogeológica = Recarga Total Media Anual - Descarga Natural Comprometida - Volumen Concesionado de Aguas Subterráneas e inscrito en el REPDA

La recarga total media anual corresponde con la suma de todos volúmenes que ingresan al acuífero, en forma de recarga natural, más la recarga inducida. En este caso, es la suma de la recarga vertical y las entradas horizontales. De esta manera la Recarga Total es de 2,099.43 mm<sup>3</sup>/año.

La descarga natural comprometida de un acuífero, es la suma de los volúmenes de agua concesionados de los manantiales y del caudal base de los ríos alimentados por una unidad hidrogeológica, que están comprometidos como agua superficial para diversos usos, y de las descargas subterráneas que se deben conservar para no afectar a las unidades hidrogeológicas (flujo horizontal que sirve de recarga para acuíferos aguas abajo) o destinadas para sostener el gasto ecológico (vegetación nativa e intrusión salina). Bajo el concepto anterior, la descarga natural comprometida del Acuífero Xpuhil es la salida por flujo subterráneo (Sh). El volumen calculado es del orden de 1,784.1 mm<sup>3</sup>/año.

La disponibilidad de aguas subterráneas conforme a la metodología indicada en la norma referida, se obtiene de restar el volumen de recarga total media anual, el valor de la descarga natural comprometida y el volumen de aguas subterráneas concesionado e inscrito en el REPDA, que de acuerdo con la expresión anterior, resultó ser de 315,300,000 m<sup>3</sup>/año:  $315,300,000 = 2'099,400,000 - 1'784,100,000 - 0$

La cifra indica que existe volumen disponible de 315, 300,000 m<sup>3</sup> anuales para nuevas concesiones en la unidad hidrogeológica denominada acuífero Xpuhil.

Clave	Acuífero	R	DNCOM	VCAS	VEXTET	DAS	DEFICIT
Cifras en millones de metros cúbicos anuales							
0405	Xpuhil	2099.4	1784.1	0.252720	0.5	315.047280	0

R: recarga media anual; DNCOM: descarga natural comprometida; VCAS: volumen concesionado de agua subterránea; VEXTET: volumen de extracción de agua subterránea consignado en estudios técnicos; DAS: disponibilidad media anual de agua subterránea. Las definiciones de estos términos son las contenidas en los numerales “3” y “4” de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2000.

#### 4.3.1.2 Función de Mantenimiento y Retención de Agua Pluvial

El Municipio de Calakmul tiene la característica de ser un receptor de agua de lluvia pero un gran porcentaje de ésta se escurre hacia el estado de Quintana Roo. En el Ordenamiento Territorial se creó un indicador denominado “Función de Mantenimiento

de Acuíferos y Retención de Agua Pluvial”, que tuvo como categorías muy alto, alto, medio y bajo (IDESMAC, 2012).

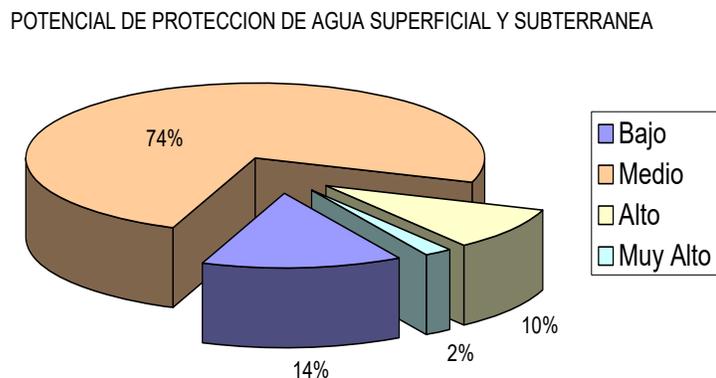
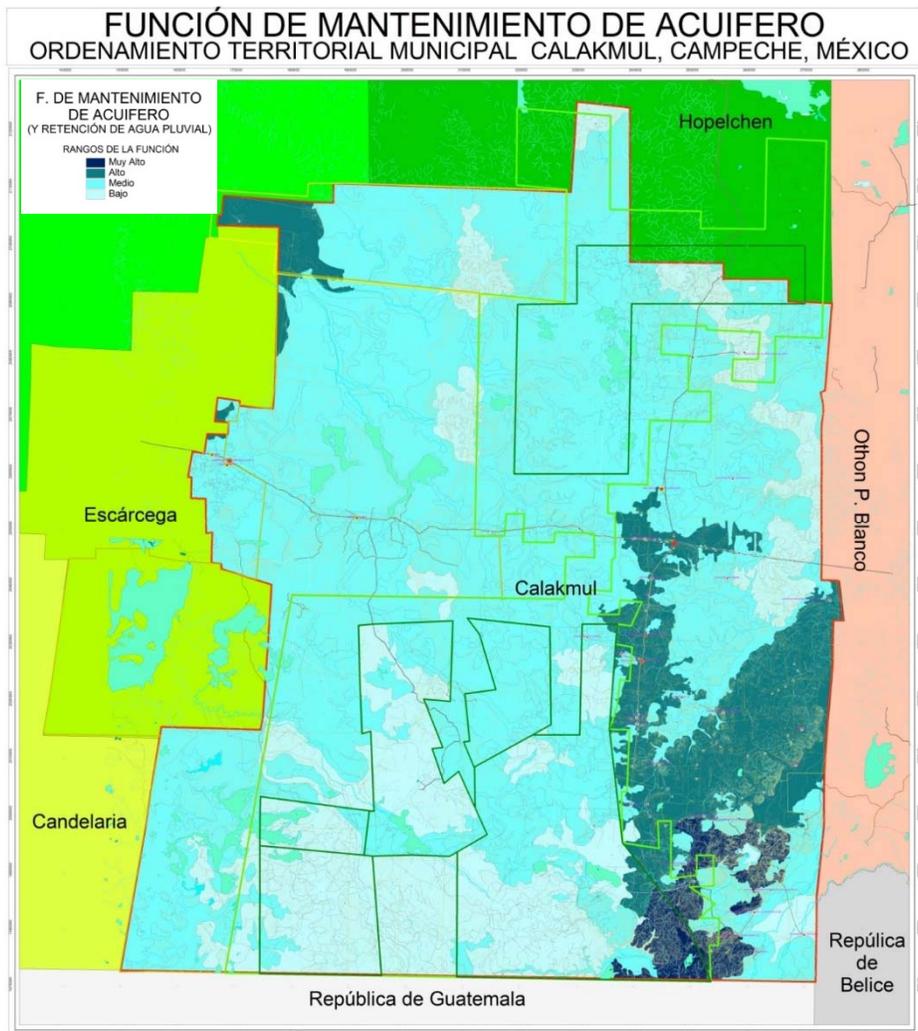


Figura 3 - Función de Mantenimiento de Acuíferos de Calakmul.

La mayor parte de la superficie del municipio de Calakmul es del tipo de permeabilidad alta (García, 2003), lo que da pie solamente a escurrimientos intermitentes. Sin embargo la mayor parte de las aguadas donde se almacena el agua queda en la parte sur del municipio, donde sólo las comunidades cercanas pueden beneficiarse de este recurso vital.



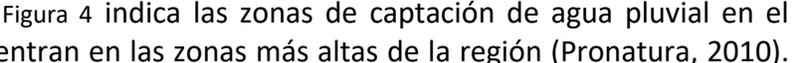
Los niveles muy alto y alto se refieren a las zonas donde el agua es fuertemente retenida y contribuye al mantenimiento del acuífero, se presentan en la llanura colinosa y la llanura ondulada al sureste del municipio, en la zona limítrofe con el estado de Quintana Roo, siendo la zona de captación natural y la zona agropecuaria importante al mismo tiempo, por ende la zona con mayor cantidad de asentamientos humanos. Esta zona tiene como factores, la vertiente de las microcuencas de mayor captación pluvial del municipio con orientación al Noreste y el recorrido natural de los ríos superficiales y escurrimientos existentes que transitan de Sur a Este, hasta filtrarse o salir de los límites municipales de Calakmul e internarse en el Estado de Quintana Roo, propiciando que el mayor aprovechamiento de agua sea para beneficio de este Estado y no para el municipio donde se capta el agua.

Los niveles medios son los más abundantes en el Municipio debido a que la presencia de las selvas bien conservadas reducen la pérdida de agua, pero que no es aprovechada por la población local ya que son zonas donde se presentan pocos asentamientos humanos

por localizarse propiamente la Reserva de la Biosfera, además la roca calcárea de la región condiciona la posibilidad a pequeñas áreas, donde el tipo de suelo sea menos permeable. Finalmente, el nivel bajo se presenta en una porción de la zona norte y principalmente dentro de la zona núcleo sur del área de la Reserva de la Biosfera de Calakmul.

Como se muestra en la Figura 3 la función de los paisajes de mantener los acuíferos tiene predominantemente niveles medios (74%), donde las selvas bien conservadas reducen la pérdida de agua, pero que no es aprovechada por la población local ya que son zonas donde se presentan pocos asentamientos humanos, además la roca calcárea de la región condiciona la posibilidad a pequeñas áreas, donde el tipo de suelo sea menos permeable, el nivel bajo ocupa el 14% de la superficie, por su parte entre los niveles alto y muy alto solamente ocupan el 12% de la superficie total del municipio donde se concentra la población y la actividad agropecuaria (IDESMAC, 2012).

Se ha realizado un extensivo trabajo de investigación para identificar las potenciales zonas de captación que hay en el municipio de Calakmul, basándose en datos fisiográficos, hidrológicos y meteorológicos. Del análisis se ubicaron las áreas que cumplen con las características para dicha clasificación.

El mapa de la  Figura 4 indica las zonas de captación de agua pluvial en el municipio, las cuales se encuentran en las zonas más altas de la región (Pronatura, 2010). Las zonas de impacto, que se mencionan en el mapa, es la superficie que se encuentra ocupada por actividades antropogénicas.

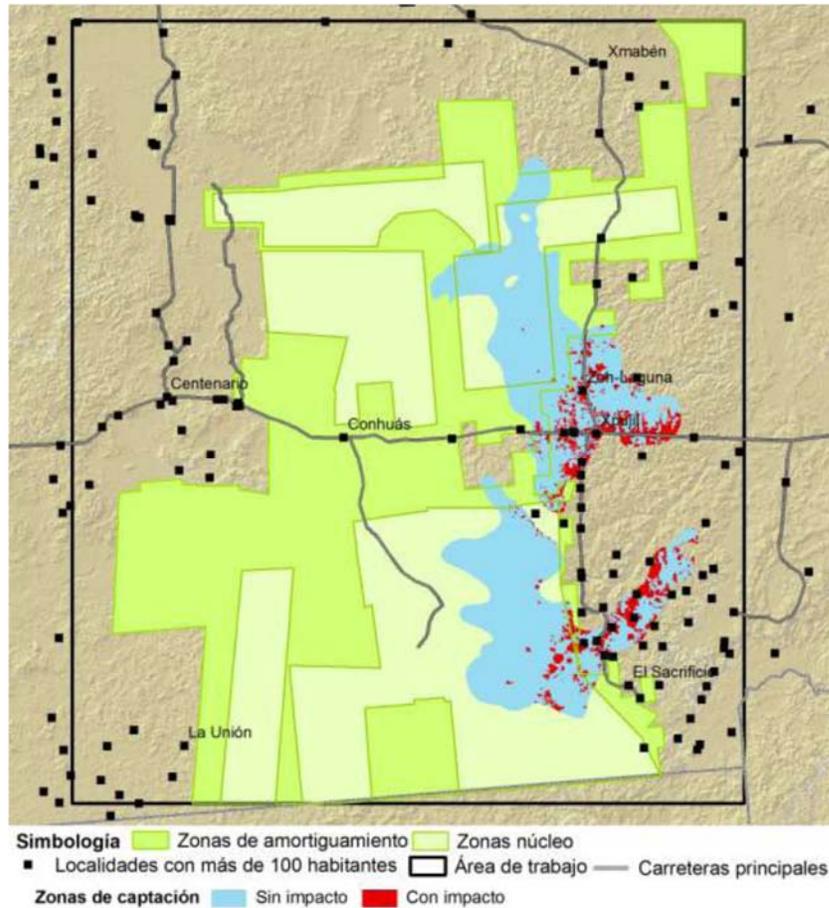


Figura 4 - Mapa de zonas de captación pluvial de la región de Calakmul (Pronatura, 2010).

#### 4.3.1.3 Aguas superficiales

Las corrientes superficiales de agua son de escasa importancia por su intermitencia, poco caudal y permeabilidad del suelo. Existen muchas lagunas naturales, sobre todo en la parte suroeste, donde el agua es dura y necesita ser tratada para el consumo humano.

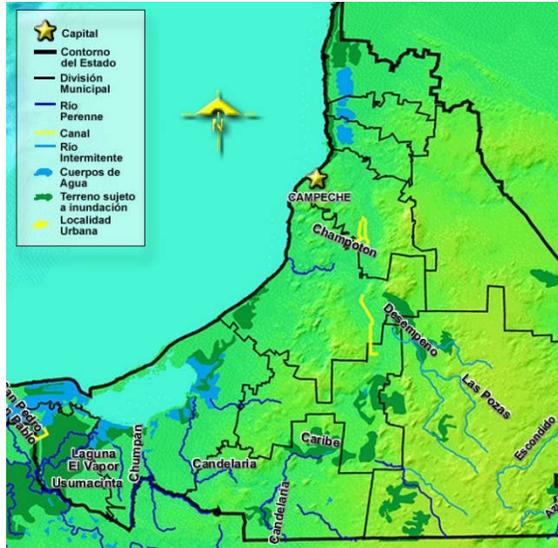
Algunas de las áreas bajas constituyen humedales permanentes. Es por ello que existe una relación obligada entre localidades humanas y los depósitos naturales de la precipitación pluvial (dolinas) llamadas localmente aguadas, que en muchos casos son de capacidad limitada. Estas lagunas y aguadas presentan un alto grado de inestabilidad debido a la irregularidad de los regímenes de precipitación y a la fuerte presión que la población ejerce sobre ellos para poder abastecerse.

Los cuerpos de agua que existen en el Municipio son:

- Lagunas: Alvarado, Noh (Silvituk) y El Teniente.
- Ríos: Río El Desempeño y su tributario Las Pozas que son mayoritariamente estacionales y tienen una dirección predominante de sur a norte; Río El Escondido

que tiene su origen en el Municipio y una dirección de oeste a este para internarse en el estado de Quintana Roo donde se une al Río Hondo; Río Azul, que se localiza en el extremo sureste del territorio (Gobierno del Estado, 2005).

Figura 2. Ríos estacionales presentes en el Municipio de Calakmul.

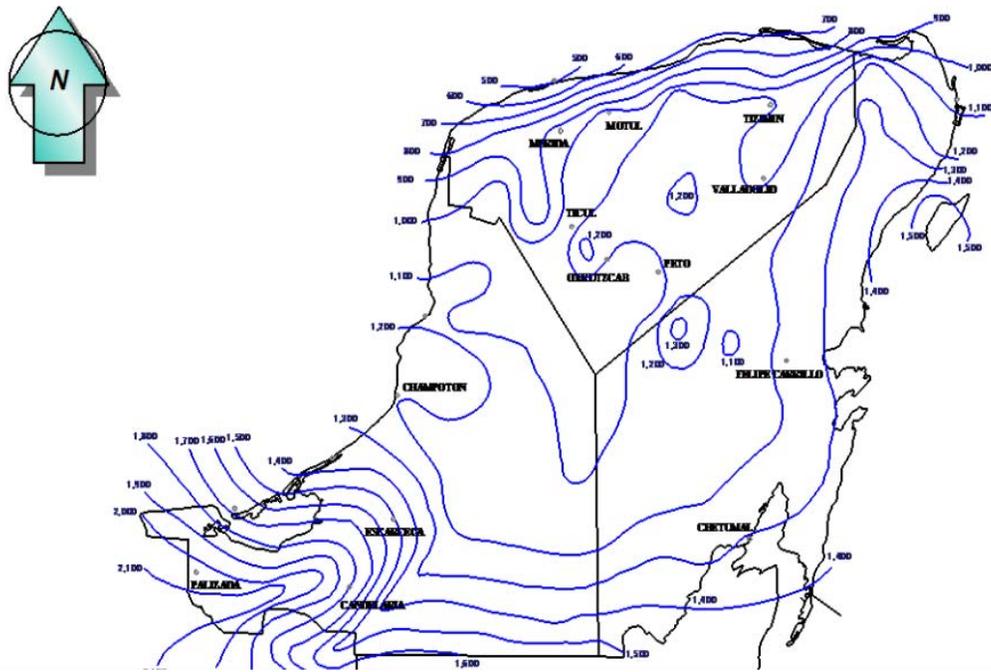


#### 4.3.1.4 Aguas pluviales

Las precipitaciones fluctúan en un gradiente que aumenta de norte a sur entre 900 y 1,300 mm anuales. El 83% de la precipitación ocurre entre mayo y noviembre, la época con mayor precipitación es de junio a octubre. El 17% restante se precipita durante el período de sequía de diciembre a abril.

Tabla 2 Precipitación promedio anual en las diferentes zonas del municipio de Calakmul.

Zona	Precipitación promedio anual [mm]
Norte	900
Centro, Oeste y Sur	1,100
Zona Sureste (Limítrofe)	1,300



Como se puede observar, en el área existe un decreciente de humedad del sureste al noroeste, esto es debido al efecto de la entrada de los vientos del Noreste (*Alisios*), que se cargan de humedad a su paso sobre el mar Caribe y la descargan en el continente por efecto de convección. Los valores medios anuales de evapotranspiración, según datos del Centro Regional de Pronóstico Meteorológico, calculados para toda la región son de 1,236.46 mm.

4.3.2 Cobertura

4.3.2.1 Acueductos

En el municipio de Calakmul hay 3 acueductos cuyas fuentes de abastecimiento son pozos de agua subterránea con profundidades aproximadas entre 120 – 160 m. Estos acueductos deberían beneficiar a 60 ejidos, sin embargo solo en 49 están en funcionamiento y en 11 tienen problemas de mantenimiento, hay 22 ejidos que no cuentan con acueducto.

4.3.2.1.1 Acueducto #1 Zona Sur-Santa Rosa-Xpujil

Fue construido en 1997 con una inversión de \$28.24 millones de pesos y tiene 8 años de operación, además del pozo profundo consta de una línea de conducción de aproximadamente 90 km de tubería de un diámetro 20.32 cm (8 pulgadas) en la conducción del agua, tiene cinco cárcamos de 200 m<sup>3</sup> conectados en serie que rebomban el agua a la red de distribución cubriendo un 70% en su área de influencia.

Abastece a una población aproximada de 6,500 habitantes, las cuales pertenecen a 21 comunidades rurales y son de cinco microrregiones (Castilla Brito, Ricardo Payró, Ley de Fomento, Josefa Ortiz de Domínguez, Civalito y Puebla de Morelia). El acueducto #1 Zona Sur-Santa Rosa-Xpuhil presenta fugas tanto en la tubería de conducción como en las válvulas de operación, presenta dificultades en la continuidad del servicio por fallas en la prestación de la energía eléctrica.

#### 4.3.2.1.2 Acueducto #2 Zona Limítrofe Dos Aguadas-Felipe Ángeles

Beneficia a dos microrregiones: Josefa Ortiz de Domínguez y Ley de Fomento. El acueducto surte agua a 8 comunidades; 7 de Josefa Ortiz y a Blaisillo de Ley de Fomento. El esquema del sistema consta de un pozo, una bomba que envía el agua a un tanque de almacenamiento alto con una capacidad de 25,000 l y luego el agua viaja a la red por gravedad; todas las estructuras se encuentran en buen estado. Las comunidades almacenan el agua que les llega del acueducto en tinacos de Rotoplas.

#### 4.3.2.1.3 Acueducto #3 Zona Norte

Se inauguró en Septiembre del 2011, cuenta con una tubería de diámetro externo de 6 e interno de 4 pulgadas para la conducción del agua a través de una longitud de 60 km. El único cárcamo existente es de 50 m<sup>3</sup>, el tanque de almacenamiento es de 25 m<sup>3</sup> y la cobertura es del 90%. El esquema consiste de un pozo, una bomba que envía el agua a un tanque de almacenamiento alto y luego el agua viaja a la red por gravedad. La fuente de abastecimiento es un pozo de agua subterránea ubicado en Bel-ha.

La gráfica que se muestra en la Figura 5 presenta la cantidad de comunidades por microrregión que cuentan con acceso a alguno de los tres acueductos que tiene el municipio de Calakmul. Las barras en color verde muestran el número de ejidos dónde el acueducto se encuentra en funcionamiento. En color rojo indican la cantidad de ejidos que cuentan con la infraestructura de algún acueducto; sin embargo, por alguna razón éste está fuera de servicio.

### Cantidad de ejidos por microrregión que cuentan con acceso al acueducto

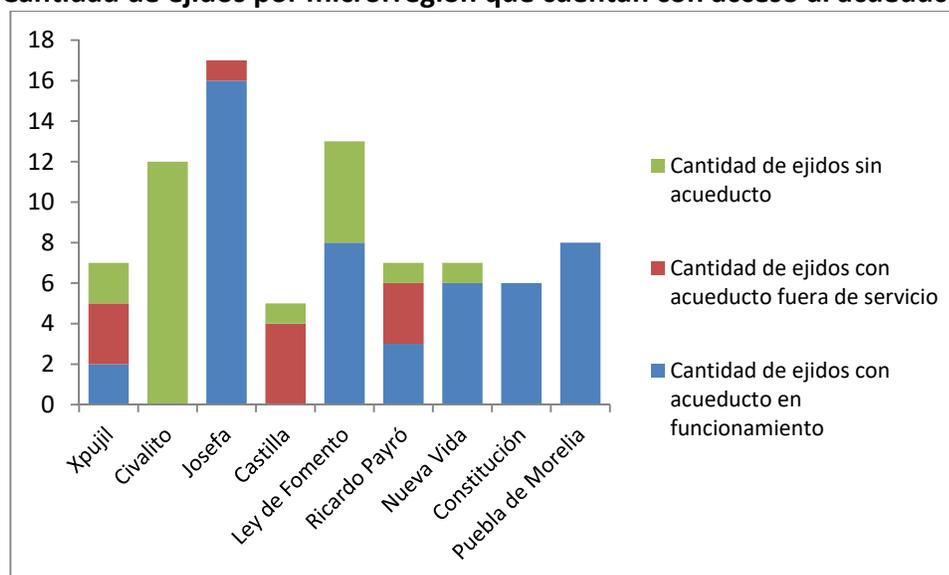


Figura 5- Cantidad de comunidades por microrregión que cuentan con acceso a algún acueducto en el municipio de Calakmul.

#### 4.3.2.1.4 Cobertura de Acueductos por Microrregión

A continuación se presenta un desglose por zona y microrregión de la cobertura de los acueductos en el Municipio.

##### 4.3.2.1.4.1 ZONA CENTRO

###### Microrregión Xpujil

Para la microrregión de Xpuhil el líquido es sustraído de la línea del acueducto López Mateos-Xpuhil. Sólo los ejidos de Xpuhil y Zoh Laguna cuentan con acueducto en funcionamiento, de los cuales el 47% de las viviendas en la cabecera de Xpuhil están conectadas al sistema de acueductos. Los ejidos 20 de Noviembre y La Moza carecen de acueducto. En temporadas de secas el Ayuntamiento apoya a la población a través del abasto de agua por medio de pipas que llenan los aljibes comunitarios.

Se identificó que los ejidos de Valentín Gómez Farías y Heriberto Jara cuentan con la infraestructura hidráulica pero no está en funcionamiento por problemas en la tubería.

Gustavo Díaz Ordaz es abastecido por el Estado de Quintana Roo en el recurso agua, pero la energía está a cargo del Estado de Campeche y actualmente el ejido no tiene acceso al acueducto por problemas de mantenimiento.

Existen ejidos que carecen del acceso al sistema de acueductos por la distancia a la que se encuentran, de manera que los tres sistemas existentes actualmente no alcanzan a cubrirlos, estos son la Moza y 20 de Noviembre que están en el extremo este del Municipio rumbo al estado de Quintana Roo.

#### 4.3.2.1.4.2 ZONA SUR

Para esta zona el abasto de agua se brinda por medio del acueducto #1. Zona Sur-Santa Rosa-Xpuhil.

##### **Microrregión Manuel Castilla Brito**

Los ejidos Castilla Brito, Nuevo Campanario, La Lucha y Castellot 2 se deberían ver beneficiados por el acueducto #1 Zona Sur-Santa Rosa-Xpuhil; sin embargo, no está en funcionamiento por problemas técnicos.

El 39% de las viviendas ubicadas en la cabecera de esta microrregión están conectadas al acueducto y aljibe comunitario y en tiempo de sequía al 29% de la población les suministran el líquido en pipas. El ejido Centauro del Norte no tiene acceso a este sistema debido a la distancia a la que se encuentra.

##### **Microrregión Ricardo Payró Gene**

Los ejidos Ricardo Payró, Cristóbal Colón y Narciso Mendoza cuentan con el servicio de agua potable por medio del acueducto #1 Zona Sur-Santa Rosa-Xpuhil. Actualmente existen tres ejidos donde no funciona el acueducto, El Manantial, La Guadalupe y La Virgencita. Dichos ejidos disponen de un tanque elevado de 20 m<sup>3</sup> de capacidad, los cuales eran abastecidos por el acueducto antes mencionado. El ejido El Manantial se abastece también de dos aljibes comunitarios para consumo humano. La Victoria no cuenta con acueducto.

En la cabecera sólo un 7% de las viviendas están conectadas al acueducto, 24% de la población consumen agua del aljibe comunitario. En tiempo de secas un 20% de los habitantes requieren del apoyo del gobierno por medio del suministro de agua por pipas. Por su parte en el resto de los ejidos el 31% de la población se abastecen del acueducto y aljibe. En tiempo de secas el ayuntamiento suministra el líquido en las pipas a un 15% de las viviendas de esta microrregión. El agua de lluvia es utilizada para consumo humano, mientras que la del cenote para uso doméstico. Un 7% de los habitantes hace uso del recurso localizado en los cenotes y otro 10% consumen el agua extraída de los pozos de casas de poca profundidad.

##### **Microrregión Ley de Fomento**

El 61.5% de la microrregión cuenta con el sistema de acueductos, el cual se surte del acueducto #1 Zona Sur-Santa Rosa-Xpuhil. Los ejidos que no cuentan con este servicio son: 11 de Mayo, Caña Brava, El Carmen 2, Niños Héroes y San Miguel.

#### **4.3.2.1.4.3 ZONA SURESTE (LIMÍTROFE)**

Para la zona limítrofe el agua es sustraída de la Laguna Chacán Bacab. En esta zona es donde se encuentra el mayor aprovechamiento de agua subterránea por parte de los núcleos poblacionales debido a la cantidad de este recurso.

#### **Microrregión Josefa Ortiz de Domínguez**

Los ejidos pertenecientes a esta microrregión que consumen agua del acueducto #2 son:

- Dos aguadas
- El Tesoro
- 21 de Mayo
- Hermenegildo Galeana
- Felipe Ángeles
- Guillermo Prieto
- Nuevo Paraíso

El 94.1% de la población en la microrregión cuenta con acceso a agua potable por medio del acueducto. El único ejido que cuenta con daños en la infraestructura del acueducto es La Lucha 2 debido a la falta de mantenimiento de las tuberías.

El 85% de las viviendas en la cabecera de Josefa Ortíz de Domínguez están conectadas al acueducto. Por su parte, en el resto de los ejidos se estima que el 42% de las viviendas tienen acceso al acueducto. En temporadas de secas el Ayuntamiento apoya a la población a través del abasto de agua por medio de pipas.

#### **Microrregión Civalito**

Ningún ejido de esta microrregión tiene la infraestructura de acueducto. Sin embargo, cuentan con tanques elevados interconectados y de origen en pozos profundos, el agua es extraída por bombas sumergibles y se distribuye hacia las redes domiciliarias de cada ejido.

#### 4.3.2.1.4.4 ZONA NORTE

##### **Microrregión Nueva Vida**

En la microrregión se cuenta con el sistema de acueducto; sin embargo, es subutilizado porque la población lo considera de mala calidad y prefieren utilizar el agua de lluvia para consumo humano y le dan otros usos al agua del acueducto.

En la cabecera el 100% de las viviendas están conectadas al acueducto, aunque también utilizan otras fuentes para las necesidades domésticas. Con respecto a los ejidos, las fuentes de agua utilizadas para el consumo humano provienen del acueducto, de aljibes y en menor proporción de pipas. El único ejido que no cuenta con acceso al acueducto es Ricardo Flores Magón; también se ha reportado que un tramo de la tubería del acueducto #3 Zona Norte está rota. En temporadas de secas, el Ayuntamiento apoya a la población a través del abasto de agua por medio de pipas. Para esta zona el agua proviene de la Laguna La Valeriana.

#### 4.3.2.1.4.5 ZONA OESTE

Todos los ejidos de ambas microrregiones pertenecientes a esta zona cuentan con la infraestructura funcional del acueducto.

##### **Microrregión Constitución**

En esta microrregión existe un acueducto que inicia en Adolfo López Mateos, en el Municipio de Escárcega, y termina en la cabecera municipal de Calakmul. Se abastece con agua de la laguna de Silvituk. El acueducto opera desde hace cuatro años, tiene una tubería de conducción de aproximadamente 100 km de longitud que inicia con un diámetro de 18 y termina con uno de 12 pulgadas, con 120 l/s de gasto instalado, 3 pozos profundos con un gasto de 40 l/s cada uno, siete cárcamos de rebombeo (3 de 200 m<sup>3</sup> y 4 de 100 m<sup>3</sup>), dos tanques de almacenamiento de 100 m<sup>3</sup> y una red de distribución con una cobertura del 80%.

En la microrregión la cobertura del sistema de acueductos se presenta casi al 100% de las viviendas de la microrregión. Todos los ejidos dentro de esta microrregión se abastecen del acueducto y cuentan con aljibes familiares, los cuales llenan con agua del acueducto.

##### **Microrregión Puebla de Morelia**

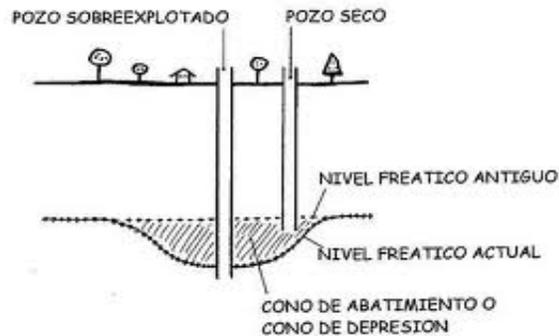
Todos los ejidos pertenecientes a esta microrregión cuentan con el servicio de agua potable mediante el acueducto. El ejido de Becán es el único que se abastece del acueducto #1 Zona Sur-Santa Rosa-Xpuhil.

#### 4.3.2.2 POZOS PROFUNDOS Y POZOS EXCAVADOS

Existen abundantes pozos excavados en los ejidos de donde se extraen pequeños caudales (entre 1 y 5 l/s), principalmente para usos agrícola, doméstico y abrevadero.

Los pozos profundos se utilizan en número mucho menor a los pozos caseros excavados, sus profundidades están entre 40 y 100 metros y suministran gastos de 50 l/s en promedio a los principales núcleos de población.

Actualmente la CONAGUA tiene identificado el pozo profundo de Xpuhil con un volumen de 40,000 litros y tres operativos de recarga de agua en sitios estratégicos en la Reserva de la Biosfera de Calakmul con un promedio de 100 mil litros cada uno.



A últimas fechas se han intensificado las perforaciones en la zona sur, específicamente en la zona del Civalito, Nuevo Veracruz, Santa Rosa y Dos Naciones; en las cuales la calidad del agua es buena, ya que al parecer se ubican fuera de la zona de yesos; sin embargo, se requiere efectuar una serie de trabajos de campo que permitan conocer mejor las posibilidades y potencial de esta zona.

En algunos cenotes se extrae agua mediante bombas instaladas para diversos usos con caudales promedio entre 10 y 30 l/s.

#### 4.3.2.2.1 Pozos Profundos y excavados por Microrregión

##### 4.3.2.2.1.1 ZONA CENTRO

###### **Microrregión Xpuhil**

Actualmente la CONAGUA tiene identificado el pozo profundo de Xpuhil con un volumen de 40,000 litros y tres operativos de recarga de agua en sitios estratégicos en la Reserva de la Biosfera de Calakmul con un promedio de 100 mil litros cada uno. El ejido de Zoh Laguna también cuenta con un pozo profundo.

El ejido 20 de Noviembre cuenta con pozos excavados.

##### 4.3.2.2.1.2 ZONA SUR

###### **Microrregión Castilla Brito**

En la microrregión no se cuenta con pozos profundos perforados y muy pocas viviendas cuentan con pozos caseros excavados, por lo que esta fuente de abastecimiento no es significativa para la microrregión.

###### **Microrregión Ricardo Payró**

En esta microrregión existe mucho potencial por la presencia de abundantes cenotes y manantiales. Hay aproximadamente 60 cenotes, de los cuáles 50 se localizan en el ejido Cristóbal Colón, por esta misma característica, es la región donde se encuentra mayor cantidad de pozos excavados.

Estos pozos tienen una profundidad promedio de 10 metros. También se encontraron, zonas de inundación, explicada por el proceso de drenaje natural de la zona, donde al llegar a la saturación produce escurrimientos provocando aguadas temporales como en el ejido la Virgencita.

La microrregión cuenta con la presencia terminal del Río Escondido, denominado en esta zona Río La Doctora, esto conduce a la presencia de pequeños cuerpos de agua permanentes en los ejidos Manantial y la Victoria, el agua de estos ríos es utilizada en ocasiones para consumo humano.



Figura 6 – Cenote ubicado en el ejido El Manantial

### **Microrregión Ley de Fomento**

En la microrregión las aguas subterráneas son poco significativas, solamente en algunos ejidos se encuentran pozos caseros excavados pero son muy escasos.

### **Microrregión Josefa Ortiz de Domínguez**

Hay pozos profundos en la cabecera microrregional, en Santa Rosa, en Cerro de las Flores con profundidades de 120 a 160 metros. Otra de las ventajas de la zona es que se encuentran en una zona fuera de yesos y calizas por lo que el agua cuenta con mejor calidad.

En esta microrregión se encuentra uno de los brazos del Río Azul que es afluente del Río Hondo, esto permite la presencia de aguadas naturales y zonas inundable. Al igual que en el caso de las aguas subterráneas son principalmente utilizadas para la agricultura, debido a que el consumo humano es principalmente abastecido mediante el sistema de acueductos.

### **Microrregión Civalito**

Todos los ejidos cuentan con pozos profundos de promedio de 100 metros de profundidad, esto debido a la abundancia de este recurso y por su proximidad con el Río Hondo. El agua subterránea de esta zona está identificada como agua de buena calidad, por ser agua dulce y estar fuera de la zona de yesos y calizas. Se debe considerar que esta microrregión no tiene cobertura de acueductos.

#### ***4.3.2.2.1.3 ZONA NORTE***

### **Microrregión Nueva Vida**

Se cuenta con el pozo profundo de Bel-Ha, también se identifica una zona de inundación provocada por la saturación del manto freático en San José.

#### 4.3.2.2.1.4 ZONA OESTE

##### Microrregiones Constitución y Puebla de Morelia

No se registraron pozos en estas microrregiones, el abastecimiento por agua subterránea propia de la microrregión no es significativo.

#### 4.3.2.3 CAPTADORES DE AGUA PLUVIAL

La situación actual con respecto a la captación de agua pluvial en el municipio de Calakmul se presenta a continuación con un desglose hecho por zonas. Es importante aclarar que la captación pluvial en contenedores comunitarios (aljibes) es complementaria a los captadores que agrupan de 3 a 4 familias con capacidad de entre 10 mil y 12 mil litros, así como tinacos de 1100 litros con los que algunos hogares cuentan.

Tabla 3 - Ejidos con mayor superficie de captación de agua pluvial en el municipio de Calakmul.

Zona	Microrregión	Ejido	Área total [ha]
Centro	Xpujil	Zoh Laguna	16,790
Centro	Xpujil	Xpujil	6,725
Sur	Castilla Brito	Centauro del Norte	6,036
Oeste	Puebla de Morelia	Plan de San Luis	5,546
Limítrofe	Josefa Ortiz	Felipe Ángeles	4,177
Norte	Nueva Vida	Nuevo Becal	3,885
Sur	Ley de Fomento	11 de Mayo	3,435
Limítrofe	Josefa Ortiz	Guillermo Prieto	2,540
Oeste	Puebla de Morelia	Becan	2,287
Centro	Xpujil	Heriberto Jara	2,059
Sur	Ley de Fomento	Caña Brava	2,039
Sur	Castilla Brito	La Lucha	2,025
Limítrofe	Josefa Ortiz	Nuevo Progreso	1,966

|

#### 4.3.2.3.1 Captadores de Agua Pluvial por microrregión

##### 4.3.2.3.1.1 ZONA CENTRO

###### Microrregión Xpujil

La principal fuente de abastecimiento la representa el agua pluvial con un 70% sea por jagüey, aljibe o captador, los jagüeyes se usan principalmente para actividades agropecuarias o uso doméstico, que no consumo humano, ya que se considera que esa agua es de muy mala calidad. El agua de pozo es utilizada por un 5% de la población. El 10% de los habitantes de la microrregión de Xpujil captan el agua de lluvia que cae en sus techos; sin embargo, el 24% de la población emplea agua de lluvia almacenada en jagüeyes. La gráfica 7 muestra la cantidad de captadores de agua pluvial que hay en cada ejido de la zona centro.

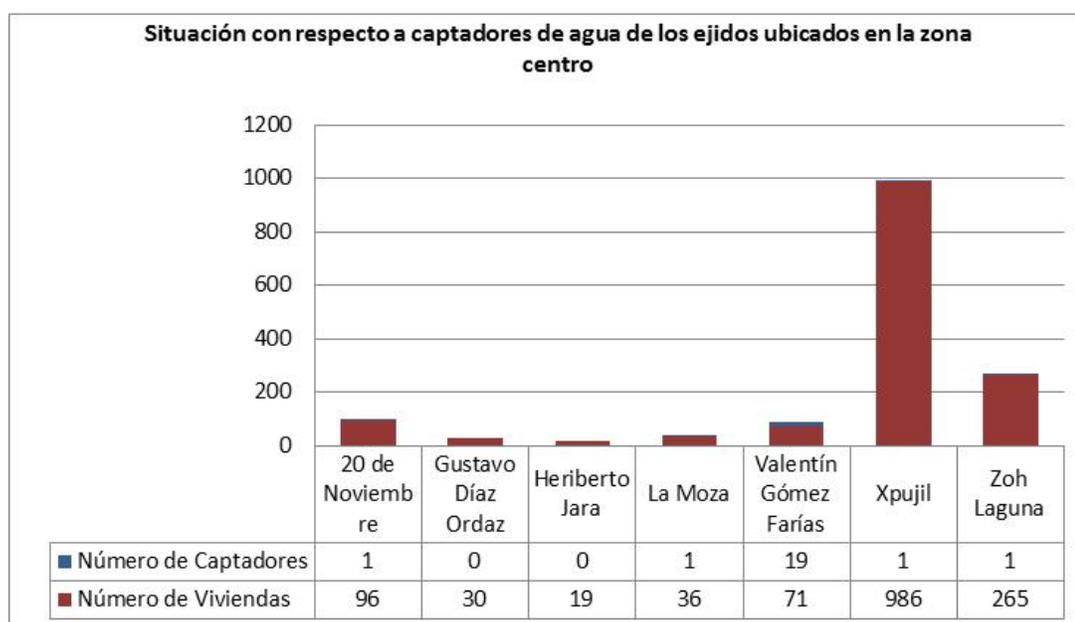


Figura 7 - Existencia y cantidad de captadores de agua en los ejidos ubicados en la zona centro.

##### 4.3.2.3.1.2 ZONA SUR

La cantidad de captadores en esta zona varía dependiendo de la microrregión como se presenta en la Figura 8. Todos los ejidos de la microrregión de Castilla Brito cuentan con captadores de agua pluvial, en la microrregión Ley de Fomento únicamente el ejido Sacrificio cuenta con 20 captadores. En el caso de la microrregión Ricardo Payró sólo los ejidos de El Manantial y Ricardo Payró aún no cuentan con captadores de agua.

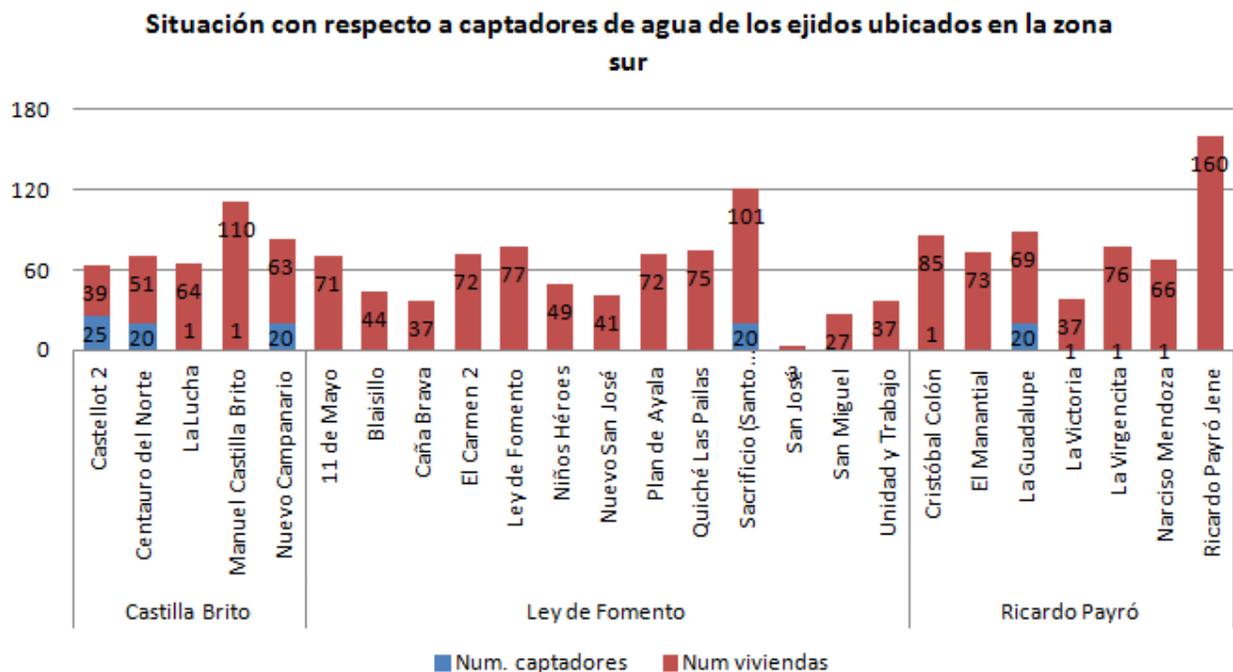


Figura 8 - Existencia y cantidad de captadores de agua en los ejidos ubicados en la zona sur.

### Microrregión Castilla Brito

Se identificó que el 24% de la población que habita la comunidad Castilla Brito recolecta el agua de lluvia del techo de sus viviendas en tinacos. Mientras que en los otros ejidos el porcentaje de habitantes que almacena el agua de lluvia en tinacos desciende a 22%. Toda la microrregión cuenta con aljibes comunitarios de recolección de agua, en el caso de Castilla Brito hay dos aljibes. En Centauro del Norte, por su lejanía con el resto de los ejidos de la microrregión, se le ha apoyado con programas de captadores vecinales, anteriormente por SEDESOL y CONANP, y actualmente por la Fundación Kellogg.

En la cabecera de esta microrregión el 5% de los habitantes utilizan el agua del cenote para el uso doméstico. Sin embargo, en los otros ejidos se abastecen en un 29% de las aguadas. La situación cambia en los ejidos, quienes en un 28% se abastecen de los aljibes. En tiempo de secas el ayuntamiento suministra el líquido en las pipas a un 21% de la población que ocupa este servicio. No se observaron lagunas ni ríos permanentes, solamente la existencia de jagüeyes naturales en los ejidos Castellot II y Centauro del Norte como parte del río intermitente Las Pozas.

### **Microrregión Ricardo Payró**

El porcentaje de recolección de agua de lluvia con respecto al total de viviendas corresponde a un 29%, el agua es almacenada en tanques de Rotoplas.

### **Microrregión Ley de Fomento**

Todos los ejidos de esta microrregión cuentan con aljibes comunitarios de captación de agua pluvial, con un volumen de 125 mil litros cada uno y en tiempo de secas el Ayuntamiento proporciona el agua mediante pipas.



Figura 9- Tipos de abastecimiento de agua en “Manuel Castillo Brito”, Campeche, 2011: a. Aljibe comunitario en “La Lucha”; b. Captadores de agua en “Centaurus Norte”; c. Habitantes recogiendo agua del jagüey en “Nuevo Campanario”.

#### **4.3.2.3.1.3 ZONA SURESTE**

El 37% de las comunidades de esta zona no cuentan con captadores de agua pluvial, es decir 10 de 27 ejidos carecen de dicha infraestructura (ver gráfica 10). De los cuales cuatro pertenecen a Civalito y seis a la microrregión de Josefa Ortiz de Domínguez.

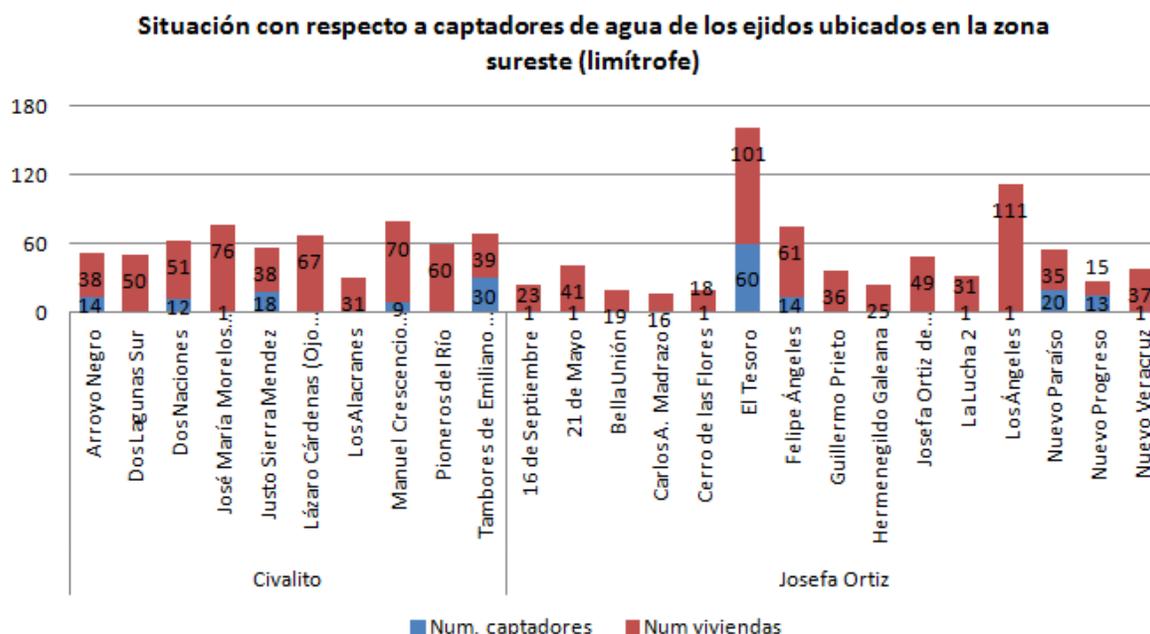


Figura 10 - Existencia y cantidad de captadores de agua en los ejidos ubicados en la zona limítrofe.

### Microrregión Josefa Ortiz de Domínguez

Algunas viviendas de la cabecera emplean aguas de lluvia almacenadas en jagüeyes, lo que representa el 8%. Mientras que en los otros ejidos el 24% de los habitantes almacenan este recurso en tinacos, el 13% en aljibes y el mismo porcentaje, 13%, recolecta el agua de jagüeyes. Dado que la frecuencia de bombeo de agua es de cada 3 días y que hay veces que este servicio se ve afectado por deficiencias en la energía eléctrica y/o por daños en la tubería el municipio provee a estas comunidades de agua mediante pipas.

### Microrregión Civalito

En esta microrregión todos los ejidos cuentan con aljibes comunitarios, los cuales se recargan gracias a la captación del agua de lluvia. Algunas comunidades por su lejanía y condición de marginalidad, están siendo apoyadas por el Ayuntamiento y el Programa PESA en la construcción de captadores vecinales de agua pluvial (ver Tabla 4).

Tabla 4 - Ejidos que cuentan con apoyo para la instalación de captadores de agua.

Ejido	Captadores [cantidad]	Dependencias
Manuel Crescencio Rejón	9	PESA
Justo Sierra Méndez	18	PESA
Arroyo Negro	14	PESA
Dos Naciones	12	Ayuntamiento
Tambores De Emiliano Zapata	30	Ayuntamiento

#### 4.3.2.3.1.4 ZONA NORTE

##### Microrregión Nueva Vida

El agua de lluvia se almacena en tinacos de, aljibes y jagüeyes. Actualmente el 42.8% de los ejidos pertenecientes a la microrregión Nueva Vida no cuentan con captadores de agua de lluvia (ver Figura 11). Los ejidos son: Dos Lagunas Norte, El Refugio y Nueva Vida.

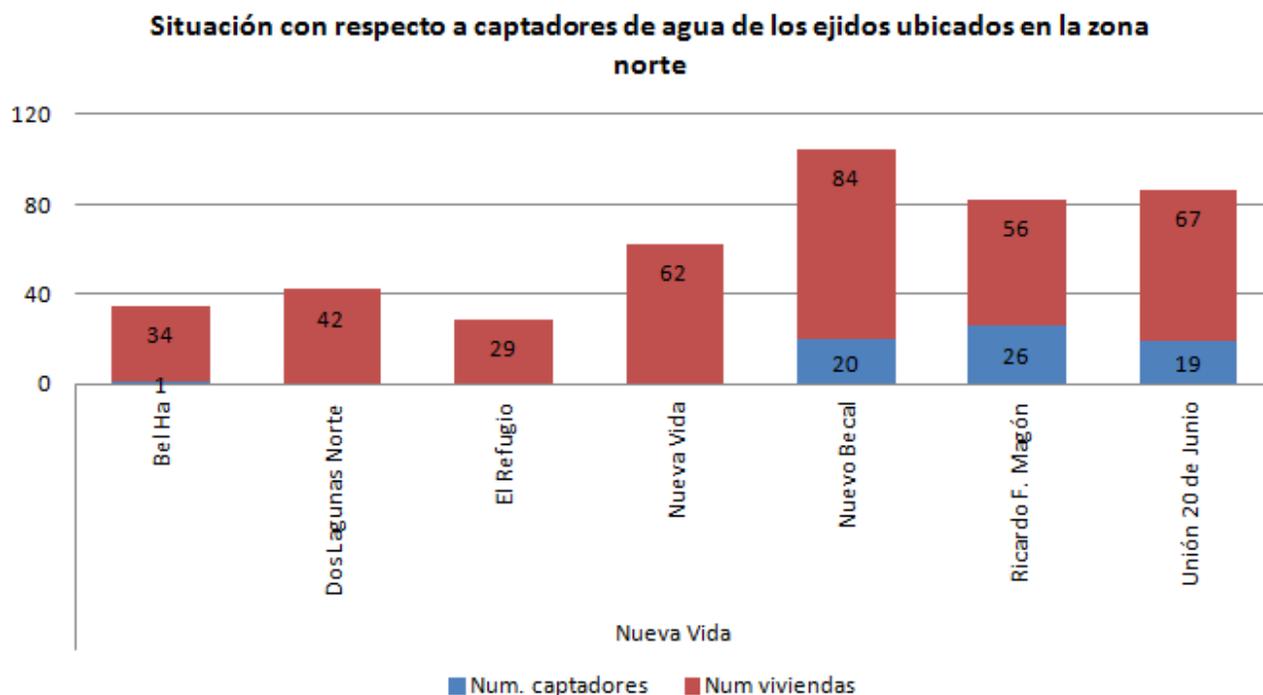


Figura 11 - Existencia y cantidad de captadores de agua en los ejidos ubicados en la zona norte.

#### 4.3.2.3.1.5 ZONA OESTE

Ningún ejido de las microrregiones pertenecientes a esta zona cuenta con aljibes recolectores de agua pluvial. La gráfica 12 muestra los ejidos ubicados dentro de la zona oeste y la existencia de captadores de agua pluvial en los mismos. La microrregión de Constitución carece de captadores de agua así como el 50% de los ejidos de la microrregión de Puebla de Morelia.

### Situación con respecto a captadores de agua de los ejidos ubicados en la zona oeste

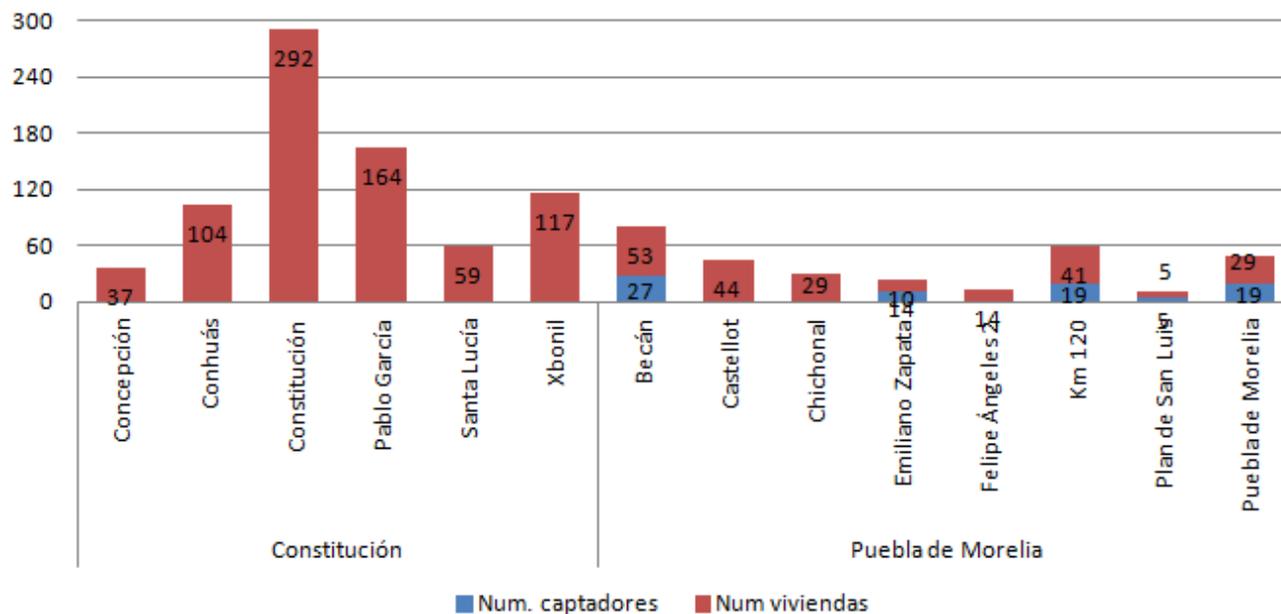


Figura 12 - Existencia y cantidad de captadores de agua en los ejidos ubicados en la zona oeste.

#### Constitución

En temporada de seca solicitan el servicio de pipas al ayuntamiento, pero no consumen agua de ningún jagüey. Carecen de aljibes y captadores.

#### Puebla de Morelia

El 31 de mayo de 2011 se aprobó en el seno del (CMDRS), la construcción y distribución de captadores cilíndricos que se han venido ejecutando desde esa fecha hasta la actualidad.

Localidad	Cantidad	Financiamiento
Km 120	19	Kellogg
Emiliano Zapata	10	Kellogg
Puebla de Morelia	19	Kellogg
Felipe Ángeles	14	Kellogg
Plan de San Luis	5	Kellogg
Becán	26	Kellogg
Valentín Gómez Farías	19	Kellogg
Heriberto Jara	19	Kellogg
El Tepeyac	10	Kellogg
Unión 20 de Junio	19	Kellogg
Ricardo Flores Magón	27	Kellogg
Las 3 Huastecas	13	Kellogg
Unión 20 de Junio	10	Emiratos
Nuevo Becal	20	Sedesol
Las Delicias	20	Sedesol

Veinte de Noviembre	20	Sedesol
La Moza	19	Sedesol
Gustavo Díaz Ordaz	30	Sedesol
Centaurio del Norte	20	Sedesol
La Guadalupe	20	Sedesol
El Civalito	1	Sedesol
El Sacrificio	20	Sedesol
Tambores de Emiliano Zapata	30	H. Ayuntamiento-Sedesol
<b>Total</b>	<b>410</b>	

El objetivo del Ayuntamiento es la construcción de 800 captadores de agua, en el que se han acordado en esta primera fase los 410 anteriormente señalados, sin embargo los Emiratos se han comprometido en una segunda fase a completar 200 captadores, y se tiene ya un acuerdo de la obtención de 200 captadores más.

Los criterios del CMDRS y el Ayuntamiento para esta priorización en la distribución obedecen a comunidades que por cuestiones de ubicación se encuentran fuera del paso de los acueductos y carecen de las condiciones mínimas para contar con el preciado líquido.

#### 4.3.2.4 DEMANDA DE AGUA POR MICRORREGIÓN

En esta sección se hace una estimación de la cantidad de agua que se requiere por microrregión dependiendo del número de habitantes y turistas con las que cada una cuenta como se muestra en la gráfica 12.

La Organización Mundial de la Salud definió la seguridad en la disponibilidad del agua dulce como el acceso de al menos 40 a 60 litros por persona en el hogar (UACH, 2004).

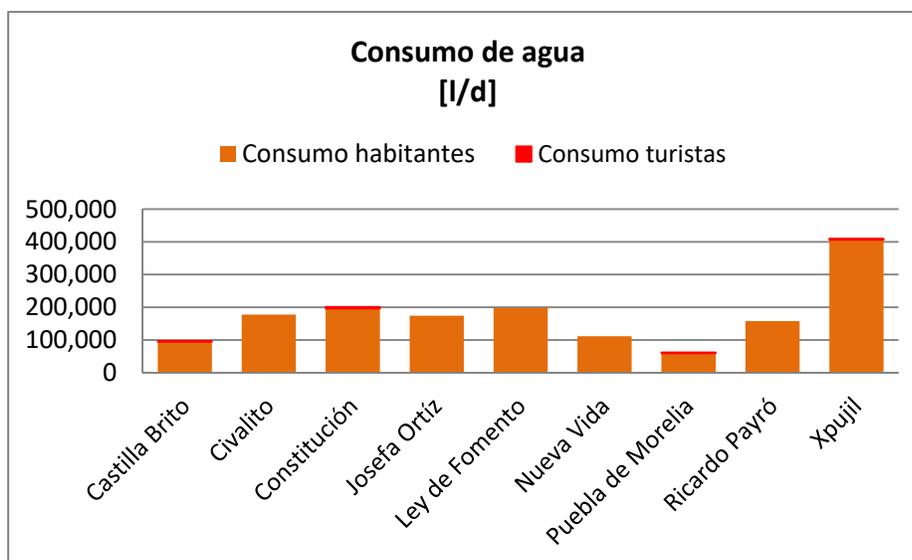


Figura 13 - Consumo de agua por microrregión, tanto doméstico como turístico.

#### 4.3.2.4.1 ZONA CENTRO

##### **Microrregión Xpujil**

Tomando como referencia el volumen máximo de agua recomendado por la OMS, se estima que el gasto medio diario, cantidad de agua requerida para satisfacer las necesidades de la población en un día de consumo promedio, en la microrregión de Xpujil deber ser de 406,320 l/día, tomando en cuenta una población de 6,772 habitantes.

Siendo esta microrregión una zona turística y tomando en cuenta el número de turistas reportado por el INAH de 32,930 visitantes en el 2010; teniendo en promedio una visita de 90 turistas se estima un consumo de 3,060 l/día como se observa en la tabla 5.

Tabla 5 - Ejidos ecoturísticos de la microrregión de Xpujil y el estimado de consumo de agua de sus visitantes.

Ejidos de la microrregión	Total / Sitio	Total turistas Ejido/día	Dotación rural-turista [l/p/d]	Cantidad agua [l/d]
Xpujil	8,193	22	60	1,320
Chicanná	10,546	29	60	1,740
<b>Total</b>	<b>18,739</b>	<b>51</b>	<b>120</b>	<b>3,060</b>

#### 4.3.2.4.2 ZONA SUR

##### **Microrregión Manuel Castilla Brito**

Para esta microrregión se ha calculado un gasto medio diario de 95,340 l/d para consumo doméstico, de acuerdo a la población reportada por el INEGI 2010.

De acuerdo al Ordenamiento Territorial el Ecoturismo se desarrolla en un corredor delimitado por el ejido de Castellot II. El INAH reportó en el 2011 un total de 1,717 turistas para la microrregión entre mayo de 2010 y mayo de 2011, teniendo en promedio una visita de 5 turistas al día se estima un consumo de 300 l/d.

Tabla 6 - Ejidos ecoturísticos de la microrregión de Castilla Brito y el estimado de consumo de agua de sus visitantes.

Ejidos de la microrregión	Total / Sitio	Total turistas Ejido/día	Dotación rural-turista [l/t/d]	Cantidad agua [l/d]
Castellot 2	1,717	5	60	300
<b>Total</b>	<b>1,717</b>	<b>5</b>	<b>60</b>	<b>300</b>

##### **Microrregión Ley de Fomento**

Tomando en cuenta la población de 3,297 en la microrregión de Ley de Fomento se estima un consumo medio diario de 197,820 l/d. Ya que esta región no cuenta con actividad ecoturística, sólo se consideran las cantidades necesarias para abastecer el consumo personal y agrícola.

#### 4.3.2.4.3 ZONA SURESTE (LIMÍTROFE)

##### **Microrregión Josefa Ortiz de Domínguez**

El total de habitantes en esta microrregión asciende a 2,903; por lo tanto se calcula para un consumo de 174,180 l/d para consumo doméstico.

La falta de infraestructura para el riego de los cultivos hace que la producción agrícola aun sea deficiente en esta microrregión.

##### **Microrregión Civalito**

Se calcula que esta microrregión requiere 177,660 l/d para cubrir las necesidades básicas de tipo doméstico.

#### 4.3.2.4.4 ZONA NORTE

##### **Microrregión Nueva Vida**

La microrregión de Nueva Vida es la única que se ubica en esta zona, cuenta con 1,856 habitantes; por lo cual se calcula para esta microrregión un consumo de 111,360 l/d para uso doméstico.

#### 4.3.2.4.5 ZONA OESTE

##### **Microrregión Constitución**

Para el consumo doméstico la cantidad de agua requerida para esta microrregión es de 196,080 l/d.

En el año 2011 el INAH reportó un total de 30,082 visitantes para la microrregión entre mayo de 2010 y mayo de 2011. En este sentido es necesario un suministro mínimo de 4,980 l/d (ver Tabla 7).

Tabla 7 - Ejidos ecoturísticos de la microrregión de Constitución y el estimado de consumo de agua de sus visitantes.

Ejidos de la microrregión	Total / Sitio	Total turistas Ejido/día	Dotación rural-turista [l/t/d]	Cantidad agua [l/d]
Calakmul	23,928	66	60	3,960
Balamkú	6,154	17	60	1,020
<b>Total</b>	<b>30,082</b>	<b>83</b>	<b>120</b>	<b>4,980</b>

##### **Microrregión Puebla de Morelia**

Para esta microrregión se considera un consumo medio diario de 59,580 l/d para el total de sus habitantes. Debido al número de turistas que hay en Becan se estima un suministro de 2,340 l/d para cubrir las necesidades que se presenten a los visitantes de la zona arqueológica (ver Tabla 8).

Tabla 8 - Ejidos ecoturísticos de la microrregión de Puebla de Morelia y el estimado de consumo de agua de sus visitantes.

Ejidos de la microrregión	Total / Sitio	Total turistas Ejido/día	Dotación rural-turista [l/t/d]	Cantidad agua [l/d]
Becan	14,164	39	60	2,340

Considerando el conteo de población 2005 y su registro en el 2010, se tiene el cálculo de una tasa de crecimiento de 1.6%, el Consejo Nacional de Población realizaron una proyección en el número de habitantes en el municipio de Calakmul para el año 2030.

Con base a esa proyección y tomando como referencia el volumen máximo de agua recomendado por la OMS (60 l/persona) se presenta a continuación, (ver tabla 9) un estimado de la cantidad de agua que será demandada por la población en el municipio de Calakmul para dicho año. La cantidad de agua requerida para satisfacer las necesidades de la población en el municipio de Calakmul en un día de consumo promedio para el año 2030 se calcula alrededor de 1, 601,236 litros

Tabla 9 - Estimado de la cantidad de agua necesaria para satisfacer las necesidades de la población del municipio de Calakmul en el año 2030.

Microrregión	Población 2010 [hab]	Proyección 2030 [hab]	Consumo agua 2030 [l/d]
Xpujil	6,772	6,880	412,821
Ley de Fomento	3,297	3,350	200,985
Constitución	3,268	3,320	199,217
Civalito	2,961	3,008	180,503
Josefa Ortiz	2,903	2,949	176,967
Ricardo Payró	2,628	2,670	160,203
Nueva Vida	1,856	1,886	113,142
Castilla Brito	1,589	1,614	96,865
Puebla de Morelia	993	1,009	60,533
<b>Total general</b>	<b>26,267</b>	<b>26,687</b>	<b>1,601,236</b>

#### 4.3.2.5 Consumo de agua en la agricultura

En el municipio la agricultura es de temporal, debido a la severa limitante que representa la carencia de agua superficial y la dependencia a la temporada de lluvias sin un adecuado sistema de captación de agua.

Tabla 10 - Superficie agrícola por tipo de sistema

Sistema	Superficie Agrícola
De Riego	0.03%
De Temporal	99.97%

La tecnología de sistema de riego, es casi imposible sin la infraestructura y equipo necesario para la captación de agua y su correcta administración. Sin embargo, se ha calculado la cantidad de agua que se requeriría en caso de contar con un sistema de riego en todas las microrregiones del municipio; dichos resultados se muestran en la gráfica del consumo de agua para el sector agrícola contenida en la gráfica 14.

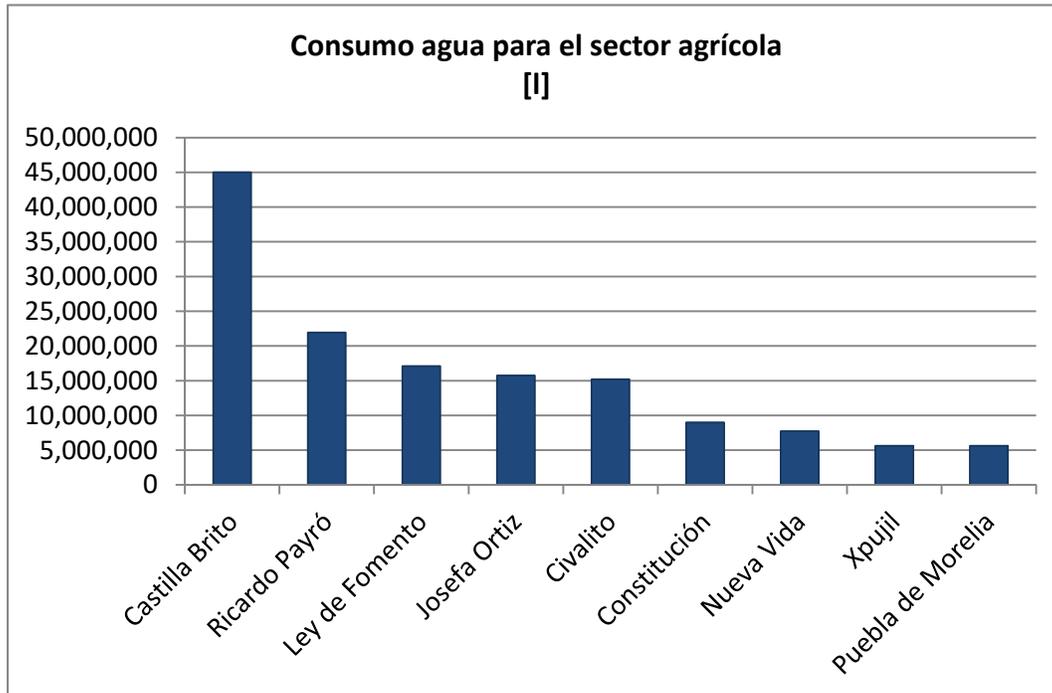


Figura 14 - Cantidad de agua requerida para el consumo en el sector agrícola.

#### 4.3.3 Calidad

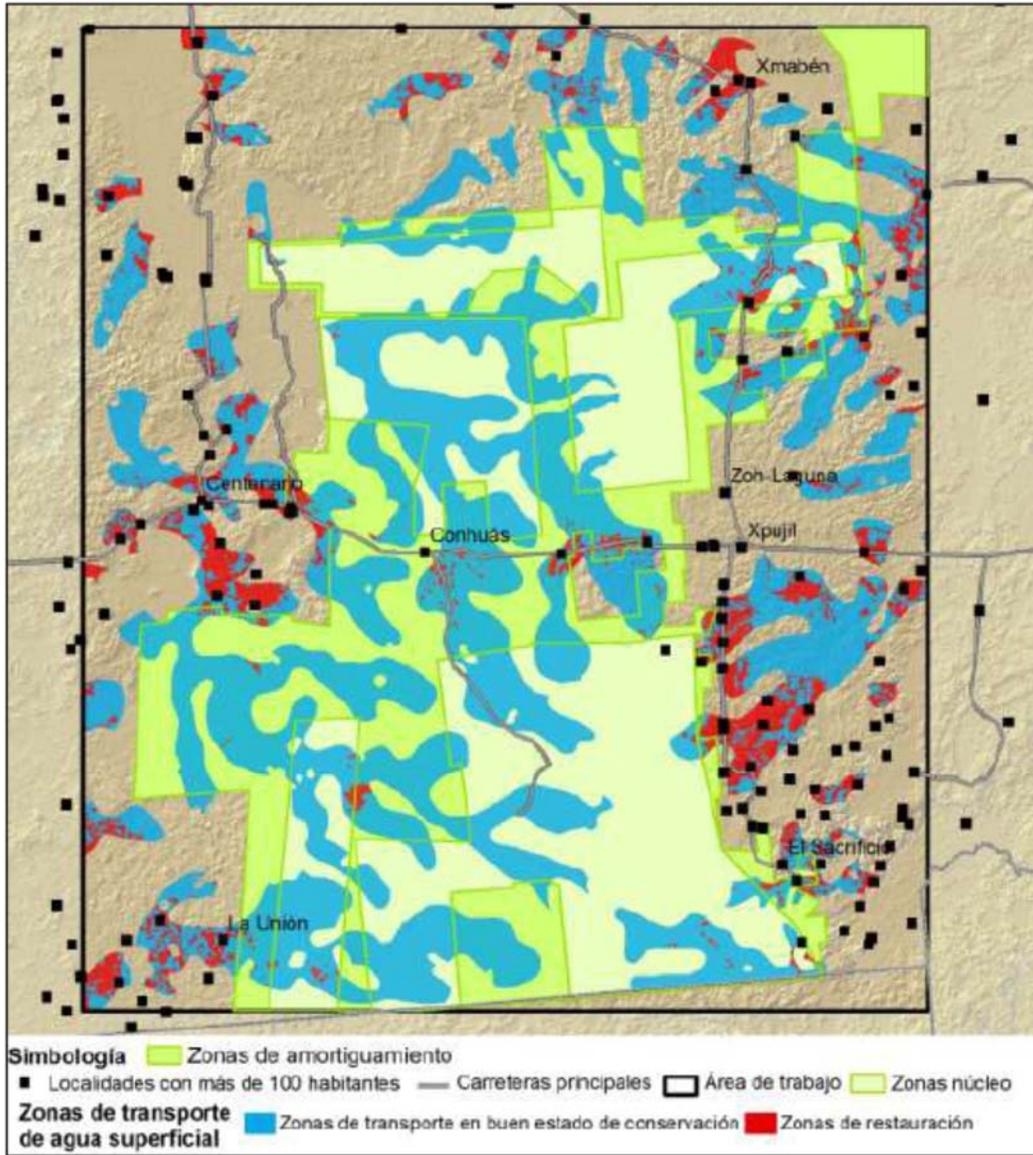
En la región de Calakmul la calidad del agua es similar a la que se caracteriza en la Península de Yucatán, donde el agua es dura por la presencia de calcio y magnesio en el suelo, por lo que necesita ser tratada para el consumo humano. Esto debido a que la Península de Yucatán y el Petén están constituidos por gruesas formaciones de rocas de carbonato cubiertas por varios metros de caliche y suelos delgados que contienen materia orgánica.

Los geocomplejos para el Ejido de Xpujil corresponden al Sistema Cárstico, es decir, el proceso primario que actúa sobre los materiales superficiales y subterráneos consiste en la disolución del carbonato de calcio por filtraciones del agua de las lluvias (Ordenamiento Territorial del Municipio de Calakmul, 2012); iones de calcio y bicarbonato son transportados en solución por el agua en la superficie del suelo desplazándose relativamente rápido a través de canales subterráneos (INE, 2000). De acuerdo con expertos, se dice que el suelo de tipo cárstico propio de la Península de Yucatán afecta la calidad del agua de los mantos freáticos disponibles.

#### ***4.3.3.1 Saneamiento de mantos acuíferos***

Un aspecto muy importante dentro del saneamiento de agua es la descontaminación de agua en los mantos acuíferos debido a los fertilizantes y químicos que son utilizados para la agricultura e higiene. Este tipo de saneamiento se debe de realizar sobre todo en zonas de transporte; es decir, e los escurrimientos que permiten el desarrollo de los procesos hidrológicos de la región mediante la canalización del agua superficial a las zonas de acumulación y humedales.

Dentro de la investigación hidrogeológica realizada por Pronatura, se encuentra la identificación de zonas de transporte dentro de la región de Calakmul. El mapa 15 muestra las zonas de transporte y permite ubicar los ejidos del municipio, en los cuales se distribuyen las zonas mencionadas (ver Tabla 11).



Mapa 15 - Zonas de transporte de la región de Calakmul (Pronatura, 2010).

Tabla 11 - Ejido con mayor área de transporte de agua del municipio de Calakmul.

Zona	Microrregión	Ejido	Área total [ha]
Oeste	Constitución	Conhuás	33,895
Centro	Xpujil	20 de Noviembre	27,556
Oeste	Puebla de Morelia	Castellot	21,985
Norte	Nueva Vida	Nuevo Becal	21,520
Oeste	Constitución	Xbonil	20,930
Oeste	Constitución	Constitución	13,335
Oeste	Puebla de Morelia	Plan de San Luis	8,587

Oeste	Constitución	Concepción	8,322
Centro	Xpujil	Gustavo Díaz Ordaz	7,029
Oeste	Puebla de Morelia	Km 120	5,869
Norte	Nueva Vida	Ricardo F. Magón	5,212
Oeste	Constitución	Pablo García	4,460
Sur	Ricardo Payró	La Victoria	3,954
Sur	Ley de Fomento	El Carmen	3,344
Limítrofe	Civalito	Tambores de Emiliano Zapata	3,319

#### 4.3.3.2 Calidad del agua en lagunas y cenotes

En febrero del 2011 la CONAGUA realizó varias pruebas de calidad a diferentes cuerpos de agua, en la Tabla 12 se muestran los resultados obtenidos y los límites que se permiten según lo establecido en la Norma Oficial Mexicana (NOM-127-SSA1-1994) en la directriz de Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.

Tabla 12 - Pruebas realizadas por CONAGUA en Febrero del 2011.

Laguna	pH	Dureza Total [mg/l]	SO4 [mg/l]	Coliformes fecales
Laguna Valeriana	7.04	61	7	150
Laguna Flores Magón	8.13	225	18	93
Arroyo Nuevo Becal	7.61	1886	1526	43
<b>NOM-127-SSA1-1994</b>	<b>6.5- 8.5</b>	<b>500</b>	<b>400</b>	

#### Recomendaciones

Sitio de Muestreo	Uso para Consumo Humano	Uso Agrícola
<b>Laguna Valeriana (Bel Há)</b> <b>Laguna Flores Magón</b>	Las muestras presentan bajos contenidos de sales, se observa presencia de coliformes de origen fecal. Para uso y consumo humano se recomienda aplicar tratamientos de potabilización a fin de eliminar el color y material suspendido, así como inactivar los coliformes.	Para el uso en riego presentan buena alternativa, ya que por su bajo contenido de sales se clasifican como aguas de buena calidad utilizables en casi todo tipo de terreno.
<b>Arroyo (Ejido Nuevo Becal)</b>		La clasificación en riego es como agua de mediana calidad, aplicable en terrenos permeables en exceso, pero cuidando seleccionar plantas muy tolerables a las sales y baja tolerabilidad al sodio.

Cenote en ejido	pH	Dureza Total [mg/l]	SO4 [mg/l]
Manuel Castilla Brito	7.33	1,919	885
Caña Brava	6.94	2,090	906
El Manantial	7.28	1,859	1,171
La Victoria	7.35	1,899	1,053
Narciso Mendoza	7.30	1,909	996
Ricardo Payró Gene	7.40	1,849	927
<b>NOM-127-SSA1-1994</b>	<b>6.5- 8.5</b>	<b>500</b>	<b>400</b>

Últimamente se han intensificado las perforaciones en la zona sureste, específicamente en la zona del Civalito, Nuevo Veracruz, Santa Rosa y Dos Naciones; en las cuales la calidad del agua es buena, pues está ubicada fuera de la zona de yesos y calizas. En la zona norte la calidad del agua se considera mala por su alto contenido en yesos y calizas, además de su dureza.

#### 4.3.3.3 Calidad de agua por sistema de abastecimiento

La calidad de agua fue evaluada por los habitantes del municipio de Calakmul en una escala de 0 a 2; donde 0 es mala calidad, 1 regular y 2 es buena. En la Tabla 13 se presenta la evaluación promedio de cada microrregión, el desglose de la misma se describe en los siguientes párrafos donde se hace el análisis por zonas municipales.

Tabla 13 - Evaluación de la calidad del agua promediado por zonas municipales.

Microrregión	Calidad del agua
Castilla Brito	1.2
Civalito	1.3
Constitución	1.8
Josefa Ortiz	1.3
Ley de Fomento	0.7
Nueva Vida	0.9
Puebla de Morelia	0.9
Ricardo Payró	1.2
Xpujil	1.3
<b>Promedio general</b>	<b>1.2</b>

La percepción de la población con respecto a la calidad del agua que suministra el Ayuntamiento fue un tanto diversa. La población de la microrregión de Constitución mayormente manifestó que es buena.

La mayoría de la gente perteneciente a las microrregiones de Castilla Brito, Civalito, Josefa Ortiz, Ricardo Payró y Xpujil calificó como regular la calidad del agua potable a la que tienen acceso.

Los habitantes de las microrregiones de Ley de Fomento, Puebla de Morelia y Nueva Vida, manifestaron que el agua es de mala calidad ya que está contaminada o con exceso de sales que son malas para la salud y a veces es salobre.

#### **4.3.3.4 Potabilización y purificación de agua por zonas**

##### **4.3.3.4.1 ZONA CENTRO**

Los ejidos de Gustavo Díaz Ordaz, Valentín Gómez Farías e Xpujil cuentan con sus plantas purificadoras que garantizan en cierta medida la calidad del agua. La planta purificadora del ejido 20 de Noviembre está fuera de servicio actualmente.

##### **4.3.3.4.2 ZONA SUR**

El único ejido de las tres microrregiones pertenecientes a esta zona que cuenta con una planta purificadora es Centauro del Norte pero actualmente no está funcionando.

##### **4.3.3.4.3 ZONA NORTE**

Los ejidos de Bel-Ha y El Refugio cuentan con plantas purificadoras, las cuales se encuentran fuera de servicio.

##### **4.3.3.4.4 ZONA SURESTE (LIMÍTROFE)**

Ninguna de las microrregiones ubicadas dentro de estas zonas cuenta con instalaciones de plantas purificadoras.

##### **4.3.3.4.5 ZONA OESTE**

Ninguna de las microrregiones ubicadas dentro de estas zonas cuenta con instalaciones de plantas purificadoras.

#### **4.3.3.5 Sanitarios y drenajes**

##### **4.3.3.5.1 ZONA CENTRO**

##### **Microrregión Xpujil**

En la microrregión Xpujil el 90.66% de las viviendas cuentan con sanitarios, teniendo una gran cobertura de este servicio, la tabla 14 hace referencia a esta información. Sin embargo, el porcentaje de viviendas que cuentan con un sistema de drenaje es menor en esta zona, siendo de 72.36%.

Tabla 14 - Viviendas en la microrregión de Xpujil que cuentan con sanitarios y drenaje.

<b>Ejidos de la microrregión</b>	<b>Viviendas</b>	<b>Con excusado</b>	<b>Con drenaje</b>
<b>Xpujil</b>	<b>1,639</b>	<b>1,486</b>	<b>1,186</b>
Gustavo Díaz Ordaz (San Antonio Soda)	117	96	57
Heriberto Jara Corona	68	49	39

Tomás Aznar Barbachano (La Moza)	36	32	19
Valentín Gómez Farías	71	69	66
Veinte De Noviembre	96	70	57
Xpujil	986	929	797
Zoh-Laguna (Álvaro Obregón)	265	241	151
<b>Total general</b>	<b>1,639</b>	<b>1,486</b>	<b>1,186</b>

#### 4.3.3.5.2 ZONA SUR

##### **Microrregión Manuel Castilla Brito**

El 88.55% de los habitantes de esta microrregión cuentan con sanitarios en sus viviendas, lo cual representa un alto porcentaje en este servicio. En contraste, como se muestra en la Tabla 15, sólo el 19.28% de las viviendas cuentan con drenaje.

Tabla 15 - Viviendas en la microrregión de Manuel Castilla Brito que cuentan con sanitarios y drenaje.

Ejidos de la microrregión	Viviendas	Con excusados	Con drenaje
<b>Castilla Brito</b>	<b>332</b>	<b>294</b>	<b>64</b>
Centauros Del Norte	51	44	38
Eugenio Echeverría Castellot (El Carrizal)	44	32	26
La Lucha I	64	61	0
Manuel Castilla Brito	110	96	0
Nuevo Campanario	63	61	0
<b>Total general</b>	<b>332</b>	<b>294</b>	<b>64</b>

##### **Microrregión Ricardo Payró Gene**

Esta microrregión tiene el mayor porcentaje de sanitarios instalados en sus viviendas, con un 92.40%. En la Tabla 16 se puede observar que sólo en el 41.52% de los hogares hay instalaciones de drenaje.

Tabla 16 - Viviendas en la microrregión de Ricardo Payró Gene que cuentan con sanitarios y drenaje.

Ejidos de la microrregión	Viviendas	Con excusados	Con drenaje
<b>Ricardo Payró</b>	<b>566</b>	<b>523</b>	<b>235</b>
Cristóbal Colón	85	80	62
El Manantial	73	69	8
Ingeniero Ricardo Payró Gene (Polo Norte)	160	145	97
La Guadalupe	69	64	24
La Victoria	37	33	18
La Virgencita De La Candelaria	76	75	1
Narciso Mendoza	66	57	25
<b>Total general</b>	<b>566</b>	<b>523</b>	<b>235</b>

### **Microrregión Ley de Fomento**

Como se muestra en Tabla 17 el ejido con un menor porcentaje de instalaciones sanitarias por vivienda es 5 de Mayo con sólo el 54.16% comparado con el 88.35% en promedio en esta microrregión. Sin embargo, hay ejidos en donde más del 94% de las viviendas cuentan con este servicio: Las Carmelas, Ley de Fomento, Nuevo San José, Quiché de las Pailas, San Miguel y Santo Domingo. Mientras que el 100% de las viviendas del ejido Caña Brava cuentan con sanitarios. Sólo el 10.81% tiene drenaje. En San Miguel ninguna vivienda cuenta con el sistema de drenaje y en promedio microrregional sólo el 23.31% cuenta con este servicio.

Tabla 17 - Viviendas en la microrregión de Ley de Fomento que cuentan con sanitarios y drenaje.

<b>Ejidos de la microrregión</b>	<b>Viviendas</b>	<b>Con excusado</b>	<b>Con drenaje</b>
<b>Ley de Fomento</b>	<b>635</b>	<b>561</b>	<b>148</b>
Blaisillo	44	38	26
Caña Brava	37	37	4
Cinco De Mayo (Plan De Ayala)	72	39	31
El Carmen II (Las Carmelas)	72	68	4
Ley De Fomento	77	73	12
Niños Héroe	49	44	6
Nuevo San José	41	40	15
Quiché De Las Pailas	75	71	15
San Miguel	27	26	0
Santo Domingo	101	100	24
Unidad y Trabajo	37	25	11
<b>Total general</b>	<b>632</b>	<b>561</b>	<b>148</b>

### **4.3.3.5.3 ZONA SURESTE (LIMÍTROFE)**

#### **Microrregión Josefa Ortiz de Domínguez**

En promedio el 87.48% de las viviendas en esta microrregión cuentan con sistemas sanitarios. Siendo que en el ejido de Felipe Ángeles todas las viviendas tienen dichas instalaciones, lo cual contrasta con el 42.62% de instalaciones de drenaje con las que cuentan en dicho ejido.

La comunidad de Carlos A. Madrazo tiene el menor porcentaje de instalaciones de sanitario, pero de las nueve viviendas que cuentan con ese servicio tienen drenaje. En la Tabla 18 se muestran detalladamente los datos de cada ejido pertenecientes a la microrregión de Josefa Ortiz de Domínguez.

Tabla 18 -Viviendas en la microrregión de Josefa Ortiz de Domínguez que cuentan con sanitarios y drenaje.

<b>Ejidos de la microrregión</b>	<b>Viviendas</b>	<b>Con excusados</b>	<b>Con drenaje</b>
<b>Josefa Ortiz de Domínguez</b>	<b>623</b>	<b>545</b>	<b>287</b>
Bella Unión Veracruz (Los Chinos)	19	16	4
Carlos A. Madrazo	16	9	9

Cerro De Las Flores	18	17	7
Dieciséis De Septiembre (Laguna Alvarado)	23	18	17
El Tesoro	101	83	53
Felipe Ángeles	61	61	26
Guillermo Prieto	36	29	22
Hermenegildo Galeana	25	23	9
Josefa Ortiz De Domínguez (Icaiché)	49	46	18
La Lucha II	31	28	23
Los Ángeles	111	103	38
Nuevo Paraíso	35	23	11
Nuevo Progreso	13	13	7
Nuevo Veracruz	37	34	26
Veintiuno De Mayo (Lechugal)	48	42	17
<b>Total general</b>	<b>623</b>	<b>545</b>	<b>287</b>

### Microrregión Civalito

Arroyo Negro es el único ejido de la microrregión que cuenta con un 100% de instalaciones de sanitarios en sus viviendas; sin embargo sólo el 7.89% tienen drenaje. La media de la microrregión en cuestión de sanitarios es de 89.17%, mientras que sólo el 24.70% de las viviendas cuentan con drenaje (ver Tabla 19).

Tabla 19 -Viviendas en la microrregión de Civalito que cuentan con sanitarios y drenaje.

Ejidotes de la microrregión	Viviendas	Con excusados	Con drenaje
<b>Civalito</b>	<b>591</b>	<b>527</b>	<b>146</b>
Arroyo Negro	38	38	3
Dos Lagunas Sur	50	48	1
Dos Naciones	51	41	34
José María Morelos Y Pavón (Civalito)	76	73	9
Justo Sierra Méndez	38	36	5
Lázaro Cárdenas Número 2 (Ojo De Agua)	67	60	21
Los Alacranes	31	30	8
Los Tambores De Emiliano Zapata	39	28	1
Manuel Crescencio Rejón	70	65	32
Once De Mayo	71	65	6
Pioneros Del Río Xnohá	60	43	26
<b>Total general</b>	<b>591</b>	<b>527</b>	<b>146</b>

#### 4.3.3.5.4 ZONA NORTE

El ejido que cuenta con un mayor porcentaje de instalaciones de sanitarios en comparación a los demás ejidos pertenecientes a la microrregión de Nueva Vida es Dos Lagunas Norte con un 90.48%. En cambio Bel-Ha es el ejido con mayor porcentaje en cuestión de instalaciones de drenaje en las viviendas (76.92%). De la Tabla 20 se calcula que en promedio un 86.63% de las viviendas de la microrregión Nueva Vida cuentan con sanitarios y sólo un 21.66% con drenaje.

Tabla 20 - Viviendas en la microrregión de Nueva Vida que cuentan con sanitarios y drenaje.

Ejidos de la microrregión	Viviendas	Con excusados	Con drenaje
<b>Nueva Vida</b>	<b>374</b>	<b>324</b>	<b>81</b>
Bel-Ha	34	26	20
Dos Lagunas Norte	42	38	18
El Refugio	29	26	0
Nueva Vida	62	52	7
Nuevo Becal (El 19)	84	72	28
Ricardo Flores Magón (Laguna Cooxlí)	56	50	1
Unión 20 De Junio (Mancolona)	67	60	7
<b>Total general</b>	<b>374</b>	<b>324</b>	<b>81</b>

#### 4.3.3.5.5 ZONA OESTE

##### **Microrregión Constitución**

De acuerdo a la Tabla 21 en promedio el 87.45% de las viviendas dentro de esta microrregión cuentan con instalaciones de sanitarios y 69.43% con drenaje. Nuevo Conhuás es el ejido con un mayor porcentaje de sanitarios en las viviendas, 97.12%. Sin embargo, el 91.89% de las viviendas en Concepción tiene sistema de drenaje.

Tabla 21 - Viviendas en la microrregión de Constitución que cuentan con sanitarios y drenaje.

Ejidos de la microrregión	Viviendas	Con excusados	Con drenaje
<b>Constitución</b>	<b>773</b>	<b>676</b>	<b>536</b>
Concepción	37	33	34
Constitución	292	261	230
Nuevo Conhuás	104	101	72
Pablo García	164	135	83
Santa Lucía	59	49	32
Xbonil	117	97	85
<b>Total general</b>	<b>773</b>	<b>676</b>	<b>536</b>

##### **Microrregión Puebla de Morelia**

Las viviendas de los ejidos de Emiliano Zapata y Castellot cuentan con un 100% en instalaciones de sanitarios y con un 71.43% y 97.44% en drenaje respectivamente. Lo cual indica que las condiciones del ejido de Castellot en este aspecto son muy buenas.

En promedio el 88.39% de las viviendas de esta microrregión cuentan con sanitarios y el 62.50% con sistema de drenaje. El Chichonal es el ejido con un menor porcentaje en ambas instalaciones de sanitarios y drenaje con 28% y 24.14% respectivamente (ver Tabla 22)

Tabla 22 - Viviendas en la microrregión de Puebla de Morelia que cuentan con sanitarios y drenaje.

Ejidos de la microrregión	Viviendas	Con excusado	Con drenaje
<b>Puebla de Morelia</b>	<b>224</b>	<b>198</b>	<b>140</b>

Becán	53	46	38
El Chichonal	29	25	7
Emiliano Zapata	14	14	10
Felipe Ángeles II	14	13	12
Ingeniero Eugenio Echeverría Castellot	39	39	38
Kilómetro Ciento Veinte	41	35	21
Plan De San Luis	5	4	2
Puebla De Morelia	29	22	12
<b>Total general</b>	<b>224</b>	<b>198</b>	<b>140</b>

#### 4.3.4 Costo del servicio

Los datos sobre tarifas de agua para los diferentes usos son variados, debido a los costos de transporte y energía. El costo de este servicio es directamente proporcional dependiendo del acceso vial que se tenga a las comunidades. Los costos que se indican a continuación son en pesos mexicanos.

El costo del servicio de acueducto varía entre \$0 y \$50 por vivienda. En ocasiones la comunidad compra el agua al ayuntamiento a través del sistema de agua en pipas y su costo oscila entre \$100 y \$200 por pipa. Sin embargo, existe un plan de emergencia del Ayuntamiento para las épocas de estiaje, el cual es gratuito para los consumidores.

En promedio, las microrregiones Castilla Brito, Ricardo Payró y Ley de Fomento pagan \$20 al mes por familia. Las microrregiones Josefa Ortiz y Civalito pagan \$30 al mes por familia. La microrregión Nueva Vida, Constitución y Puebla de Morelia pagan una tarifa mensual de \$25. El precio es fijo a pesar de que el servicio es intermitente, ya que la frecuencia del suministro oscila entre 3 y 8 días. Se presentan casos dónde los usuarios dejan de pagar las cuotas, debido al discontinuo servicio y falta de conocimiento de la real tarifa del servicio de agua.

En esta perspectiva, se percibe un desconocimiento por parte de la comunidad sobre la verdadera tarifa que debe pagar por los costos implicados en la administración y operación de un óptimo sistema de abastecimiento de agua para consumo humano.

#### 4.3.5 Continuidad

La distribución del agua y la continuidad del servicio están estrechamente relacionadas en tanto que la primera se refiere al tipo y estado de la infraestructura del sistema instalado y la segunda a la permanencia del agua en la red y la posibilidad de obtenerla una vez se abra la llave del agua en cada vivienda. En este sentido se detectó que el 82% de la infraestructura de distribución (red, válvulas y tuberías, entre otros) se encuentra en buenas condiciones; sin embargo la continuidad del servicio es baja comparada con los estándares nacionales e internacionales.

Algunas de las razones por las cuales la continuidad del servicio es deficiente son las relacionadas con roturas en las tuberías de conducción del agua hacia los ejidos que no son reparadas inmediatamente por falta de suficiente personal en la empresa municipal para atenderlas de manera oportuna; igualmente por los frecuentes cortes de energía eléctrica y daños en las líneas de conducción de energía eléctrica que impiden el encendido de la bomba de agua.

#### **4.3.6 Cultura**

En general no hay una cultura hídrica consolidada en el municipio de Calakmul.

## 5 REFERENTES TEÓRICOS

Los primeros diagnósticos en Calakmul se realizaron a partir de 1988, período en el cual coincidieron momentos de agitación social, estancamiento económico y la declaratoria de la Reserva de la Biosfera de Calakmul; estos diagnósticos fueron realizados por parte de instituciones que deseaban intervenir en la región, sin embargo tenían una postura conservacionista y asistencial.

Pronatura Península de Yucatán A.C., fue la primera en realizar diagnósticos de investigación básica que incluyó tanto aspectos sociales como ecológicos, con la finalidad de obtener información que permitiera conocer los valores ambientales que se requerían para proteger y contribuir en la creación y consolidación de la Reserva de Calakmul (Boege, 2000). Se realizaron convenios con las principales instituciones de investigación de la Península de Yucatán: CINVESTAV-Mérida, ECOSFERA, Instituto de Ecología y PRONATURA. Con la información generada, se dio sustento a la declaratoria de la reserva y posteriormente se contribuyó a la propuesta del primer plan de manejo, que realizó la Universidad Autónoma de Campeche (GTZ., 2005).

Sin embargo, este diagnóstico y algunos posteriores tenían la limitante de representar instrumentos de evaluación del impacto de las propias organizaciones y no se compartían ni el método, ni los procesos, ni los resultados, con los actores y redes locales, funcionando como esfuerzos individuales y no articuladores, a pesar de ser interinstitucionales, en consecuencia carecían de indicadores de seguimiento e impacto social. A pesar de contar con el rigor científico de la investigación, estos documentos no son devueltos a la comunidad, y en su redacción están dirigidos a un público académico.

### 5.1 ALTERNATIVAS PARA LA GESTIÓN HÍDRICA

La Gestión Local de Las Cuencas (Consejos de Cuenca), es una de las estructuras más innovadoras que pone en manos de los usuarios la toma de decisiones en relación al manejo del agua potable, pero además deja bajo su responsabilidad, la gestión y asignación técnica, así como la obtención de recursos para financiar su operación y mantenimiento (Barkin, 2006).

La alternativa propuesta por la nueva cultura del agua (NCA) parte de un modelo de desarrollo sustentable integral, que evalúa las políticas para la apropiación social del agua en términos de su limitada disponibilidad, de los diversos *valores ambientales* del preciado líquido vital, así como su efecto sobre la equidad social e intergeneracional.

Las consecuencias de este modelo de gestión deben ser ampliamente estudiadas bajo la óptica de nuevos enfoques de gestión del agua que permitan una gestión integral del recurso (social, ambiental, política, cultural y recreativa, y, por qué no, económica).

La Nueva Cultura del Agua (NCA) proporciona un marco para determinar la apropiación social del agua en la cual las organizaciones urbanas de la administración del agua son agentes importantes, aunque no los únicos. La NCA utiliza el término *cultura* para significar la necesidad de un cambio de paradigma. En este marco, el agua no es simplemente un factor de la producción, sino que tiene un gran valor en la totalidad de los ámbitos: sociales, ambientales, políticos y económicos, como parte integral de paisajes culturales dinámicos y como componente crítico de la infraestructura del ecosistema. Esto requiere cambios no solamente en el gobierno y la política, sino también en la totalidad de la sociedad.

La NCA se basa en una percepción del agua y de su relación con las personas radicalmente distinta a la que determina las actuaciones de los organismos de gestión hídrica de nuestro país. En este sentido pueden distinguirse cuatro niveles de percepción del agua, que determinan cuatro modelos de gestión distintos entre sí. Estos son el nivel hidráulico, hidrológico, ecosistémico y holístico (Arrojo, 2005).

En México existe una clara dependencia en las fuentes de agua subterránea y, hasta ahora, la carencia de un movimiento social coordinado que insiste en la participación ciudadana en su gestión.

El punto de partida del propuesto por la NCA, es la urgencia de introducir cambios radicales fundados en los principios de equidad, solidaridad, sustentabilidad ecológica, social, económica y gestión democrática. Para lograrlos, establece ciertas prioridades fundamentales como guías para formulación de la política:

- Agua como derecho humano
- Agua para las necesidades ambientales
- Agua para usos sociales y comunitarios
- Agua para el desarrollo económico

Además plantea el estatuto de castigar fuertemente los usos ilegítimos del agua, que actualmente representan la gran parte del consumo en México (Barkin, 2006).

La satisfacción de las necesidades de las presentes generaciones sin detrimentos de las futuras se ha convertido en la acepción y aspiración más convencional involucrada en cualquier definición de sustentabilidad. Sin embargo, el modelo analítico para comprender e instrumentar tan noble misión se ha constituido en un amplio debate.

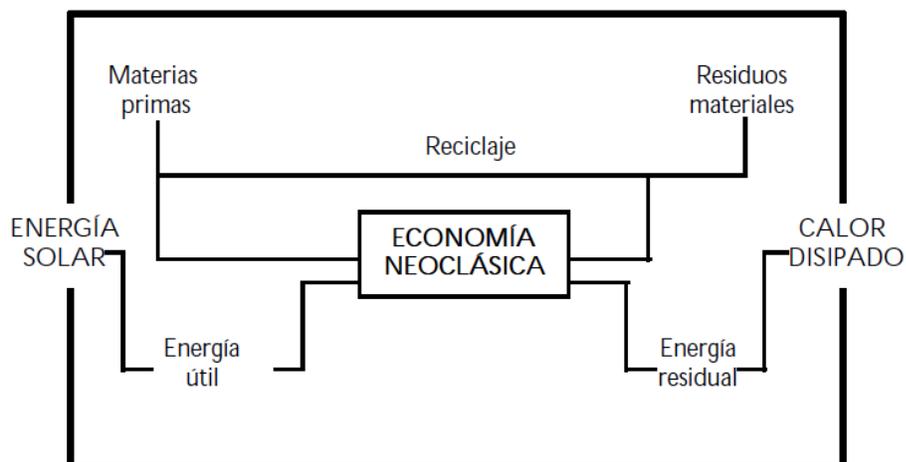
El modelo hegemónico ha provenido de la noción positivista de ciencia y de sociedad desprendida del proyecto civilizatorio occidental; concretamente de las premisas de la racionalidad económica. Con ello, el problema ambiental generado por el tipo de desarrollo de tal proyecto civilizatorio se pretende resolver técnica y objetivamente a partir del diseño de diferentes instrumentos –por ejemplo, el mercado–. En esta

perspectiva, la Economía Ambiental (EA) también denominada Economía de los Recursos Naturales –derivada de la teoría económica neoclásica– se ha impuesto como el paradigma predilecto del desarrollo sustentable (Sneddon *et al.*, 2006); ello a través del diseño de instrumentos de valoración de la naturaleza a partir de un lenguaje monetario.

En contraparte, la Economía Ecológica (EE) emerge como una propuesta analítica orientada a incorporar la dimensión de los conflictos ecológicos distributivos y otros lenguajes de valoración de la naturaleza. Mientras que la EA visualiza a la naturaleza exclusivamente como insumo, desde la perspectiva de la EE se percibe como un complejo sistema socioeconómico-ecológico. Con ello, la EE da la pauta para incorporar a la naturaleza como objeto de proceso de reapropiación social. Los conceptos integrados de la economía ecológica complementan y evidencian los límites termodinámicos y homeostáticos que tienen los ecosistemas para soportar los ritmos del modelo de crecimiento económico impuesto bajo la racionalidad económica. De estas consideraciones también se desprenden criterios metodológicos para enjuiciar varios de los preceptos de la EA, entre ellos, por ejemplo, la idea de la tasa de descuento o contaminación “óptima”; así como la diferencia entre las escalas de tiempo de los ritmos de producción y de la extracción económica con respecto a los ciclos biogeoquímicos medidos en escalas de tiempo geológico. El segundo principio termodinámico (entropía), entendido en su forma más simple como los procesos de degradación –menos “útil”, menos ordenada– que sufre la energía en cada transformación, es incorporado por Nicholas Georgescu-Roegen (1976) al pensamiento económico. Ello viene a revolucionar una serie de concepciones sobre la idea del crecimiento económico ilimitado. El concepto de entropía es pionero en este intento interdisciplinario y uno de los más abundantes en la literatura de la Economía Ecológica (Fuente, M. 2008).

El enfoque de la EE propone integrar las diversas disciplinas que abordan la problemática de construir una relación más sana entre la sociedad y el planeta en que vivimos, es la Economía Ecológica. Este campo de estudio pretende integrar múltiples metodologías para producir una explicación más completa del proceso de destrucción socio-ambiental que estamos sufriendo y extraer lecciones que contribuyan a la construcción de una sociedad más justa y sustentable. Recurre a una postura abierta y multidisciplinaria para funcionar (Barkin, D., 2008).

## La Economía Ecológica



<sup>β</sup> Fig. β La economía ecológica ve el planeta Tierra como un sistema abierto a la entrada de energía solar. La economía necesita entradas de energía y materiales. La economía produce dos tipos de residuos: el calor disipado (por la Segunda Ley de la Termodinámica), y los residuos materiales, que mediante reciclaje pueden volver a ser parcialmente utilizados. El funcionamiento de la economía exige un suministro adecuado de energía y materiales (y el mantenimiento de la biodiversidad), y también exige poder disponer de los residuos de manera no contaminante. Los servicios que la naturaleza presta a la economía humana no están bien valorados en el sistema de contabilidad crematística propio de la economía neoclásica (Martínez-Alier, 1998).

El metabolismo social es otro concepto relevante para el tema de la sustentabilidad desde la óptica latinoamericana (Toledo, 2008; Martínez-Alier, 2007). Desde esta noción se incorporan una serie de criterios para evaluar al sistema económico a partir de flujos de energía y ciclos de materia; con lo que se permite ubicar a la esfera económica como un sistema abierto. La naturaleza proporciona insumos a la economía para, a partir de ellos, producir valores de cambio, pero a la vez también es receptora de materia con un nivel entrópico cada vez más alto que afecta las propiedades termodinámicas y homeostáticas del ecosistema (Figura β). Vinculado con dicha noción se encuentran los conceptos de consumo endosomático y exosomático de la energía usada por la sociedad como instrumentos analíticos para evaluar la historia económica de la humanidad. Como bien menciona Mario Giampietro, 2011, "Las sociedades modernas dependen de su patrón metabólico específico; si se quiere estudiar la sostenibilidad, se debe de entender la viabilidad y conveniencia de cada modelo metabólico".

Por otro lado, el reconocido economista Kenneth Boulding (1910-1993), decía que hacía falta una clara comprensión de la relación entre las características del patrón metabólico de las sociedades y el rendimiento económico resultante, ya que sin ese entendimiento era imposible elaborar políticas efectivas.

La economía de mercado ha ganado y la globalización capitalista ha roto la tradicional adaptación de los patrones de vida de las poblaciones a los recursos disponibles en los territorios, generando penurias en las exigencias más elementales de agua, alimentación o vivienda. La empresa competitiva y ávida de beneficios es el símbolo de la primacía absoluta de lo económico. Pero, por encima de ello se impone la lógica financiera que instrumentaliza todo a la búsqueda de su máximo beneficio. Las bolsas de valores y el dinero todo lo miden, esa lógica todo lo reduce a medios: la producción real basada en bienes, servicios, arraigo en el territorio, responsabilidad social y compromiso con el medio ambiente y el progreso local.

Vivimos en una nación con una alta diversidad étnica, por lo tanto, es nuestro deber cuidar y conservar toda esa riqueza cultural. Es verdad que la globalización ha alcanzado a ciudades como el Distrito Federal, además de Guadalajara y Monterrey, industrializándolas, capitalizándolas y modernizándolas, al grado de que es donde se concentra el mayor requerimiento de energía exosomática del país.

Esto ha provocado que el sistema socio-económico ciudadano (que es dominante en todos los sentidos) desvalorice el trabajo, las tradiciones y las costumbres de la gente de provincia, de la gente del campo, de los indígenas, pero no sólo eso, sino que ha relegado y marginado empobreciendo el sector.



## 6 MARCO REGULATORIO

Distintos reglamentos y leyes integran el marco legal de la gestión de los recursos hídricos en México. Aunque defienden la propiedad de los recursos hídricos como bienes nacionales públicos, favorecen, por otro lado, la concesión privada, la transferencia de derechos en un mercado del agua no regulado ni reconocido abiertamente y que más allá de la conservación del medio ambiente y la participación social, están siendo arregladas para satisfacer los requerimientos que la presión privatizadora les está demandando (Barkin, D. 2006).

Existe un consenso a nivel internacional en torno a que los servicios públicos deben responder a las necesidades sociales, respetar el medio ambiente y cumplir con estándares técnicos y administrativos definidos y respetados cuidadosamente. Esta tarea requiere de una administración imparcial de regulación, con autoridad y maestría, para hacer cumplir los términos contractuales con las agencias operadoras, de tal suerte que la calidad del servicio esté garantizada para los usuarios, y que los ecosistemas de los cuales dependen, sean protegidos.

Quizás el mayor impedimento al mejoramiento de los servicios públicos de gestión del agua en México, es la ausencia de un sistema efectivo de regulación o mecanismos para exigir la rendición de cuentas. No existe vigilancia por parte de las autoridades federales y estatales de los organismos operadoras (OO) del agua, y los usuarios no cuentan con recursos formales de apelación en caso de aumentos inusuales de las tarifas por el suministro de agua o la suspensión del mismo. Por si fuera poco, los usuarios se han resignado a que la calidad de agua que reciben, no cumple con los estándares establecidos de calidad para el consumo humano y además, que la reciben intermitentemente.

La Constitución Mexicana, Artículo 27, estipula el uso y gestión del recurso, establece que el agua es de propiedad pública bajo control del Gobierno federal. La Ley Nacional de Aguas, reformada en 2004 (LAN) es el instrumento básico para su implementación; la Ley de Ingresos de la Federación establece anualmente los presupuestos de ingresos, contribuciones del agua y los criterios generales que permiten recuperar el costo de operación, conservación y mantenimiento de la infraestructura hidráulica federal; la Ley de Contribución de Mejoras por Obras Públicas Federales de Infraestructura Hidráulica, consigna el mecanismo para recuperar parcialmente la inversión federal en obras de infraestructura hidráulica; la Ley Federal de Derechos en materia de Agua reconoce el valor económico de este recurso y el costo de oportunidad de la contaminación.

La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, fundamenta la obligación de cumplir con normas oficiales mexicanas y permisos de descarga de aguas residuales a cuerpos receptores nacionales y locales, regula y obliga a la manifestación de impacto ambiental en construcción de obras que constituyan o puedan constituir riesgos por contaminación de los recursos naturales y define las atribuciones de cada instancia: Federal, Estatal o Municipal; la Ley de Metrología y Normalización, fija los procedimientos para emitir normas en materia hidráulica y la vigilancia para verificar el cumplimiento de las normas. Las leyes estatales en materia de agua potable establecen disposiciones legales que regulan la prestación de servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, funciones consagradas a los gobiernos locales por reformas constitucionales emitidas en 1983 (Ortiz Rendón, 1998).

## 7 DIAGNÓSTICO Y PLAN ESTRATÉGICO

### 7.1.1 Estructuras e Instrumentos de Gobernanza y Gestión Hídrica Insuficientes 7.1.1. A Estructuras de Gobernanza Hídrica no consolidada

La gobernanza del agua incluye las mejoras en la capacidad institucional, los marcos legales y la distribución de los recursos pero el concepto comprende elementos mucho más importantes en la conformación de las decisiones en torno al agua, como son los procesos y comportamientos que influyen en el ejercicio del poder y que no es otra cosa que la inclusión en la toma de decisiones de todos los agentes implicados (actores sociales) en asuntos que les conciernen. Por lo tanto, el concepto de gobernanza implica la apertura, la participación, la responsabilidad, la eficacia y la coherencia (como se entiende en la Unión Europea).

El Segundo Informe sobre la situación de los recursos hídricos en el mundo de la UNESCO, publicado en el 2006, revela que el problema del agua radica en la mala gestión y aborda diversas acciones orientadas a superar la ineficacia con que se gestiona, a la que aplica el concepto de ingobernabilidad de los recursos hídricos. Sin embargo, es importante reconocer que la gestión de los recursos hídricos no es responsabilidad del gobierno exclusivamente, sino que implica la participación de los diversos actores en la toma de decisiones, según el rol que cumplen en la sociedad –inclusividad– desde su planificación participativa, hasta la implementación de acciones y mantenimiento de obras.

En el ámbito internacional se ha conformado el concepto de gobernanza en torno a la gestión de los recursos hídricos para denotar que el problema del agua, o la crisis en torno al agua no es un problema de gestión exclusivamente, sino que lleva implícitos otros factores que son fundamentales para poder funcionar. Así se utiliza en los Foros internacionales, con una visión más amplia e integradora de diversos mecanismos que permitirían una mejora en el manejo del agua, de la conservación del bien y en su distribución para la satisfacción de necesidades humanas, con el fin último de garantizar una seguridad hídrica a nivel mundial.

La participación pública en discusiones sobre la gestión del agua y las consecuencias para el medio ambiente en las actuales tendencias institucionales es desalentada intensamente. Aunque están centralizadas las decisiones sobre la gestión del agua en la Comisión Nacional del agua (CNA), las decisiones más importantes, son de hecho, tomadas por otros grupos. De manera propia, cada participante excluye a los demás grupos locales de la participación en las decisiones principales que afectan la asignación de agua y su manejo, y por consiguiente, el bienestar social (Diagnóstico, 2011).

### 7.1.1.B Recursos Financieros y Humanos Insuficientes

Frente a la creciente escasez de agua, la mayor parte de las propuestas oficiales recurren a transferencias de agua entre cuencas y a la construcción de diversos sistemas para la obtención de agua, como presas, pozos y acueductos, estrategias costosas que ocasionan daños ambientales (Arrojo, 2005; McCully, 2004). Las autoridades locales del agua, carecen generalmente de las capacidades financieras y técnicas para cumplir con las normas establecidas; sin embargo estas deberían planificarse a largo plazo.

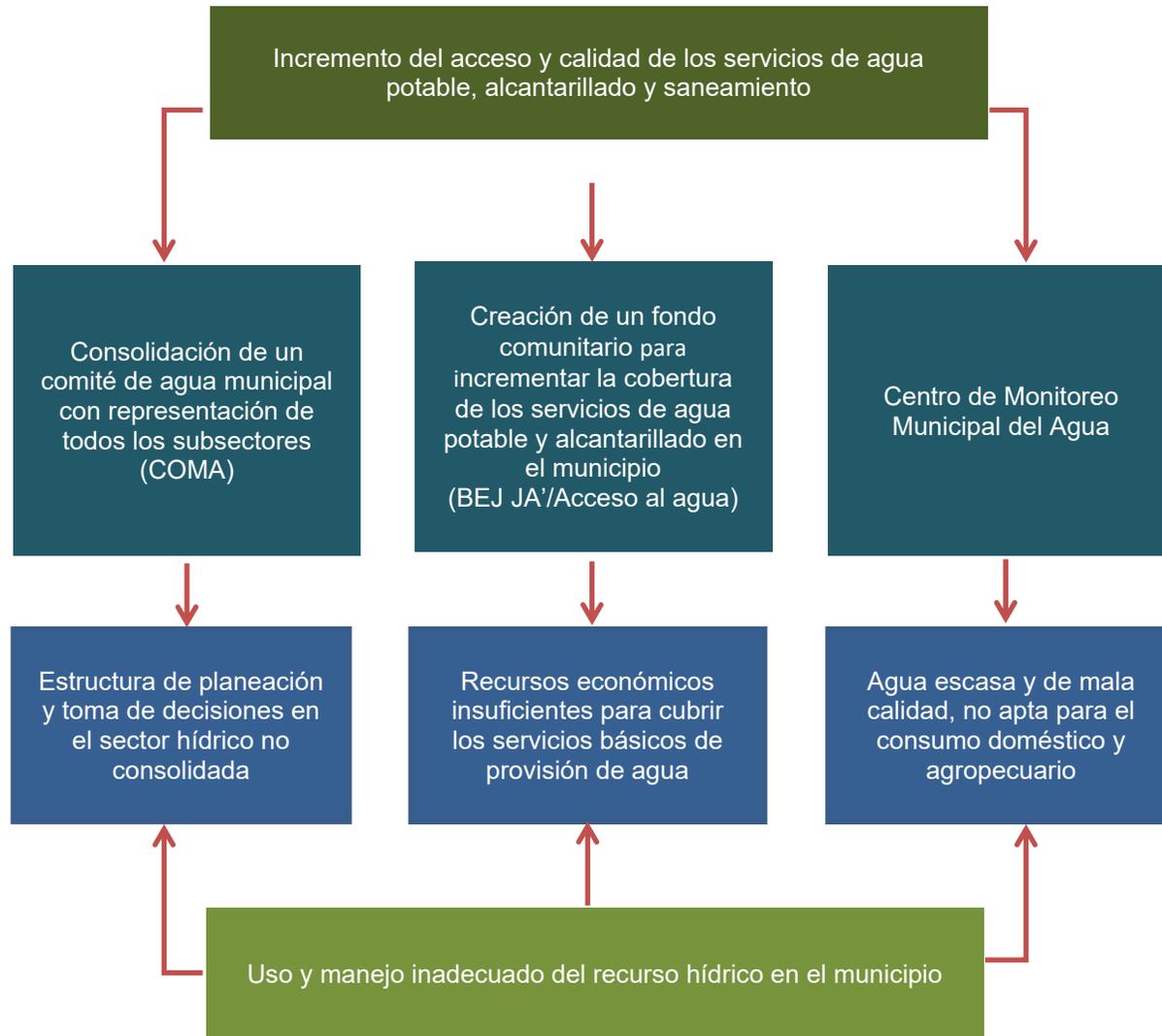
Aunado a lo anterior los organismos operadores (OO) locales del agua eligen regularmente extender sus áreas de acopio de agua, en lugar de transformar sus prácticas tradicionales de manejo de cuencas o de distribución del líquido. Tampoco hay campañas eficaces que promuevan el uso de tecnologías o sistemas de ahorro de agua en los programas arquitectónicos, ni para la capacitación profesional o modificación de reglamentos de construcción para tales propósitos (Barkin, 2006).

### 7.1.1.C Desventaja Geomorfológica: Agua escasa y de mala calidad, no apta para el consumo doméstico y agropecuario

Las condiciones físicas y climáticas que prevalecen en el municipio de Calakmul son extremas y poco apropiadas para la colonización establecida en el área. La morfología del terreno con pocas deformaciones y la naturaleza kárstica del subsuelo propician que durante la temporada de lluvias (junio-noviembre), extensas superficies permanezcan inundadas en algunas zonas. En Calakmul no existe un sistema fluvial desarrollado y la alta permeabilidad del terreno favorecen la infiltración de las aguas pluviales a profundidad. En otras zonas, por el contrario, durante la estación de secas las aguas superficiales son escasas y se reducen a pequeñas depresiones de disolución kárstica (dolinas), localmente llamadas "aguadas", y eventualmente los cuerpos de agua de dichas depresiones se agotan durante el estiaje.

La escasez de agua para el consumo humano, ha sido el factor limitante para los pobladores que habitan en Calakmul, restringiendo el desarrollo de actividades productivas y en cierta medida el desarrollo social (García, y Col., 2002). La calidad del agua en la región es considerada mala, debido al exceso de sulfatos de calcio, que la hacen no apta para consumo humano, de tal forma, que las fuentes disponibles para consumo son aguas pluviales almacenadas en cisternas o aguadas (García, y Col., 2002). En el municipio de Calakmul la falta del recurso hídrico ha detenido las prácticas productivas tendientes al desarrollo económico y social en la región, sobre todo en lo que se refiere a la implementación de técnicas agropecuarias de producción intensiva. Por tal motivo esta carencia se ha convertido en una demanda a nivel local que provoca una presión inminente derivada de las prácticas agrícolas que se desarrollan hoy en día (INE, 2000).

### 7.1.2 Árbol de Problemas y Objetivos del Uso y Manejo del Agua



### 7.1.3 Consolidación de las Estructuras e Instrumentos de Gestión Hídrica

#### 7.1.3.A Participación y Coordinación Social a través del Comité Municipal del Agua (COMA) como ejercicio de Gobernanza

Se promueve la constitución y fortalecimiento del Comité Municipal del Agua (COMA) y su articulación con Comités del Agua Comunitarios, a través de su creación, reactivación, refuncionalización y cursos y talleres de fortalecimiento y capacitación técnica para que estos comités cumplan el rol de evaluación y mantenimiento del recurso agua.

También se promoverá la vinculación entre las instituciones de gobierno, las instituciones académicas, los organismos de financiamiento nacional e internacional, las organizaciones no gubernamentales y la población de cada uno de los ejidos que pertenecen al Municipio; sin embargo, de entrada se necesita la coordinación del Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (SMAPAC), con el H. Ayuntamiento Municipal de Calakmul, con el Fondo para La Paz, y con un Comité Municipal del Agua consolidado, para que una vez, establecida una comunicación certera y reunidos los esfuerzos de estos actores, se convoquen a diferentes instituciones gubernamentales, no gubernamentales y grupos civiles a participar en la construcción del desarrollo sustentable hídrico en el Municipio de Calakmul.

#### 7.1.3 B Creación de un fondo comunitario para incrementar la cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado en el municipio (BEJ JA'/Acceso al agua)

El fondo Comunitario de Agua BEJ JA' tiene la finalidad de subsidiar la infraestructura correspondiente para agua potable y alcantarillado que contempla acciones de estímulo a la responsabilidad ciudadana con respecto a los recursos hídricos, por ejemplo:

- Programa BOOL JA KIIN: Al pagar puntual se subsidia el 20% del siguiente pago.
- Programa YA'AB JA' para implementar tecnologías de intercambio de agua de primer uso por agua residual tratada.

Además de sus programas el Fondo Comunitario impulsara el establecimiento de sistemas de tratamiento de aguas residuales comunitarios y la implementación de ventanillas únicas orientadas a la gestión hídrica.

### 7.1.3.C Centro de Monitoreo Municipal del Agua

El manejo integrado de los recursos hídricos requiere conocer las características físico-químicas del agua, las propiedades del suelo y las condiciones de entrada y de salida en el sistema, que permitan comprender la dinámica que se genera dentro de la unidad evaluada.

El Centro de Monitoreo de la Cantidad y la Calidad del Agua permite:

- Reconocer de las características del agua que abastece a la población y a la vida silvestre
- Identificación de episodios de alteración de la calidad del agua
- Ubicación de causas del deterioro de la calidad del agua (contaminación puntual y no puntual)
- Sistemas de alerta temprana y oportuna
- Acciones a Escala LOCAL y de CUENCA

Sus funciones son:

- a) Diseñar un programa de monitoreo de la calidad del agua incluyendo todos los componentes técnicos (espacialidad, temporalidad, técnicas de muestro y determinaciones de laboratorio, validez de los datos, sistema informático de manejo de datos)
- b) Crear redes de monitoreo a nivel de cuenca capaces de obtener, registrar e interpretar datos sobre la calidad del agua y los factores que la alteran;
- c) Reconocer los rasgos de la calidad del agua y sus variaciones espaciales y temporales para ubicar umbrales de alerta temprana para la reacción local y oportuna
- d) Diseñar e implementar mecanismos institucionales para la articulación de sectores a nivel comunitario, municipal y estatal, académico y social, para controlar las causas de los cambios negativos en la calidad del agua, así como prevenir y mitigar los impactos sobre la salud y el ambiente.

## Estructuras e Instrumentos de Gobernanza y Gestión Hídrica y Coordinación Social a través del COMA

**OBJETIVO 1:** Uso y manejo inadecuado del recurso hídrico en el municipio

**INDICADOR 1:** Incremento del acceso y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento

**OBJETIVO 1:** Consolidar al Comité Municipal de Agua (COMA) como estructura de planeación, gestión y toma de decisiones para su operación, que permita maximizar el uso del recurso hídrico con representación de todos los sectores (agrícola, ganadero, pecuario, forestal, apícola y de prestadores de servicios)

**DESCRIPCIÓN GENERAL:** Se establece el Comité Municipal de Agua (COMA) con representación de los diferentes subsectores (agrícola, ganadero, pecuario, forestal, apícola y de prestadores de servicios) el cual fungirá como el órgano encargado de la validación de las acciones a realizar dentro del municipio.

Se encuentra el BEJ JA' (Fondo Comunitario de Agua) el cual es el organismo que opera el programa YA'AB JA'. A través de este programa se garantiza la cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado en el municipio.

El Sistema de Información de Agua (SIAGUA) que concentra la información de infraestructura y recursos humanos del municipio.

**INDICADOR 1.A** Estructura de planeación y toma de decisiones en el sector hídrico no consolidada

**INDICADOR 1.A** Consolidación de un comité municipal de agua con representación de todos los subsectores (COMA)

**DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR 1.A** El COMA es un organismo público descentralizado de colaboración, consulta, asesoría y apoyo técnico, en el municipio, los representantes de los sectores social y privado presentan propuestas, sugerencias y análisis de los recursos hídricos con la conservación, protección, creación, mejoramiento y aprovechamiento de los recursos hídricos del municipio; y acciones tendientes a mejorar la calidad de los servicios que se ofrecen.

El COMA promueve el desarrollo técnico y la autosuficiencia financiera de los organismos operadores del municipio, a través de la aplicación de acciones que impulsen el incremento en su eficiencia global y la prestación de mejores servicios.

El Comité Municipal de Agua concentra y decide el 100% de las inversiones hídricas en el Municipio, el Comité está conformado por una estructura por el 50% de mujeres y el 25% de jóvenes menores de 29 años.

**Indicador 1.A**

### Acciones Estratégicas

1.A.1 Incrementar la participación social en la gestión integral del recurso hídrico.

1.A.1.1 Consolidación del Comité Municipal de Agua (COMA) con representatividad, comunitaria, agrícola, pecuaria, forestal, apícola y de prestadores de servicios.

1.A.1.2 Constitución y/o reactivación de los comités microrregionales y comunitarios del agua en Civalito, Josefa Ortiz de Domínguez, Puebla de Morelia, Xpujil, Ricardo Payró,

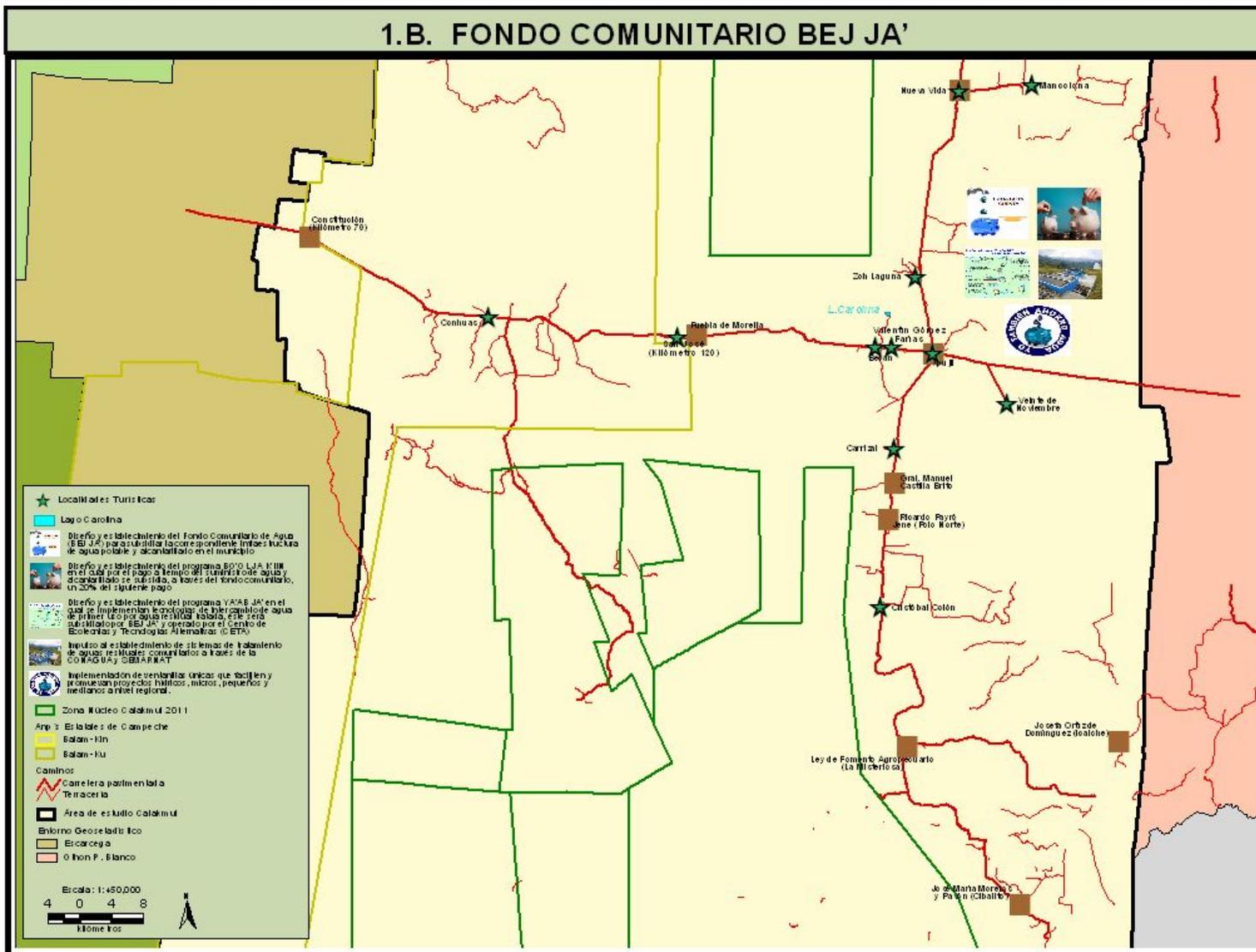
	Ley de Fomento, Castilla Brito, Nueva Vida y Constitución.	
	1.A.2 Elaboración e implementación del Reglamento del Comité de Agua Municipal	
	1.A.3 Integración de mujeres y jóvenes en los comités comunitarios y/o microrregionales del agua, bajo los principios de equidad y solidaridad	
	1.A.4 Conformación de comités de vigilancia comunitaria del agua en las 88 localidades de Calakmul	
	1.A.5 Diseño e implementación del programa BEJ JA' (Acceso al Agua) que promueva el control y la gestión sostenible del recurso hídrico en Calakmul	
	1.A.5.1 Ejecución piloto del programa BEJ JA' en las microrregiones de Civalito, Xpujil y Castilla Brito	
	1.A.6 Cumplimiento del marco jurídico existente e impulso del desarrollo de instrumentos que fortalezcan el uso y manejo sustentable del agua.	
	1.A.6.1 Revisión de las Normas Oficiales Mexicanas y otros instrumentos jurídicos vigentes en materia de descentralización de facultades federales y estatales	
	1.A.6.2 Cumplimiento de los lineamientos ecológicos y políticas de uso del suelo señalados en el Ordenamiento Ecológico Territorial, referentes a los recursos hídricos	
	1.A.6.3 Cumplimiento de los criterios señalados en el Plan de Desarrollo Urbano y el Ordenamiento Ecológico Territorial para el establecimiento de infraestructura hídrica (plantas purificadoras, sistemas de tratamiento de agua, acueductos, captadores, drenaje, alcantarillado, entre otros)	
	1.A.7 Implementación de un Sistema de Información Municipal del Agua (SIAGUA) para el monitoreo de las acciones desarrolladas y proyectadas para la ejecución del Plan Hídrico Municipal.	
	1.A.8 Diseño, establecimiento y operación del Observatorio Hídrico Municipal de Calakmul	
<b>Campo Actual 1.A:</b> Se ha conformado el Comité Municipal del Agua Se cuenta con el Ordenamiento Ecológico Territorial del Municipio	<b>Capacidades existentes:</b> Pronatura Península de Yucatán, IDESMAC, Fondo para la Paz, ECOSUR,	<b>Financiadores potenciales:</b> CONAGUA, IMTA, Fundación Gonzalo Río Arronte, Fundación Kellogg, USAID, Banco Interamericano de Desarrollo, Unión Europea,



7.1.4.B Creación de un fondo comunitario para incrementar la cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado en el municipio (BEJ JA'/Acceso al agua)

<b>Problema Estratégico 1.B</b> Recursos económicos insuficientes para cubrir los servicios básicos de provisión de agua		
<b>Línea Estratégica 1.B</b> Fondo Comunitario BEJ JA'		
<b>Estrategia específica 1.B</b> El Fondo Comunitario es el fideicomiso responsable de planear, desarrollar y ejecutar las obras de infraestructura hídrica del municipio. Se orienta al fortalecimiento del desarrollo técnico y la autosuficiencia financiera de los organismos operadores del municipio, a través de la aplicación de programas y acciones que impulsen el incremento en su eficiencia global y la prestación de mejores servicios.		
<b>Meta 1.B</b> En el 2023 el Fondo Comunitario de Agua opera 1.5 millones de pesos anuales para la dotación de infraestructura hídrica.		
<b>Indicador 1.B</b>	<b>Acciones Estratégicas</b>	
En el 2023 el Fondo Comunitario BEJ JA' opera con 1.5 millones de pesos en capital semilla y establece dos programas	1.B.1 Diseño y establecimiento del Fondo Comunitario de Agua (BEJ JA') para subsidiar la correspondiente infraestructura de agua potable y alcantarillado en el municipio	
	1.B.2 Diseño y establecimiento del programa BO'OL JA K'IIN en el cual por el pago a tiempo del suministro de agua y alcantarillado se subsidia, a través del fondo comunitario, un 20% del siguiente pago	
	1.B.3 Diseño y establecimiento del programa YA'AB JA' en el cual se implementan tecnologías de intercambio de agua de primer uso por agua residual tratada, éste será subsidiado por BEJ JA' y operado por el Centro de Ecotecnias y Tecnologías Alternativas (CETA)	
	1.B.4 Impulso al establecimiento de sistemas de tratamiento de aguas residuales comunitarios a través de la CONAGUA y SEMARNAT	
	1.B.5 Implementación de ventanillas únicas que faciliten y promuevan proyectos hídricos, micros, pequeños y medianos a nivel regional.	
<b>Campo Actual 1.B:</b> Se carece de plantas de tratamiento de aguas residuales Actualmente se han establecido obras de infraestructura pluvial en La Virgencita,	<b>Capacidades existentes:</b> Pronatura Península de Yucatán, IDESMAC, Fondo para la Paz, ECOSUR,	<b>Financiadores potenciales:</b> CONAGUA, IMTA, Fundación Gonzalo Río Arronte, Fundación Kellogg, USAID, Banco Interamericano de Desarrollo, Unión Europea

# 1.B. FONDO COMUNITARIO BEJ JA'



#### 7.1.4.C Centro de Monitoreo Municipal del Agua

<b>Problema Estratégico 1.C</b> Agua de mala calidad, no apta para el consumo doméstico y agropecuario		
<b>Línea estratégica 1.C</b> Centro de Monitoreo Municipal del Agua		
<b>Estrategia específica 1.C</b> El Centro de Monitoreo Municipal del Agua es el órgano responsable de llevar un control sobre la cantidad y calidad del agua en el Municipio para prevención de riesgos.		
<b>Meta 1.C</b> En el 2019 el 100% de los cuerpos de agua de Calakmul son vigilados por el Centro de Monitoreo del Agua		
<b>Indicador 1.C</b>	<b>Acciones Estratégicas</b>	
<p>A partir del 2016 se emiten dos informes anuales sobre la calidad del agua del municipio de Calakmul</p> <p>A partir del 2016 se cuenta con una red de monitores comunitarios del agua que operan en las 84 comunidades del municipio</p>	1.C.1 Monitoreo la cantidad de recursos a nivel de aguas tanto superficiales como subterráneas y las fluctuaciones anuales y estacionales	
	1.C.2 Monitoreo del uso del recurso (extracciones), particularmente para riego, aplicaciones industriales y agua potable, y las fuentes de contaminación (descargas).	
	1.C.3 Monitoreo del sistema hidrológico en cuanto a descarga de contaminantes en aguas superficiales, reinyección de agua en aguas subterráneas y residuos sólidos y peligrosos	
	1.C.4 Establecimiento, equipamiento y operación del Centro de Monitoreo Municipal	
	1.C.5 Establecimiento de un protocolo de monitoreo de la calidad del agua.	
	1.C.6 Producción y divulgación de información para toma de decisiones, gestión del recurso e información e involucramiento de la comunidad	
	1.C.7 Realización y publicación de informes trimestrales del monitoreo, los cuales deberán estar vinculados al Sistema Municipal de Información del Agua	
	1.C.8 Establecer una Red de Monitores Comunitarios del Agua	
	1.C.9 Diseño de un Diplomado de Monitoreo Comunitario del Agua en Xpujil	
	1.C.10 Establecimiento de acuerdos y alianzas interinstitucionales para la capacitación de los monitores comunitarios del agua	
<b>Campo Actual 1.C:</b> Los informes de calidad del agua son realizados de forma anual por el ECOSUR No existen monitores comunitarios formados	<b>Capacidades existentes:</b> Pronatura Península de Yucatán, IDESMAC, Fondo para la Paz, ECOSUR,	<b>Financiadores potenciales:</b> CONAGUA, IMTA, Fundación Gonzalo Río Arronte, Fundación Kellogg, USAID, BID, Unión Europea,



## 7.2.1. Infraestructura hídrica municipal deficiente y en mal estado

### 7.2.1.A Uso no sustentable de los Recursos Hídricos a nivel Municipal

En general, así como en México, en el mundo entero, -no sólo en Calakmul-, se hace frente a una seria amenaza de peligros heredados, resultado de las fuerzas naturales e históricas que han depositado cantidades importantes de sustancias potencialmente peligrosas en sus cuencas. Los siglos de extracción minera y las décadas de moderna producción industrial y agrícola, han depositado grandes volúmenes de sustancias nocivas (arsénico, mercurio, Dicloro-Difenil-Tricloroetano, mejor conocido como DDT, y plaguicidas órganoclorados) que se han filtrado por lixiviación o sedimentación, hacia los acuíferos. Existe amplia evidencia de que estas sustancias presentan graves peligros para la sociedad; sin embargo, el gobierno se ha resistido firmemente a las tentativas concretas para legislar contra su uso, para hacer cumplir restricciones existentes sobre su descarga, o de restringir su consumo (Barkin, 2006).

En la escala nacional, menos de un cuarto de todo el consumo urbano pasa por una planta de purificación de agua, y una proporción sustancial de las plantas potabilizadoras son inoperantes según la Comisión Nacional del Agua (CNA).

En casi toda la extensión del territorio mexicano, el uso y el abuso del agua urbana está conduciendo a la destrucción ambiental con consecuencias dramáticas para la población y para la salud del ecosistema. En contraste con los preceptos del movimiento para una “Nueva Cultura del Agua”, que insiste en el control de la demanda y la integridad ambiental, el gobierno mexicano sigue sometiéndose a los dictados de la comunidad financiera internacional y de las empresas constructoras, insistiendo en las transferencias entre cuencas y la construcción de grandes infraestructuras para satisfacer la demanda (Barkin, 2006).

#### **Cuencas**

Una parte importante para asegurar el abasto de agua lo compone el manejo de cuencas hidrográficas que se refiere a la gestión para aprovechar, proteger y conservar los recursos hídricos con el fin de obtener una producción óptima y sostenida para lograr una calidad de vida acorde con sus necesidades. El manejo integrado de los recursos naturales con un enfoque de cuencas hidrográficas representa una vía favorable para la mitigación y reducción de la vulnerabilidad a los desastres naturales.

### 7.2.1.B Sistema municipal de tratamiento de aguas residuales y Obras de Alcantarillado inexistente

Otro problema serio que se presenta, es la ausencia de preocupación por el tratamiento de aguas residuales. El municipio de Calakmul no cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales. Y no existe una preocupación auténtica ni una evaluación sistemática de largo plazo, de los impactos ambientales y sociales que ocasionan las descargas de aguas residuales no tratadas en los acuíferos y/o en las escasas fuentes de agua superficial.

Actualmente, el tratamiento de aguas residuales es, por ley, obligatorio. Los grandes usuarios industriales pagan cuotas por descargas con base en su calidad y volumen y, como resultado, algunos han hecho esfuerzos concretos para instalar sus propias plantas de tratamiento de aguas residuales para la reutilización de estas aguas.

En el municipio de Calakmul el recurso hidrológico es escaso y de mala calidad, esto requiere una gestión racional del mismo. Dos terceras partes del agua potable consumida por los hogares se usan en el baño, mientras el tercio restante es acaparado por la cocina, la limpieza de la casa y la lavadora. En este sentido la reutilización de las aguas residuales, para diversos usos, se convierte en una oferta hidrológica fundamental que permite contribuir en la mitigación de esta carencia del recurso.

La reutilización de aguas grises permite ahorrar aproximadamente 50 litros por persona diarios, en una familia de 5 personas, supondría un ahorro de aproximadamente 250 l/día (25 % del consumo diario de la vivienda). El uso más común es en las cisternas de los inodoros, que no requieren aguas de gran calidad, aunque también se emplean para el riego de zonas verdes o en la limpieza de exteriores.

Sólo el 49% de las viviendas tienen instalaciones para el servicio básico de drenajes (ver Tabla 23) y la mayoría de las fosas sépticas se encuentran mal construidas; lo cual impacta en la infiltración dentro del manto freático contaminando las aguas subterráneas. El fecalismo al aire libre también se presenta muy frecuentemente impactando las aguas superficiales con el escurrimiento producido por las lluvias.

Tabla 23 - Viviendas que cuentan con instalaciones de drenaje en cada microrregión.

<b>Microrregión</b>	<b>Viviendas</b>	<b>Con drenaje</b>
Castilla Brito	332	64
Civalito	591	146
Constitución	773	536
Josefa Ortíz	623	287
Ley de Fomento	635	148
Nueva Vida	374	81
Puebla de Morelia	224	140
Ricardo Payró	566	235
Xpuhil	1639	1186
<b>Total general</b>	<b>5757</b>	<b>2823</b>

Se carece de rellenos sanitarios, en consecuencia, hay un inadecuado manejo de residuos sólidos y existe la infiltración de lixiviados, generando una grave amenaza para la salud. La falta de recogida y tratamiento de las aguas residuales es una importante fuente de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.

#### 7.2.1.C Sistemas de captación pluvial comunitarios y/o familiares insuficientes para cubrir las necesidades

Los sistemas de acueductos presentan fugas tanto en las tuberías de conducción como en las válvulas de operación, por lo que se requieren cambios en los interruptores de seguridad; por otro lado, existe insuficiencia de personal técnico para cubrir las atenciones que demanda el servicio.

Existe una inadecuada planeación del crecimiento urbano y la construcción de infraestructura que afectan los flujos de agua. Hay programas y proyectos de captación de agua que no han sido debidamente planificados en cuanto a la capacitación social, por lo cual son subutilizados; y a la réplica de captadores en algunas zonas y dejando a otras sin esta importante infraestructura.

A pesar de que se han realizado un gran número de proyectos hidráulicos para tratar de solucionar el abasto de agua a las comunidades, sigue siendo el factor limitante para lograr el desarrollo socioeconómico de los pobladores locales.

#### 7.2.1.D Falta de capacitación del personal para el mantenimiento de la infraestructura hídrica y el Cambio Climático

Otra situación que se presenta dentro del municipio es la disminución de las lluvias estacionales y el trasladado de las mismas a diferentes etapas del año, debido al cambio climático global, lo cual ha originado sequías persistentes durante los últimos años. Esta realidad ha influido de manera negativa tanto en los humedales y en la vida silvestre como en las principales actividades agropecuarias del municipio y han puesto en riesgo el abasto del agua para el uso doméstico en temporadas de secas.

El cambio climático es una de las amenazas más serias que actualmente enfrenta la sociedad humana y sus posibilidades de seguir en el planeta. Es uno de los fenómenos más visibles que están interactuando para reducir las posibilidades de mantener la vida humana, tal como la conocemos hoy en día. Además, hay algunos otros que también plantean graves problemas para la continuidad de la especie humana en la tierra: la pérdida de la biodiversidad, cambios en usos y fertilidad del suelo, contaminación y reducción de fuentes de agua dulce, acidificación de los océanos, reducción en concentraciones atmosféricas de ozono, y la degradación de los ciclos globales de nitrógeno y fósforo (Rockström *et al.*, 2009).

El calentamiento global causado por el humano ya se está convirtiendo localmente obvio en algunas regiones tropicales, sobre todo en la parte cálida del año. Las tendencias de la temperatura detectadas en muchas regiones, se han atribuido a la influencia humana. Los cambios en el ciclo global del agua en respuesta al calentamiento del planeta en el siglo XXI, no serán uniformes. El contraste de las precipitaciones aumentará entre las regiones húmedas y secas y entre estaciones húmeda y seca, aunque puede haber excepciones regionales (Fig.9).

El fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) seguirá siendo el modo dominante de la variabilidad interanual en el Pacífico Tropical, con efectos globales en el siglo XXI. Se registrarán eventos extremos de precipitación en la mayor parte de las masas terrestres de latitudes medias y en las regiones tropicales húmedas, es muy probable que cada vez sean más intensos y más frecuentes a finales de este siglo, a medida que aumenta la temperatura superficial media global. Los cambios proyectados en el ciclo del agua en las próximas décadas muestran patrones a gran escala similares a los del final del siglo, pero con menor magnitud. Los cambios en el corto plazo, y en el ámbito regional estarán fuertemente influenciados por la variabilidad interna natural y pueden verse afectados por las emisiones de aerosoles antropogénicos (IPCC, 2013).

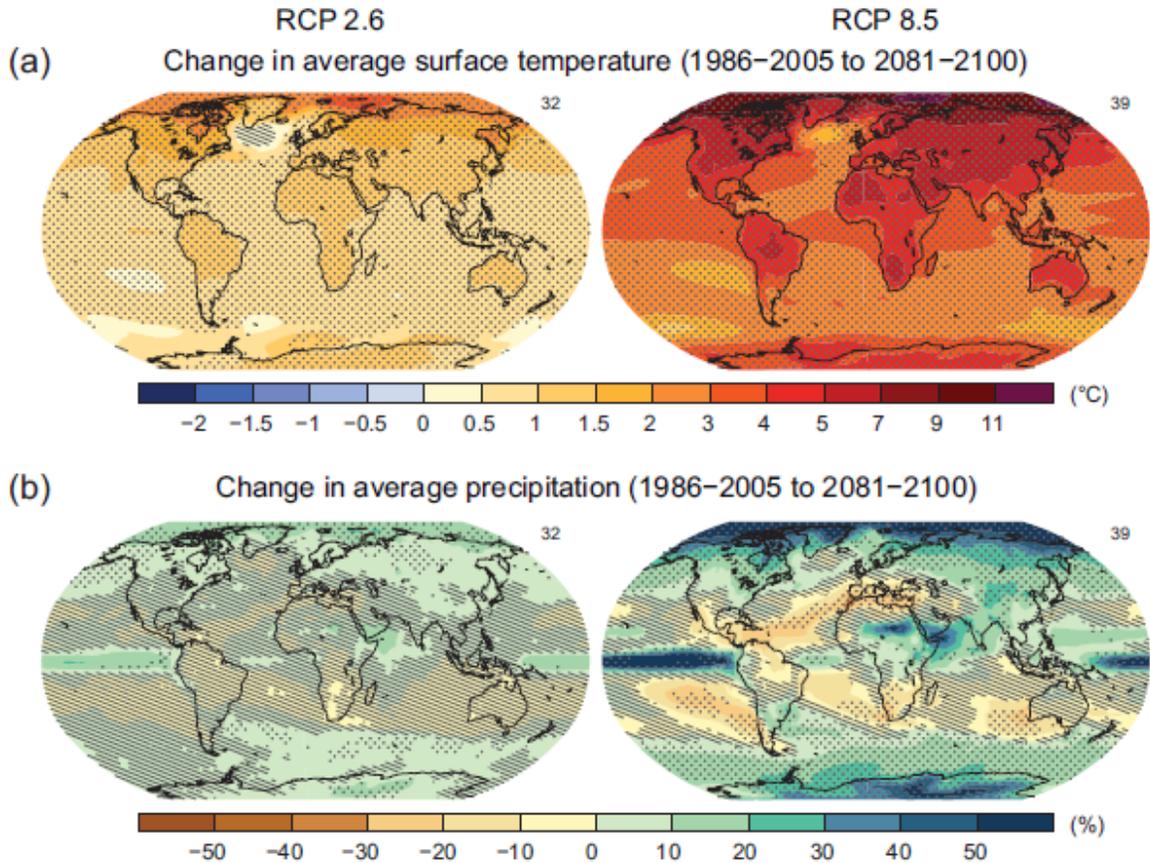
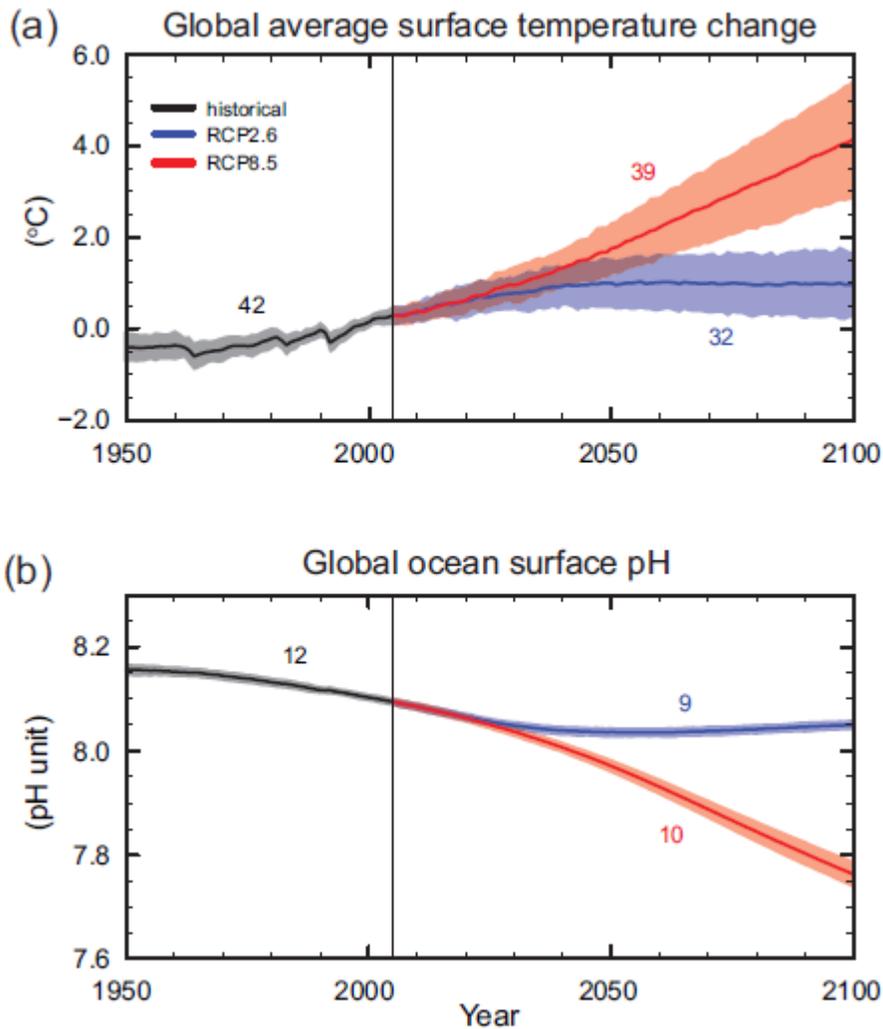


Fig. 9 Los mapas muestran los resultados promedio, de los escenarios de cambio de la temperatura anual media en superficie terrestre del 2081-2100, se muestran con relación a 1986-2005 (a) los cambios de temperatura anual media en superficie, (b) el cambio porcentual promedio de la precipitación media anual.

La influencia humana ha sido detectada en el calentamiento de la atmósfera y los océanos, así como en los cambios en el ciclo global del agua, en la reducción de la nieve y el hielo, en el aumento del nivel medio del mar global, y en cambios en algunos extremos climáticos. Es muy probable que la influencia humana haya sido la principal causa del calentamiento observado desde mediados del siglo XX. Así como también es muy probable que más de la mitad del aumento observado en el promedio de la temperatura superficial global de 1951 a 2010, fuera causada por el aumento en las concentraciones antropogénicas de gases de efecto invernadero, junto con otros forzamientos antropogénicos (IPCC, 2013).

Los gases de efecto invernadero contribuyeron en promedio al calentamiento global de la superficie probablemente en el rango de  $0,5^{\circ}\text{C}$  a  $1,3^{\circ}\text{C}$  en el período 1951-2010, con las contribuciones de otros forzamientos antropogénicos, incluyendo el efecto de enfriamiento de los aerosoles, que podrían estar en el rango de  $-0,6^{\circ}\text{C}$  a  $0,1^{\circ}\text{C}$ . Se estima que los efectos antropogénicos han afectado el ciclo global del agua desde 1960.

Además las influencias antropogénicas han contribuido a los aumentos observados en el contenido de humedad del aire en la atmósfera (confianza media), a los cambios de escala global en los patrones de precipitación sobre la tierra (confianza media), a la intensificación de fuertes precipitaciones en las regiones terrestres donde los datos son suficientes (confianza media), y a los cambios en la superficie y la salinidad del océano bajo la superficie (muy probable). La influencia humana ha contribuido en los cambios observados en la frecuencia e intensidad de los extremos diarios de temperatura, y ha aumentado más del doble la probabilidad de ocurrencia de olas de calor en algunos lugares (IPCC, 2013).



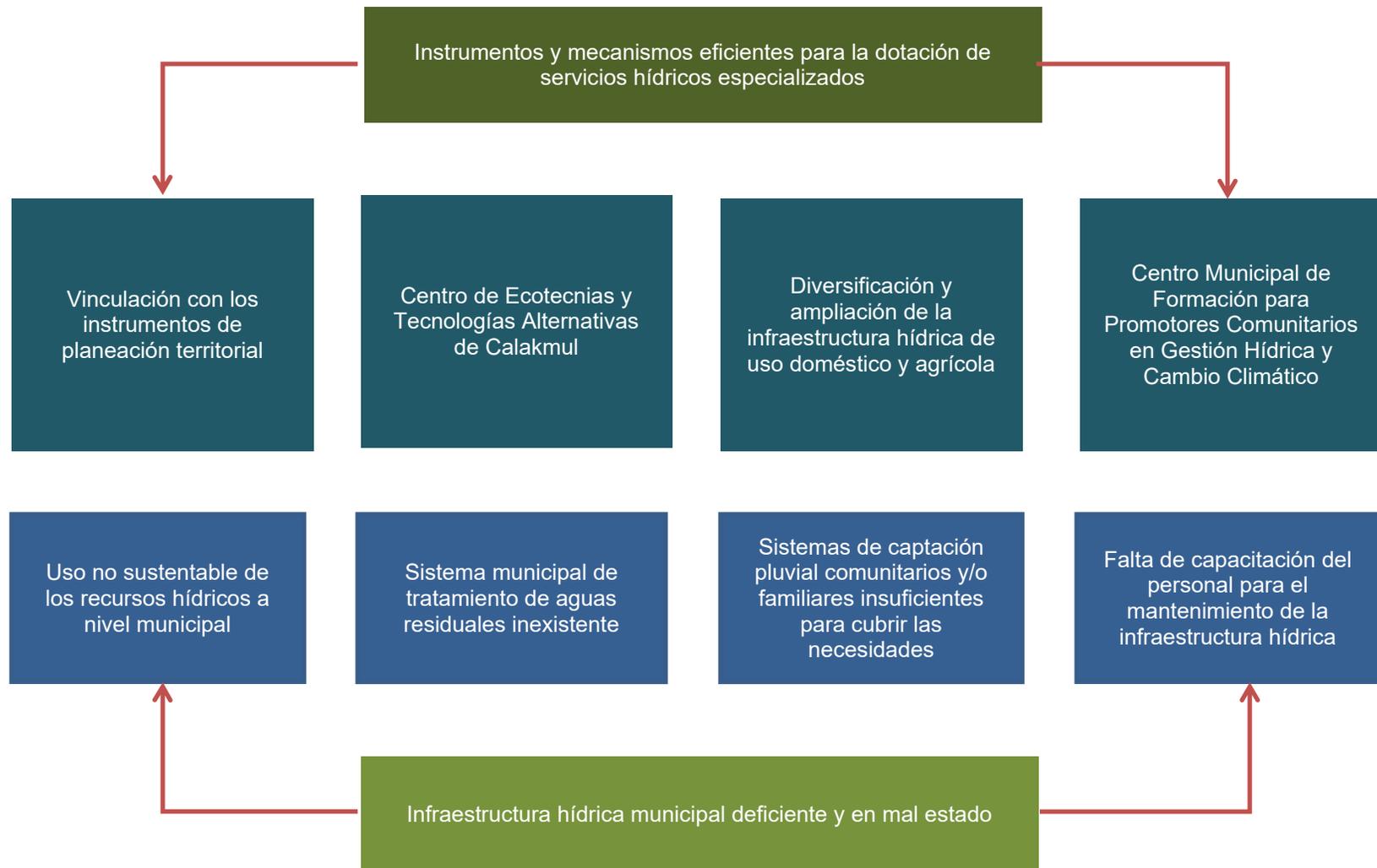
Las gráficas muestran series de tiempo simulado de 1950-2100 para (a) el promedio de cambio de temperatura en la superficie, (b)

El cambio climático augura grandes trastornos para toda la humanidad. En la sociedad mexicana en particular, los impactos serán mayores, ya que la administración pública no parece estar preparada para ofrecer el liderazgo político requerido o movilizar los recursos necesarios para conducir las transformaciones productivas, sociales y geográficas necesarias para prepararnos para enfrentar los impactos previsibles. A nivel global, el aumento en las temperaturas medias ocasionado por la creciente concentración de los gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera ya está provocando un derretimiento de los distintos cuerpos de hielo (glaciares), tanto en las alturas de las montañas continentales como en las zonas polares.

La elevación de los niveles de los océanos aumentará la vulnerabilidad de muchos estados-islas y de todas las zonas costeras a las variaciones en la dinámica propia que resulta de los diversos fenómenos meteorológicos y a los desequilibrios ecosistémicos. Por otra parte, se anticipan otras transformaciones del clima que requerirán de importantes cambios en los sistemas de producción agrícola y su reubicación de las zonas tradicionales; este cambio será preciso tanto en las zonas de riego como en las de temporal, por los desplazamientos de las lluvias y un realineamiento de la distribución de recursos hídricos en los diversos mantos acuíferos por lo mismo, así como en la disponibilidad de agua para la producción de secano (Barkin, 2013).

La disyuntiva que confronta a la sociedad en su totalidad y a cada uno de nosotros como individuos es si estamos dispuestos a modificar nuestros comportamientos y facilitar la emergencia de estos nuevos patrones de una manera ordenada y solidaria o si los distintos grupos sociales van a resistir estas presiones, provocando conflictos sociales que amenazarían al propio tejido social del país. La gravedad del problema en México ha sido ampliamente documentada en numerosos estudios, tanto por dependencias dentro del gobierno mexicano (e.g., IMTA, 2009; Martínez-Austria, 2007) como de las de varias agencias internacionales (e.g., Borja y de la Fuente, 2013).

### 7.2.2. Árbol de Problemas y Objetivos de Infraestructura



### 7.2.3.A Vinculación con los instrumentos de planeación territorial

El ordenamiento territorial es la herramienta de planeación y regulación del uso del territorio a partir de la cual se proponen esquemas de manejo sustentable de los recursos naturales. Lo sustancial en esta estrategia es que es sensible a la escala, es decir como modalidad de la planificación territorial, el Ordenamiento Territorial reconoce diferentes escalas de aplicación que teóricamente deberían estar armonizadas entre sí.

La recurrencia a la unidad de cuenca como unidad territorial es algo fundamental. Si queremos tener realmente una visión integrada del manejo de cuencas al interior de éstas, deben hacer estudios desde el punto de vista de las unidades ambientales que existen al interior de las cuencas. Si nos quedamos únicamente con el concepto de cuenca como unidad territorial que es muy útil y es fundamental, difícilmente se podrá alcanzar la idea de un manejo integrado de recursos. El concepto de cuenca lo que permite es establecer un balance de entradas y salidas. La cuenca *per se* es un organismo heterogéneo y hay que trabajar al interior de esta masa heterogénea para poder encontrar patrones.

Los esquemas de ordenamiento deben articular todos los proyectos que tienen que ver con los resultados del esquema de ordenamiento, proyectos productivos, políticas etc. El ordenamiento de uso de suelo es un instrumento de alto nivel al cual se subordinan otros instrumentos tales como los Planes de Manejo de las Áreas Naturales Protegidas, Planes de Desarrollo Urbano, Planes Sectoriales, etc.

### 7.2.3.B Centro de Ecotecnias y Tecnologías Alternativas de Calakmul

Se considera la constitución del Centro de Ecotecnias y Tecnologías Alternativas de Calakmul, que será un centro de formación para promotores comunitarios sobre ecotecnias, entendidas estas como técnicas desarrolladas por el hombre para aprovechar eficientemente los recursos naturales que usan materiales de bajo impacto para dar paso a la elaboración de productos y servicios, es decir se basan en el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

Dentro de las ecotecnias se encuentran: captación pluvial por cisternas de ferrocemento, el aprovechamiento directo de la energía solar, los biofiltros, la hidroponía, elementos ahorradores de agua, los baños secos, biodigestores, estufas ahorradores, el deshidratador solar, los hornos solares, la lombricomposta o composta orgánica, entre otras.

El sistema de tratamiento de aguas residuales tiene como función crear un hábitat cómodo y saludable para los habitantes de una zona urbana que les proporcione bienestar y calidad de vida. Además protege el medio ambiente al permitir un proceso de tratamiento para las aguas residuales y devolver así a la naturaleza agua limpia, sin contaminantes y en mejores condiciones.

Está compuesto por las redes de alcantarillado que recolectan las aguas residuales desde su fuente de origen, colectores y la planta de tratamiento de aguas residuales. El agua residual generada en cada casa, llega a una caja de registro, que sirve para inspeccionar el estado de las tuberías y el tipo de agua que se descarga, luego, de allí pasa a la red de tuberías que pasan por el frente de cada vivienda, llamadas red secundaria o de recolección. A estas tuberías se le adiciona residual de otras viviendas o comercios, luego estas redes descargan en tuberías de mayor diámetro llamadas colectores, que finalmente son las que transportan el agua residual hasta la planta de tratamiento.

La planta de tratamiento de aguas residuales es una instalación que recibe del alcantarillado el agua servida o utilizada por una comunidad para su tratamiento. Este proceso de tratamiento dura aproximadamente 10 horas, tiempo en el que se logra la transformación de las aguas residuales en aguas limpias.

### 7.2.3.C Diversificación y ampliación de la infraestructura hídrica de uso doméstico y agrícola

Se deben continuar impulsando los esfuerzos de captación de agua pluvial, ya que es la principal fuente de agua para el Municipio, debido a las características anteriormente mencionadas de sus aguas subterráneas. La ampliación de los programas de captadores domésticos y de jagüeyes parcelarios para actividades agrícolas son muy importantes, pero deben incorporar componentes de capacitación, evaluación y seguimiento.

El programa de captadores es un reflejo de un esfuerzo de colaboración entre dependencias de gobierno y fundaciones que abordaron la temática de la insuficiencia del agua en el Municipio, demostrando que es posible esta conjunción de recursos económicos para eficientar los alcances, es necesario incrementar estos esfuerzos para la cobertura a todas las familias del Municipio, pero también para promover la participación social en la adquisición de aprendizajes de la población local.

### 7.2.3.D Centro Municipal de Formación para Promotores Comunitarios en Gestión Hídrica y Cambio Climático

El Centro Municipal de Formación brindará cursos de capacitación sobre temas de Cambio Climático y Gestión Hídrica a través de comunidades de Aprendizaje bajo el enfoque de que un promotor comunitario es una persona de la comunidad que se capacita para promover conductas de auto cuidado, prevención y promoción de temas importantes relacionados al agua que deben tener en cuenta las comunidades como son la legislación ambiental, el cambio climático, la gestión hídrica y el desarrollo humano, generando una red para la Gestión Integrada de los recursos naturales, para contribuir a mejorar las condiciones de vida de sus habitantes.

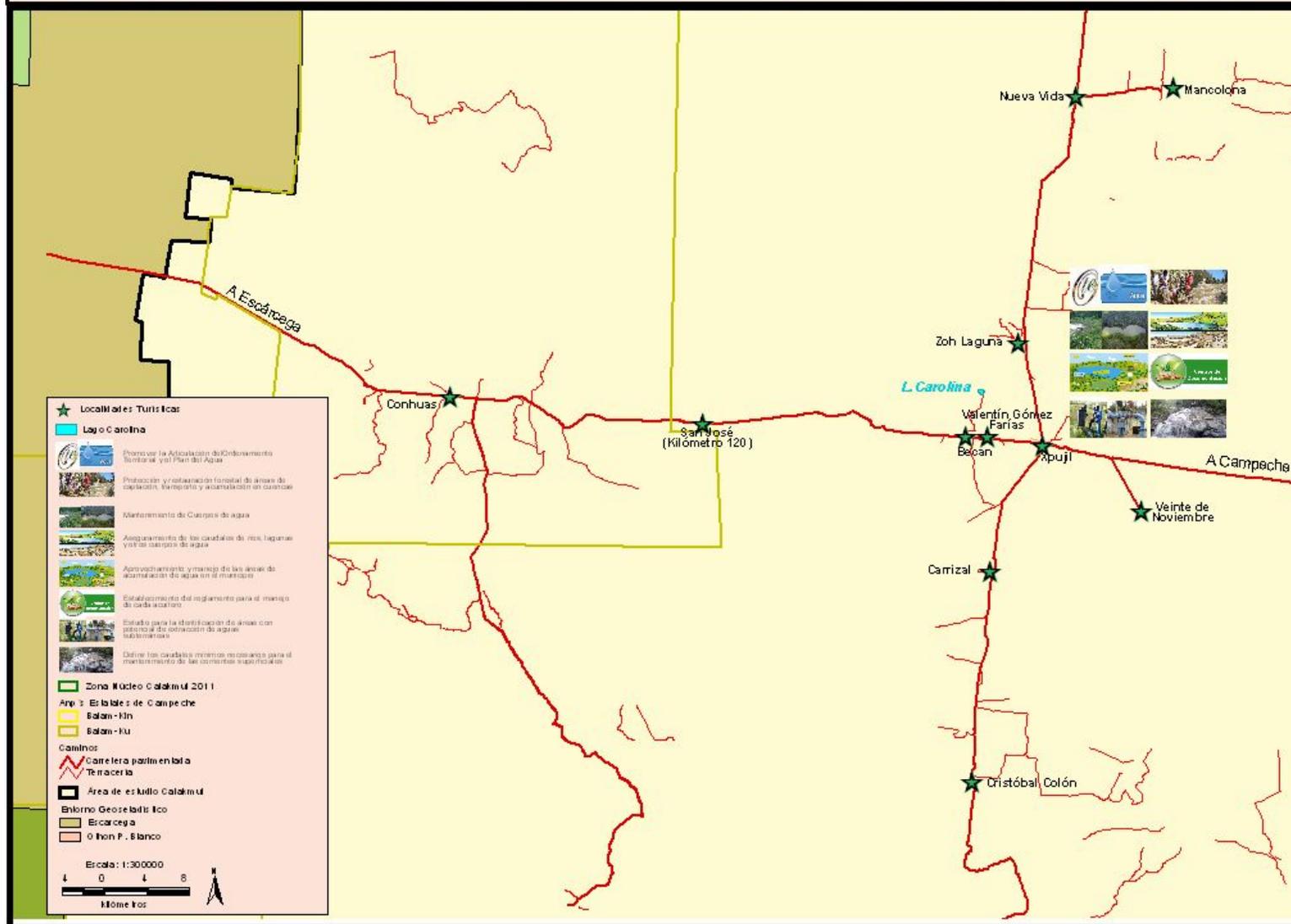
## 7.2.4 Matriz de Infraestructura y Servicios Hídricos

### 7.2.4. A Manejo integrado y sustentable de cuencas conforme otros instrumentos de Planeación

<b>PROBLEMA ESTRATÉGICO 2:</b> Infraestructura hídrica municipal deficiente y en mal estado	
<b>EJE ESTRATEGICO 2:</b> Instrumentos y mecanismos eficientes para la dotación de servicios hídricos especializados	
<b>OBJETIVO ESTRATEGICO 2:</b> Conservar los sistemas naturales y procesos hidrológicos de los que depende la oferta de agua.	
<b>ESTRATEGIA GENERAL 2:</b> Las acciones consideradas para este eje se han establecido tomando en cuenta los diversos instrumentos de planeación municipal existentes, a fin de garantizar la protección de los cuerpos de agua.	
<b>Problema Estratégico 2.A</b> Uso no sustentable de los recursos hídricos a nivel municipal	
<b>Línea Estratégica 2.A</b> Manejo integrado y sustentable de cuencas conforme al ordenamiento territorial	
<b>Estrategia específica 2.A</b> Proteger y restaurar la cobertura forestal en las áreas de captación, transporte y acumulación de las cabeceras de cuencas, vegas de los ríos y otros cuerpos de agua con base a los lineamientos del Ordenamiento Territorial	
<b>Meta 2.A</b> En el 2023, se encuentran en restauración y/o protección el 75% de las áreas de captación, transporte y acumulación de agua	
<b>Indicador 2.A</b>	<b>Acciones Estratégicas</b>
	2.A.1 Promover la articulación del Ordenamiento Territorial y el Plan del Agua como instrumentos para la conservación y protección del medio ambiente, los recursos naturales y prevención de riesgos/amenazas
	2.A.2 Mantenimiento de los 36 cuerpos de agua del municipio
	2.A.2.1 Protección y restauración forestal de las áreas de captación, transporte y acumulación de las cabeceras de cuencas, vegas de los ríos y otros cuerpos de agua.
	2.A.2.2 Establecimiento de un sistema de monitoreo que permita reconocer cambios en la cobertura forestal
	2.A.2.3 Aseguramiento de los caudales de ríos, lagunas y otros cuerpos de agua
	2.A.2.4 Aprovechamiento y manejo de las áreas de acumulación de agua en el municipio
	2.A.2.5 Establecimiento del reglamento de manejo de cada acuífero susceptible de aprovechamiento.
	2.A.3 Estudio de identificación de áreas con potencial de extracción de aguas subterráneas

	2.A.4 Definir los caudales mínimos necesarios para el mantenimiento de las corrientes superficiales.	
<b>Campo Actual 2.A:</b> Actualmente se extraen diariamente 3,000 m <sup>3</sup>	<b>Capacidades existentes:</b> IDESMAC, ECOSUR, Fondo para la Paz, Pronatura Península de Yucatán, CONAGUA, INECOL	<b>Financiadores potenciales:</b> CONAGUA, SEMARNAT, Fundación Gonzalo Río Arronte, PNUD e INECC

## 2.A. CONSERVACIÓN DE LOS SISTEMAS NATURALES Y PROCESOS HIDROLÓGICOS

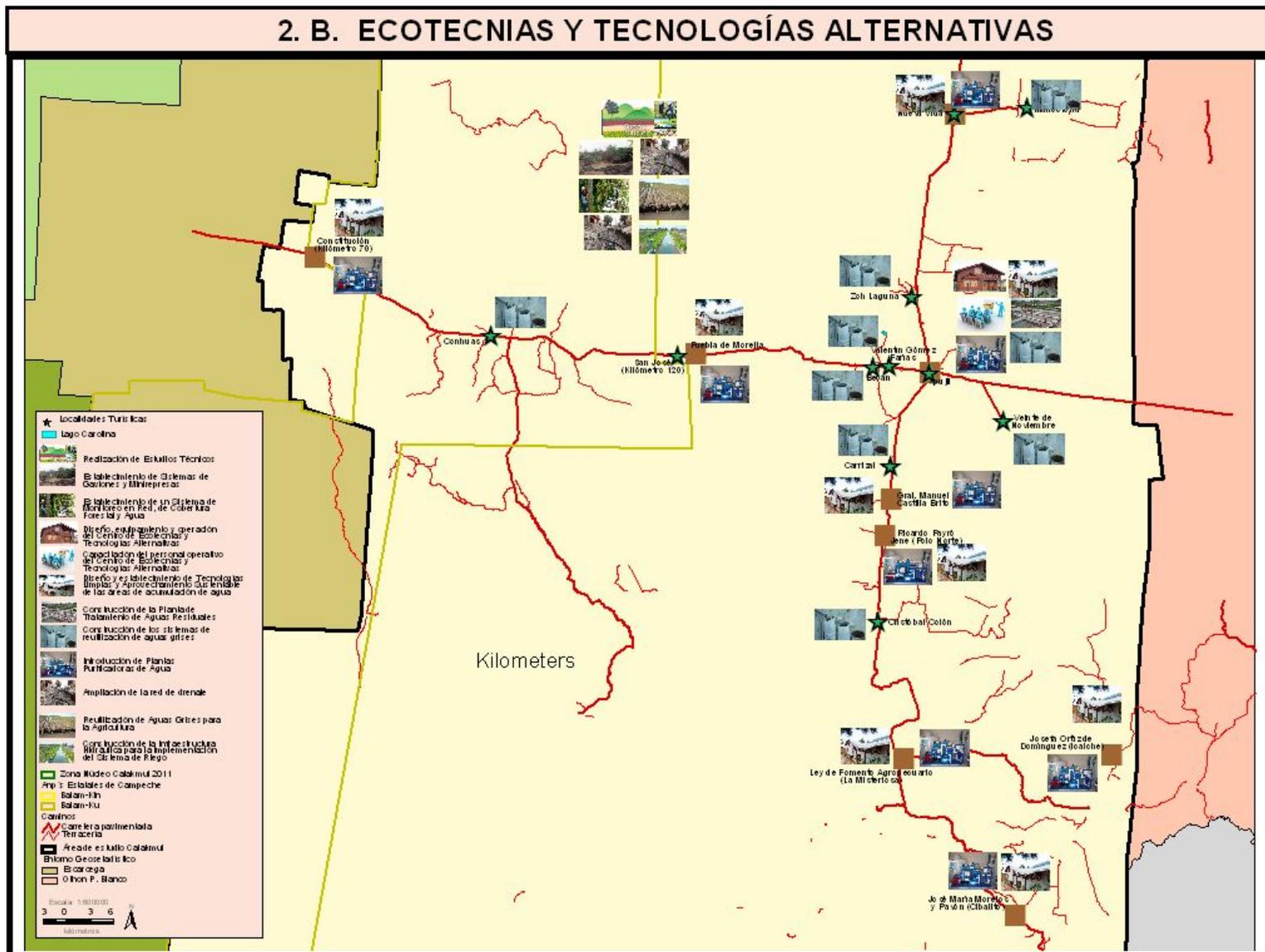


#### 7.2.4.B Centro de Ecotecnias y Tecnologías Alternativas

<b>Problema Estratégico 2.B</b> Sistema municipal de tratamiento de aguas residuales inexistente	
<b>Línea Estratégica 2.B</b> Centro de Ecotecnias y Tecnologías Alternativas de Calakmul (CETA)	
<b>Estrategia específica 2.B</b> El Centro de Ecotecnias y Tecnologías Alternativas, es una institución especializada en el uso de técnicas de ahorro de agua, que a su vez contribuye a la formación de capital social local.	
<b>Meta 2.B</b> En el 2023 el CETA está operando y brindando cobertura al 40% del Municipio.	
	2.B.1 Realización de los estudios técnicos para identificación de cuencas superficiales y subterráneas
	2.B.2 Establecer sistemas de gaviones y minirepresas para mayor acumulación de agua superficial
	2.B.3 Establecimiento del sistema de monitoreo en red, de cobertura forestal y la cantidad y calidad de agua
	2.B.4 Diseño, equipamiento y operación del Centro de Ecotecnias y Tecnologías Alternativas en Xpujil.
	2.B.4.1 Capacitación del personal operativo del Centro de Ecotecnias y Tecnologías Alternativas
	2.B.5 Diseño y establecimiento de tecnologías limpias y de bajo costo para áreas de acumulación de agua
	2.B.6 Desarrollar la infraestructura básica de tratamiento de aguas residuales y servidas
	2.B.6.1 Construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales en Xpujil
	2.B.6.2 Construcción de los sistemas de reutilización de aguas grises en Conhuás, Zoh Laguna, 20 de Noviembre, La Mancolona, Becán, Valentín Gómez Farías, Cristóbal Colón, El Carrizal, Xpujil.
	2.B.7 Introducción y/o reactivación de plantas purificadoras de agua comunitarias en Xpujil, Puebla de Morelia, Civalito, Ley de Fomento, Nueva Vida, Castilla Brito, Ricardo Payró, Constitución y Josefa Ortiz de Domínguez
	2.B.8 Ampliación de la red de drenaje en el resto de las localidades del municipio
	2.B.9 Adoptar programas de reducción de pérdidas de agua y de mejoramiento de la

	infraestructura obsoleta		
	2.B.9.1 Reutilización de aguas grises para agricultura		
	2.B.9.2 Construcción de la infraestructura hidráulica para la implementación del sistema de riego		
<b>Campo Actual 1.A:</b> No hay plantas de tratamiento y/o potabilizadoras.	<table border="1"> <tr> <td><b>Capacidades existentes:</b> IDESMAC, ECOSUR, CONAGUA, Secretaria de Infraestructura, Secretaria de Planeación</td> <td><b>Financiadores potenciales:</b> CONAGUA, IMTA, Secretaria de Infraestructura, Secretaria de Planeación, Fundación Gonzalo Río Arronte, Fundación Kellogg</td> </tr> </table>	<b>Capacidades existentes:</b> IDESMAC, ECOSUR, CONAGUA, Secretaria de Infraestructura, Secretaria de Planeación	<b>Financiadores potenciales:</b> CONAGUA, IMTA, Secretaria de Infraestructura, Secretaria de Planeación, Fundación Gonzalo Río Arronte, Fundación Kellogg
<b>Capacidades existentes:</b> IDESMAC, ECOSUR, CONAGUA, Secretaria de Infraestructura, Secretaria de Planeación	<b>Financiadores potenciales:</b> CONAGUA, IMTA, Secretaria de Infraestructura, Secretaria de Planeación, Fundación Gonzalo Río Arronte, Fundación Kellogg		

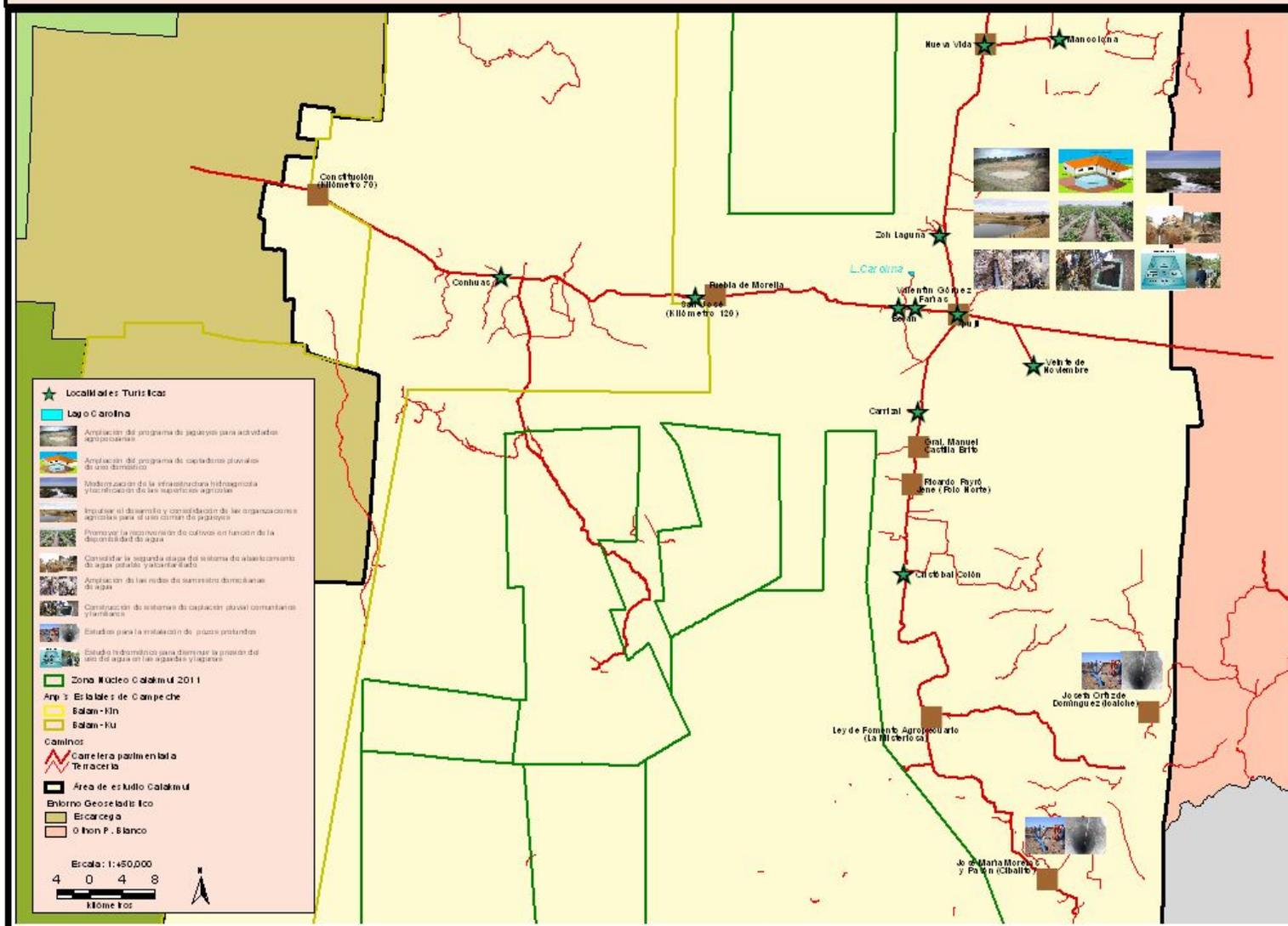
## 2. B. ECOTECNIAS Y TECNOLOGÍAS ALTERNATIVAS



#### 7.2.4.C Diversificación y Ampliación de la Infraestructura Hídrica

<b>Problema Estratégico 2.C</b> Sistemas de captación pluvial comunitarios y/o familiares insuficientes para cubrir las necesidades		
<b>Línea Estratégica 2.C</b> Diversificación y ampliación de la infraestructura hídrica de uso doméstico y agrícola		
<b>Estrategia específica 2.C</b> Ampliación de los programas de captadores y jagüeyes y establecimiento de mecanismos de evaluación y seguimiento de estos programas.		
<b>Meta 2.C</b> En el 2023, el 100% de las comunidades tienen cobertura de captadores y jagüeyes, y se encuentran operando.		
	2.C.1 Diseñar e implementar tecnologías para incrementar la acumulación de agua pluvial para fines productivos y domésticos.	
	2.C.1.1 Ampliación del programa de jagüeyes para actividades agropecuarias	
	2.C.1.2 Ampliación del programa de captadores pluviales de uso doméstico	
	2.C.2 Modernización de la infraestructura hidroagrícola y tecnificación de las superficies agrícolas en coordinación con usuarios y autoridades locales.	
	2.C.3 Impulsar el desarrollo y consolidación de las organizaciones agrícolas para el uso común de jagüeyes	
	2.C.4 Promover la reconversión de cultivos en función de la disponibilidad de agua y propiciar su valoración económica en el riego.	
	2.C.5 Consolidar la segunda etapa del sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado en el municipio	
	2.C.5.1 Ampliación de las redes de suministro domiciliarias de agua en las comunidades de	
	2.C.5.2 Construcción de sistemas de captación pluvial comunitarios y familiares	
	2.C.6. Estudios para la instalación de pozos profundos en las microrregiones de Josefa Ortiz de Domínguez y Civalito	
	2.C.7 Estudio hidrométrico para disminuir la presión del uso del agua en las aguadas y lagunas en proporción al incremento de opciones de acumulación diversificadas.	
<b>Campo Actual 1.A:</b> Se ha operado un amplio programa de captadores domésticos y jagüeyes parcelarios.	<b>Capacidades existentes:</b> IDESMAC, ECOSUR, Fondo para la Paz, Pronatura Península de Yucatán, CONAGUA, INECOL, CRIPX, EDIAL, PESA	<b>Financiadores potenciales:</b> CONAGUA, SEMARNAT, Fundación Gonzalo Río Arronte, PNUD e INECC

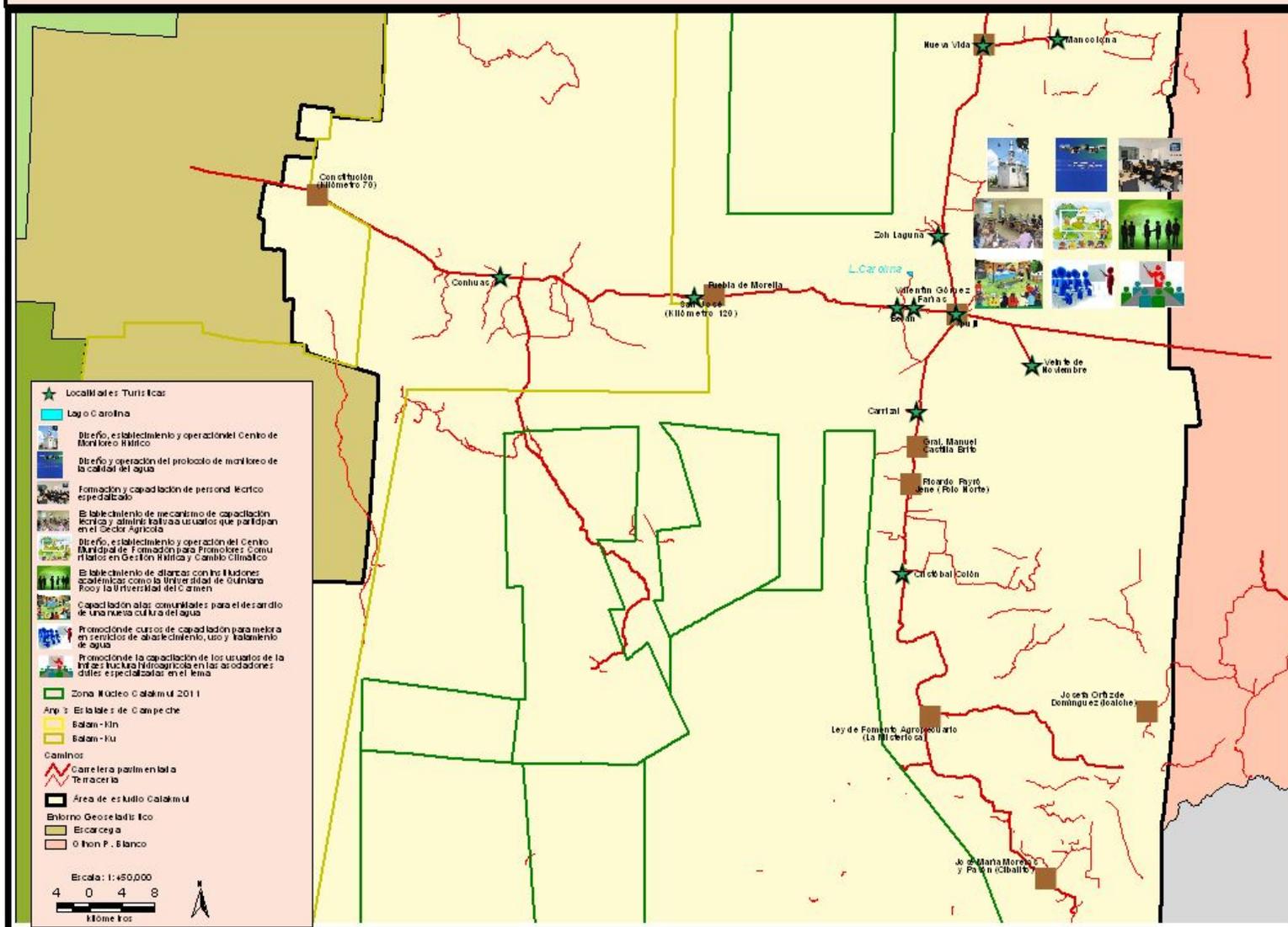
## 2.C. DIVERSIFICACIÓN Y AMPLIACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA HÍDRICA DE USO DOMÉSTICO Y AGRÍCOLA



#### 7.2.4.D Centro Municipal de Formación para Promotores Comunitarios en Gestión Hídrica y Cambio Climático

<b>Problema Estratégico 2.D</b> Insuficiente capacitación del personal para el mantenimiento de la infraestructura hídrica		
<b>Línea Estratégica 2.D</b> Centro Municipal de Formación para Promotores Comunitarios en Gestión Hídrica y Cambio Climático		
<b>Estrategia específica 2.D</b> El Centro Municipal de Formación para promotores es un organismo profesionalizado e interdisciplinar encargado de la formación de capital humano local del sector hídrico		
<b>Meta 2.D</b> En el 2023 se cuenta con al menos tres promotores comunitarios por cada microrregión en el Municipio.		
	2.D.1	Diseño, establecimiento y operación del centro de monitoreo hídrico municipal en Xpujil que vigile la calidad de agua disponible para uso doméstico y agropecuario
	2.D.2	Diseño y operación del protocolo de monitoreo de la calidad del agua en el municipio
	2.D.2	Formación y capacitación de personal técnico especializado para el sector hídrico
	2.D.2.1	Establecimiento de un mecanismo de capacitación técnica y administrativa a los usuarios agrícolas e instituciones y organizaciones públicas y privadas que participan en el Sector Agrícola para incrementar la producción agrícola y el uso eficiente del agua
	2.D.2.2	Diseño, establecimiento y operación del Centro Municipal de Formación para Promotores Comunitarios en Gestión Hídrica y Cambio Climático
	2.D.2.3	Establecimiento de alianzas con instituciones académicas como la Universidad de Quintana Roo y la Universidad del Carmen para el fortalecimiento y capacitación del área así como la prestación de servicio social por parte de los alumnos de esas instituciones.
	2.D.3	Capacitación a las comunidades para el desarrollo de una nueva cultura del agua
	2.D.4	Promoción de cursos de capacitación para mejoras en servicios de abastecimiento, uso y tratamiento de agua
	2.D.5	Promoción de la capacitación de los usuarios de la infraestructura hidroagrícola en las asociaciones civiles especializadas en el tema
<b>Campo Actual 1.A:</b> Se carece un un organismo de profesionalización de técnicos en gestión hídrica.	<b>Capacidades existentes:</b> IDESMAC, ECOSUR, Fondo para la Paz, Pronatura Península de Yucatán, CONAGUA, INECOL, CRIPX, EDIAL, PESA.	<b>Financiadores potenciales:</b> CONAGUA, SEMARNAT, Fundación Gonzalo Río Arronte, PNUD e INECC

## 2.D. CENTRO MUNICIPAL DE FORMACIÓN PARA PROMOTORES COMUNITARIOS EN GESTIÓN HÍDRICA Y CAMBIO CLIMÁTICO



### 7.3.1 Gestión Ineficiente de Recursos Económicos orientados al Agua

#### 7.3.1.A Ausencia de instrumentos de prevención de riesgos hidrometeorológicos. Huella Hídrica + Huella Ecológica

El ser humano utiliza una gran cantidad de agua para beber, cocinar y lavar. Pero utiliza todavía más agua en la producción de bienes, tales como alimentos, papel, prendas de algodón, etc. La huella hídrica es un indicador de uso de agua que tiene en cuenta tanto el uso directo como indirecto por parte de un consumidor o productor. La huella hídrica de un individuo, comunidad o comercio se define como el volumen total de agua dulce que se utiliza para producir los bienes y servicios consumidos por el individuo o comunidad así como los producidos por los comercios.

El interés por la huella hídrica se origina en el reconocimiento de que los impactos antrópicos en los sistemas hídricos están relacionados, en última instancia, al consumo humano y que temas como la escasez o contaminación del agua pueden ser mejor entendidos y gestionados considerando la producción y cadenas de distribución en su totalidad” señala el Catedrático *Arjen Y. Hoekstra*, creador del concepto de la huella hídrica. “Los problemas hídricos están a menudo íntimamente relacionados con la estructura de la economía mundial. Muchos países han externalizado significativamente su huella hídrica al importar bienes de otros lugares donde requieren un alto contenido de agua para su producción”.

Este hecho genera una importante presión en los recursos hídricos en las regiones exportadoras, donde muy a menudo existe una carencia de mecanismos para una buena gobernanza y conservación de los recursos hídricos. No solo los gobiernos sino que también los consumidores, comercios y la sociedad en general pueden jugar un papel importante para alcanzar una mejor gestión de los recursos hídricos ([www.huellahidrica.org](http://www.huellahidrica.org)).

Según datos de la National Geographic, 5 kilogramos de arroz requiere 449 galones (1.700 litros) de agua, 1 libra de papa equivale a 119 galones de agua, y una libra de pollo se lleva 468 galones de agua. Algunos productos como la carne conllevan una huella hídrica mucho más importante que otros como el maíz, trigo o frutas. Una libra de bife consume 1.799 galones de agua, se necesitan 140 litros de agua para producir una taza de café y la producción de un litro de leche requiere de mil litros de agua. El uso medido del agua puede mejorar la productividad agrícola, impulsar el desarrollo sustentable, disminuir la pobreza y maximizar la producción de alimentos.

Aunque nuestro planeta posee una gran cantidad de agua, sólo 3% de ella se considera adecuada para el consumo humano y es utilizada para fines agrícolas e industriales; eso por un lado; y por el otro, el crecimiento demográfico impacta en el constante empleo de dicho recurso hídrico, por lo que su consumo debe ser medido – de manera urgente – a través de la llamada Huella Hídrica.

En el Municipio de Calakmul no existen evaluaciones sistemáticas sobre el impacto de las tendencias actuales en el uso del agua en los ecosistemas, y tampoco hay planes ambientalmente coherentes de contingencia para hacer frente a las emergencias que surgen cada vez con mayor frecuencia.

Por otro lado, la huella ecológica, es un indicador del impacto ambiental generado por la demanda humana que se hace de los recursos existentes en los ecosistemas del planeta relacionándola con la capacidad ecológica de la Tierra de regenerar sus recursos. Representa el área de tierra o agua ecológicamente productivos (cultivos, pastos, bosques o ecosistemas acuáticos) (e idealmente también el volumen de aire), necesarios para generar recursos y además para asimilar los residuos producidos por cada población determinada de acuerdo a su modo de vida, de forma indefinida». La medida puede realizarse a diferentes escalas: individuo (la huella ecológica de una persona), poblaciones (la huella ecológica de una ciudad, de una región, de un país,...), comunidades (la huella ecológica de las sociedades agrícolas, de las sociedades industrializadas, etc.). El objetivo fundamental de calcular las huellas ecológicas consiste en evaluar el impacto sobre el planeta de un determinado modo o forma de vida y, compararlo con la biocapacidad del planeta. Consecuentemente es un indicador clave para la sostenibilidad. La ventaja de medir la huella ecológica para entender la apropiación humana está en aprovechar la habilidad para hacer comparaciones. Es posible comparar, por ejemplo, las emisiones producidas al transportar un bien en particular con la energía requerida para el producto sobre la misma escala (hectáreas) (Wackernagel y Rees, 2001).

#### 7.1.3.B Disminución de las áreas de captación y acumulación en el municipio

Con el aumento de la población y de las actividades económicas, van disminuyendo muchas aguadas en el Municipio, como lo señala la Reserva de la Biosfera de Calakmul con el monitoreo de sus cuerpos de agua en el interior de sus poligonales, situación que afecta a la flora y fauna de la zona. Asimismo, muchos cuerpos de agua van disminuyendo sus caudales o bien su calidad. Otras aguadas prioritarias en lugar de localizarse en áreas de conservación se encuentran en áreas de aprovechamiento para actividades agropecuarias, existiendo una incongruencia en la priorización del recurso hídrico que debe estar rodeado de cobertura forestal para su mantenimiento.

### 7.1.3.C Ausencia de un sistema tarifario de consumo de agua

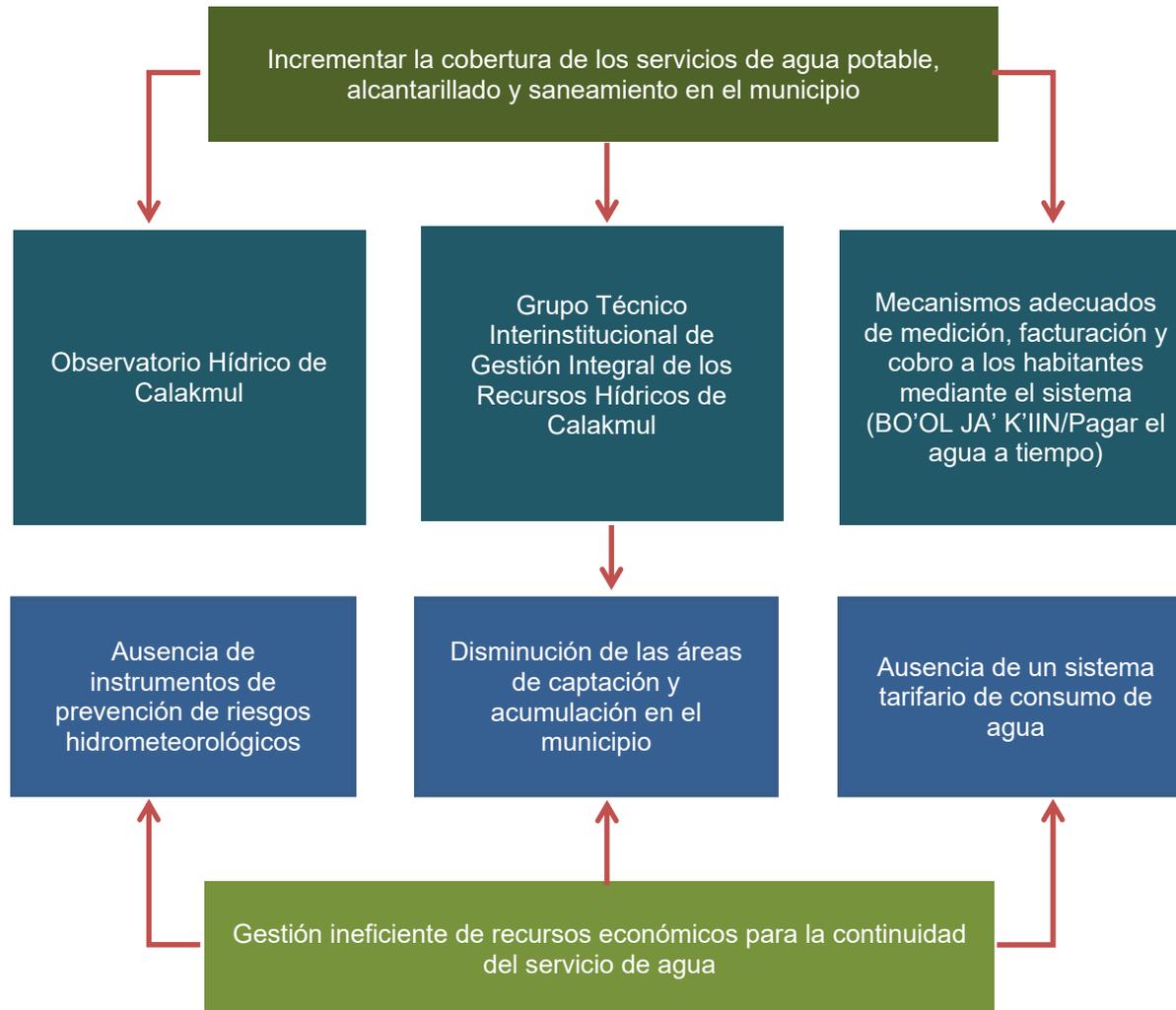
Según el Programa Nacional Hídrico 2007-2012 en los últimos 56 años el país redujo su disponibilidad anual de agua por habitante de 18 mil metros cúbicos a tan sólo 4 mil 416, lo que significa que en el año 2025, la disponibilidad de agua per cápita estará por debajo de los 3 mil 500 metros cúbicos, es decir, un nivel insuficiente de acuerdo con estándares internacionales.

Se afirma que el uso adecuado del agua es una cuestión cultural y que una pedagogía efectiva hace que los consumidores valoren la escasez del recurso y, por ende, reduzcan su aprovechamiento, sin embargo, según la hipótesis de Otto Granados Roldán, Director Asociado del Departamento de Ciencias Sociales y Humanidades del Instituto Tecnológico de Monterrey, Campus Aguascalientes, tal pensamiento es incorrecto porque el mercado no funciona así, por lo que sugiere que la reducción del consumo del agua y, por consecuencia, de la extracción, el derroche y el desperdicio, depende, entre otros, de que el agua suministrada a los usuarios tenga precios reales, que cambie la desproporcionada distribución actual del recurso entre sectores, que aumenten considerablemente los sistemas de tratamiento y reutilización, que se haga la infraestructura necesaria para garantizar el abasto a largo plazo y que los organismos operadores, públicos o privados, alcancen eficiencias tales que, en un determinado horizonte de tiempo, los aumentos tarifarios sean más lineales. Comenta que lo único que no se puede negar es que el agua vale y, por tanto, se tiene que pagar por ella.

En el municipio de Calakmul el costo del servicio de acueducto varía entre \$0 y \$50 por vivienda. En ocasiones la comunidad compra el agua al ayuntamiento a través del sistema de agua en pipas y su costo oscila entre \$100 y \$200 por pipa. Sin embargo, existe un plan de emergencia del Ayuntamiento para las épocas de estiaje, el cual es gratuito para los consumidores.

Se presentan casos dónde los usuarios dejan de pagar las cuotas, debido al discontinuo servicio y falta de conocimiento de la real tarifa del servicio de agua. En esta perspectiva, se percibe un desconocimiento por parte de la comunidad sobre la verdadera tarifa que debe pagar por los costos implicados en la administración y operación de un óptimo sistema de abastecimiento de agua para consumo humano.

### 7.3.2. Árbol de Problemas y Objetivos de Infraestructura



### 7.3.3.A Observatorio Hídrico de Calakmul

El Observatorio de Agua será un grupo conformado por ciudadanía y profesionistas interdisciplinarios del agua que se especializará en el análisis de temas vinculados al agua de relevancia local, regional y nacional, con el objetivo explícito de ofrecer ideas y aportar datos que sean relevantes a nivel de la toma de decisiones para la gestión hídrica.

El Observatorio de Agua permitirá conocer la cantidad y calidad del Agua presente en el Municipio y uno de sus temas principales será la Huella hídrica, cuyo objetivo es obtener resultados prácticos que permitan hacer un uso más eficiente de los recursos hídricos, teniendo en cuenta los procesos de cambio global.

### 7.3.3.B Grupo Técnico Interinstitucional de Gestión Integral de los Recursos Hídricos de Calakmul

Las instituciones de gobierno deben apoyar programas orientados a la investigación, la infraestructura y la tecnología necesaria para garantizar que la población satisfaga sus requerimientos del vital líquido, las instituciones académicas difundir y poner al servicio de la comunidad la información que generan mediante sus investigaciones, las fundaciones de financiamiento acompañar los procesos de desarrollo sustentable y sostenible, las organizaciones de la sociedad civil contribuir en el vínculo entre la población y las otras instancias, así como con la organización de la población, y la sociedad civil teniendo una participación activa en informarse, administrar y gestionar sus recursos. Aunque se tienen antecedentes de esfuerzos en miras de solucionar la problemática en torno al agua, éstos han presentado continuamente la falta de articulación institucional y la escasa participación de los actores sociales, quedándose en un diagnóstico de la situación y no en la aplicación de soluciones.

Los primeros diagnósticos en el Municipio de Calakmul se realizaron a partir de 1988, época en donde coincidieron momentos de agitación social, estancamiento económico y la declaratoria de la Reserva de la Biosfera de Calakmul, estos diagnósticos fueron realizados por parte de instituciones que deseaban intervenir en la región, sin embargo tenían una postura conservacionista y asistencial. Pronatura Península de Yucatán A.C. fue la primera en realizar diagnósticos de investigación básica que incluyó tanto aspectos sociales como ecológicos con la finalidad de obtener información que permitiera conocer los valores ambientales que se requerían para proteger y contribuir en la creación y consolidación de la Reserva de Calakmul (Boege, 2000). Se realizaron convenios con las principales instituciones de investigación de la Península de Yucatán: CINVESTAV- Mérida, ECOSFERA, Instituto de Ecología y PRONATURA. Con la información generada, se dio sustento a la declaratoria de la reserva y posteriormente se contribuyó a la propuesta del primer plan de manejo que realizó la Universidad Autónoma de Campeche.

Sin embargo, este diagnóstico y algunos posteriores tenían la limitante de representar instrumentos de evaluación del impacto de las propias organizaciones y no se compartían ni el método, ni los procesos ni los resultados con los actores y redes locales, funcionando como esfuerzos individuales y no articuladores, a pesar de ser interinstitucionales, en consecuencia carecían de indicadores de seguimiento e impacto social. A pesar de contar con el rigor científico de la investigación, estos documentos no son devueltos a la comunidad, y en su redacción están dirigidos a un público académico.

El Diagnóstico de la situación del Desarrollo en el Municipio de Calakmul impulsado por GTZ, 2005 representó un parteaguas en el sentido de un proceso participativo de realizar el diagnóstico en colaboración con la población local y reflejando sus necesidades inmediatas y estratégicas.

Algunas organizaciones que pueden integrarse en este organismo son:

- SMAPAC (Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado en Calakmul).- Satisfacer las necesidades y demandas de los usuarios del agua potable y alcantarillado del municipio de Campeche, ofreciendo el vital líquido en cantidad y calidad que la sociedad requiera.
- FONDO PARA LA PAZ Asegurar el acceso a servicios básicos en todas las comunidades.
- CNA (Comisión Nacional del Agua).- Administrar y preservar las aguas nacionales y sus bienes inherentes, para lograr su uso sustentable, con la corresponsabilidad de los tres órdenes de gobierno y la sociedad en general.
- CAPAE (Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado).- Intervenir en la planeación y presupuestación del sector hidráulico del estado de Campeche.
- CAPA (Comisión de Agua Potable y Alcantarillado).- Administrar eficientemente el recurso hídrico entregando con equidad, cantidad, calidad, competitividad y sustentabilidad, los servicios de agua potable, drenaje y saneamiento a los quintanarroenses. Se menciona porque CAPA brinda servicio a ejidos de la zona limítrofe.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas).- Conservar el patrimonio natural de México mediante las Áreas Naturales Protegidas y otras modalidades de conservación, fomentando una cultura de la conservación y el desarrollo sustentable de las comunidades asentadas en su entorno.
- SESA (Secretaría de Salud del Gobierno del Estado de Quintana Roo) Acceso universal a servicios integrales y de alta calidad que satisfagan las necesidades y respondan a las expectativas de la población.
- Pronatura: conservación de la flora, la fauna y los ecosistemas prioritarios, promoviendo un desarrollo de la sociedad en armonía con la naturaleza.

- IDESMAC (Instituto para el Desarrollo Sustentable en Mesoamérica, A. C.) Proponer junto con la propia población local, estrategias que posibiliten en el mediano plazo hacer una contribución a la superación de la pobreza y la conservación de los recursos naturales en el medio rural del Sureste de México.
- SANUT: brindar una solución a través del uso de simples eco-tecnologías de bajo costo que proveen a las familias con servicios elementales como agua y viviendas limpias.
- IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua) Producir, implantar y diseminar conocimiento, tecnología e innovación para la gestión sustentable del agua en México.

### 7.3.3.C Mecanismos adecuados de medición, facturación y cobro a los habitantes mediante el sistema (BO'OL JA' K'IIN/Pagar el agua a tiempo)

Antes de establecer un sistema de tarifas sobre el agua debe evaluarse la eficacia de los servicios existentes. En el peor de los casos, este conocimiento permitirá corregir la gestión y disminuir las pérdidas, bajando los costos y mejorando el servicio. La frase “agua para todos” representa una generalización de un servicio de calidad “aceptable”. Hacer frente al reto social y económico del acceso al agua y al saneamiento supone implementar sistemas técnicos y de gestión diversificados. Estos propondrán a cada uno niveles de servicio financieramente abordables (incluso si son parcialmente subsidiados mediante mecanismos de solidaridad) y no servicios que, aunque correspondan a normas generales de higiene, hábitat o urbanismo, son frecuentemente muy elevados para ser generalizadas en el corto plazo.

Estos niveles de servicio serán progresivamente mejorados en función de la demanda social y de las exigencias ambientales; los servicios se adaptarán a las capacidades financieras de los usuarios, pero las tarifas se establecerán de tal manera que permitan perennizar financieramente el conjunto del sistema técnico, de gestión y del medio ambiente. El costo del agua debe incluir los costos (corrientes y periódicos) de mantenimiento de la fuente, la amortización de los equipos, los gastos de funcionamiento y los costos de saneamiento (restitución de afluentes limpios al medio natural). Para las poblaciones, este costo se traduce directamente en las facturas de agua o indirectamente en los impuestos.

Cabe hacer la observación que los consumidores de la mayor parte de los países industrializados pagan el conjunto de costos recurrentes de los servicios de agua y saneamiento (funcionamiento, mantenimiento y servicio de la deuda). Ellos pagan así la mayor parte de los costos de inversión del agua y una parte importante y creciente (generalmente, más de la mitad) de los costos de inversión del saneamiento. Comparativamente, en los países en desarrollo los consumidores pagan mucho menos.

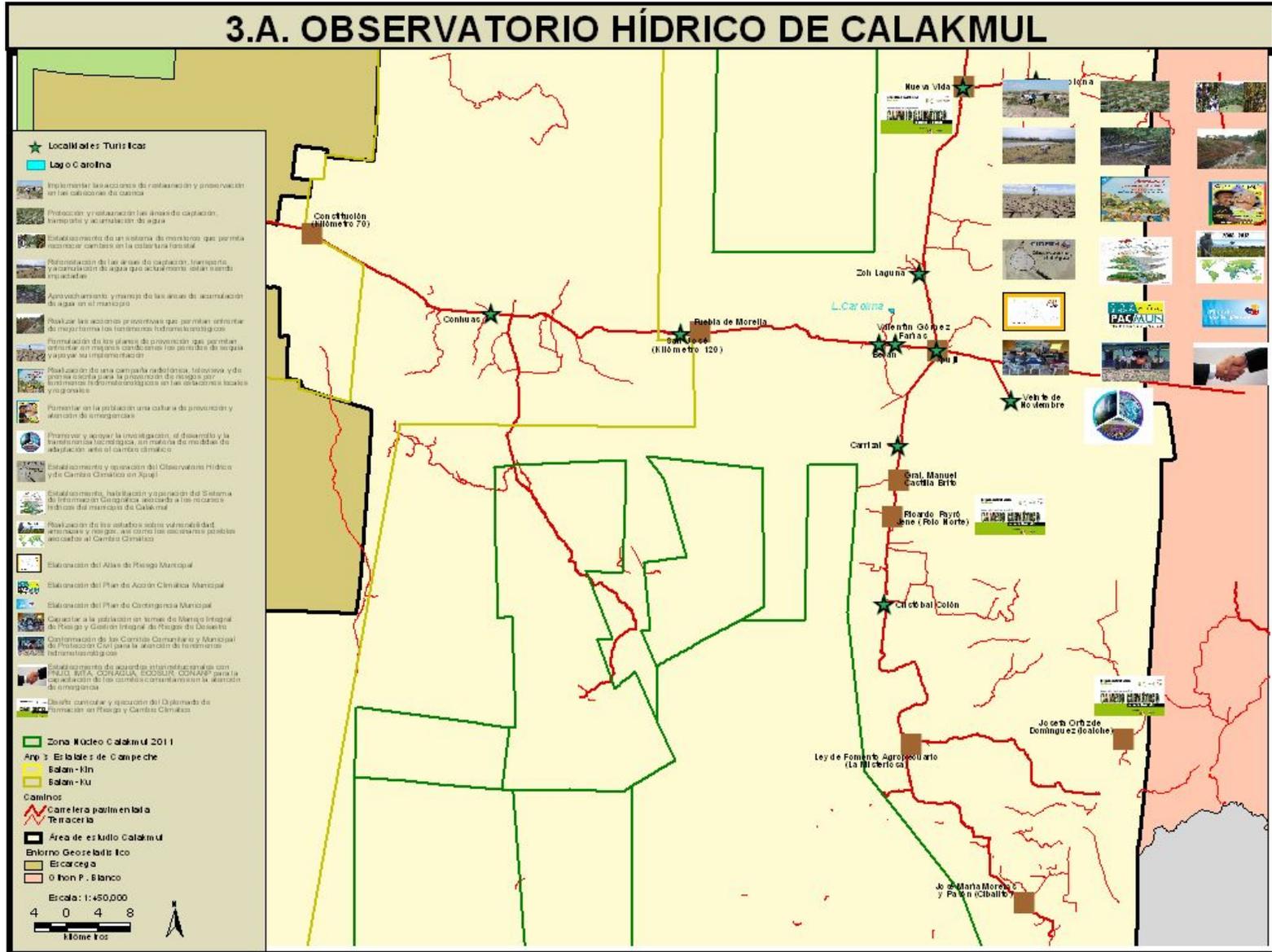
## 7.3.4 Matriz de Gestión y Planificación del Riesgo

### 7.3.4.A Observatorio Hídrico

<b>PROBLEMA ESTRATÉGICO 3:</b> Gestión ineficiente de recursos económicos para la continuidad del servicio de agua	
<b>EJE ESTRATEGICO 3:</b> Gestión y planificación del riesgo en los recursos hídricos	
<b>OBJETIVO ESTRATEGICO 3:</b> Adaptación y mitigación al Cambio Climático	
<b>ESTRATEGIA GENERAL 3:</b> Se integra el enfoque de Cambio Climático en la Planeación de la Gestión del Agua	
<b>Problema Estratégico 3.A</b> Ausencia de instrumentos de prevención de riesgos hidrometeorológicos	
<b>Línea Estratégica 3.A</b> Observatorio Hídrico de Calakmul	
<b>Estrategia específica 3.A</b> El Observatorio Hídrico es una figura que permite el monitoreo comunitario del recurso agua con la asesoría de instituciones académicas, gobierno y organizaciones de la sociedad civil fomentando una cultura de prevención de riesgos.	
<b>Meta 3.A</b> En el 2023 el Observatorio Hídrico cuenta con sistemas de información geográfica y análisis estadísticos, Atlas de Riesgos y PACMUN.	
<b>Indicador 3.A</b>	<b>Acciones Estratégicas</b>
En el 2019 se han desarrollado medidas de reducción y adaptación del riesgo asociado a la oferta y disponibilidad hídrica en el 100% de los ecosistemas clave.	3.A.1 Implementar las acciones de restauración y preservación en las cabeceras de cuenca, previstas en el Ordenamiento Territorial.
	3.A.1.1 Protección y restauración las áreas de captación, transporte y acumulación de agua en el municipio
	3.A.1.2 Establecimiento de un sistema de monitoreo que permita reconocer cambios en la cobertura forestal dentro de las áreas de captación, transporte y acumulación
	3.A.1.3 Reforestación de las áreas de captación, transporte y acumulación de agua que actualmente están siendo impactadas
	3.A.1.4 Aprovechamiento y manejo de las áreas de acumulación de agua en el municipio
	3.A.2 Realizar las acciones preventivas que permitan enfrentar de mejor forma los fenómenos hidrometeorológicos.
	3.A.2.1 Formulación de los planes de prevención que permitan enfrentar en mejores

	condiciones los periodos de sequía y apoyar su implementación.	
	3.A.2.2 Realización de una campaña radiofónica, televisiva y de prensa escrita para la prevención de riesgos por fenómenos hidrometeorológicos en las estaciones locales.	
	3.A.3 Fomentar en la población una cultura de prevención y atención de emergencias que incluyan información sobre las causas y efectos del cambio climático.	
	3.A.4 Promover y apoyar la investigación, el desarrollo y la transferencia tecnológica, en materia de medidas de adaptación ante el cambio climático.	
	3.A.4.1 Establecimiento y operación del Observatorio Hídrico y de Cambio Climático	
	3.A.4.2 Establecimiento, habilitación y operación del Sistema de Información Geográfica asociado a los recursos hídricos del municipio de Calakmul	
	3.A.5 Realización de los estudios sobre vulnerabilidad, amenazas y riesgos, así como los escenarios posibles asociados al Cambio Climático	
	3.A.5.1 Elaboración del Atlas de Riesgo Municipal	
	3.A.5.2 Elaboración del Plan de Acción Climática Municipal	
	3.A.5.3 Elaboración del Plan de Contingencia Municipal	
	3.A.6 Capacitar a la población en temas de Manejo Integral de Riesgo y Gestión Integral de Riesgos de Desastres	
	3.A.6.1 Conformación de los Comités Comunitario y Municipal de Protección Civil para la atención de fenómenos hidrometeorológicos.	
	3.A.6.2 Establecimiento de acuerdos interinstitucionales con PNUD, IMTA, CONAGUA, ECOSUR, CONANP para la capacitación de los comités comunitarios en la atención de emergencias	
	3.A.6.3 Diseño curricular y ejecución del Diplomado de Formación en Riesgo y Cambio Climático en las microrregiones de Josefa Ortiz, Ricardo Payró y Nueva Vida	
<b>Campo Actual 3.B:</b> Se cuenta con un Atlas de Riesgos Municipal, está en proceso de gestión el PACMUN y elaboración el PGV.	<b>Capacidades existentes:</b> IDESMAC, ECOSUR, Fondo para la Paz, Pronatura Península de Yucatán, CONAGUA, INECOL, CRIPX, EDIAL, PESA	<b>Financiadores potenciales:</b> CONAGUA, SEMARNAT, Fundación Gonzalo Río Arronte, PNUD e INECC

### 3.A. OBSERVATORIO HÍDRICO DE CALAKMUL

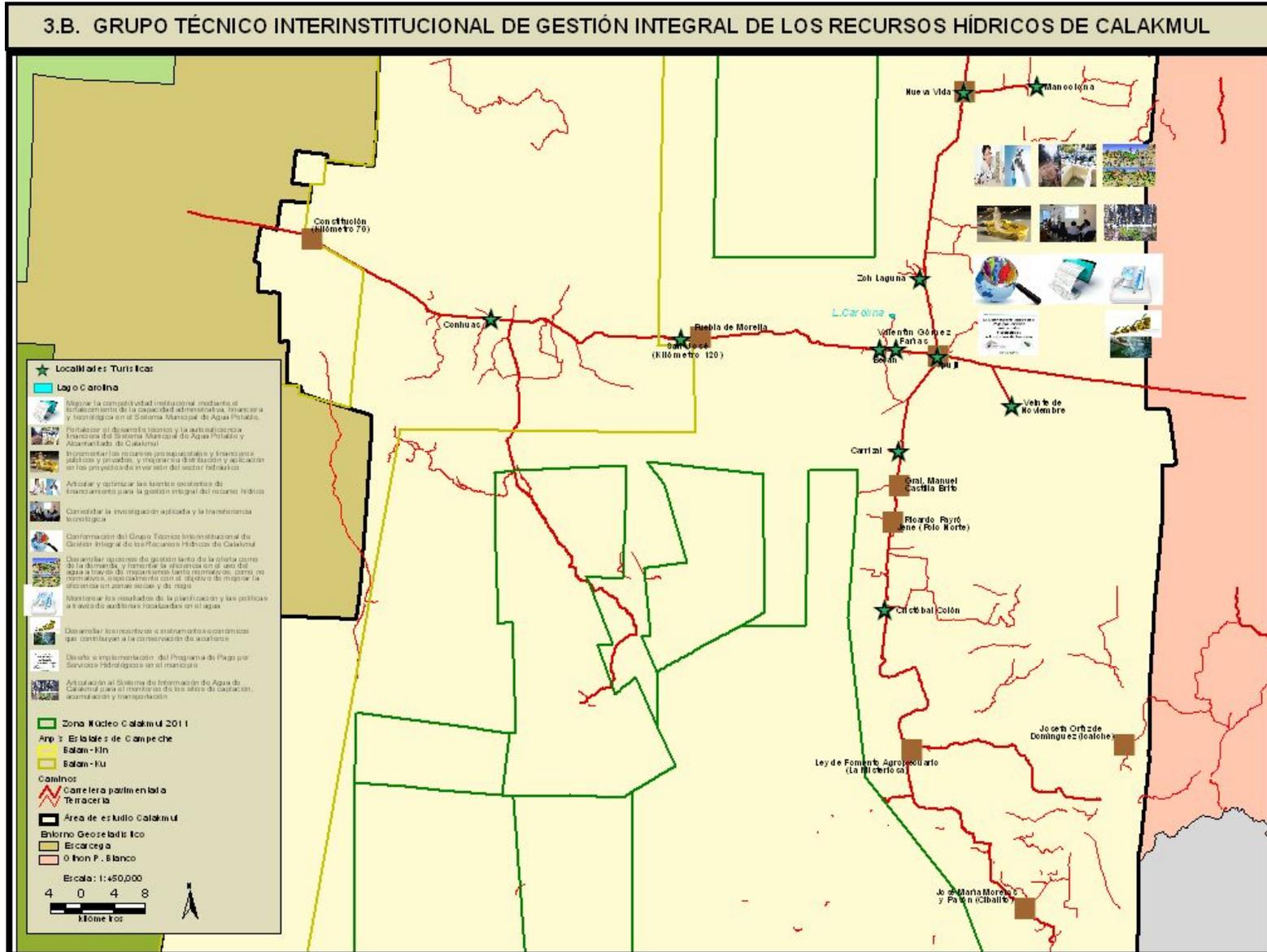


### 7.3.4.B Grupo Técnico Interinstitucional de Gestión Integral de Recursos Hídricos

<b>Problema Estratégico 3.B</b> Gestión insuficiente de recursos económicos para la continuidad del servicio de agua	
<b>Línea Estratégica 3.B</b> Grupo Técnico Interinstitucional de Gestión Integral de los Recursos Hídricos de Calakmul	
<b>Estrategia específica 3.B</b> El GTI - GIRH es un órgano asesor con un enfoque interdisciplinar	
<b>Meta 3.B</b> El GTI está plenamente identificado por el COMA y SMAPAC coordinando esfuerzos de gestión, seguimiento y evaluación.	
<b>Indicador 3.B</b>	<b>Acciones Estratégicas</b>
	3.B.1 Mejorar la competitividad institucional mediante el fortalecimiento de la capacidad administrativa, financiera y tecnológica del Sistema Municipal de Agua Potable (SMAPAC).
	3.B.2 Fortalecer el desarrollo técnico y la autosuficiencia financiera de SMAPAC
	3.B.3 Incrementar los recursos presupuestales y financieros públicos y privados, y mejorar su distribución y aplicación en los proyectos de inversión del sector hidráulico.
	3.B.4 Articular y optimizar las fuentes existentes de financiamiento para la gestión integral del agua.
	3.B.5 Consolidar la investigación aplicada y la transferencia tecnológica.
	3.B.6 Garantizar acuerdos colectivamente consensuados que involucren a las partes interesadas a nivel microrregional, y designar a responsables neutrales de las políticas gubernamentales.
	3.B.6.1 Conformación del Grupo Técnico Interinstitucional de Gestión Integral de Recursos Hídricos.
	3.B.7 Desarrollar gestión de la oferta y la demanda, y fomentar la eficiencia en el uso del agua.
	3.B.8 Monitorear los resultados de la planificación y las políticas del agua a través de auditorías.
	3.B.9 Desarrollar incentivos económicos que contribuyan a la conservación de acuíferos.
	3.B.9.1 Diseño e implementación del Programa de Pago por Servicios Hidrológicos en el municipio

	3.B.9.2 Articulación al Sistema de Información de Agua Municipal para el monitoreo de los sitios de captación, acumulación y transportación	
<b>Campo Actual 3.B:</b> Existen Consejos Asesores en otros sectores del Municipio: Forestal, RBC, Apícola.	<b>Capacidades existentes:</b> IDESMAC, ECOSUR, Fondo para la Paz, Pronatura Península de Yucatán, CONAGUA, INECOL, CRIPX, EDIAL, PESA	<b>Financiadores potenciales:</b> CONAGUA, SEMARNAT, Fundación Gonzalo Río Arronte, PNUD e INECC

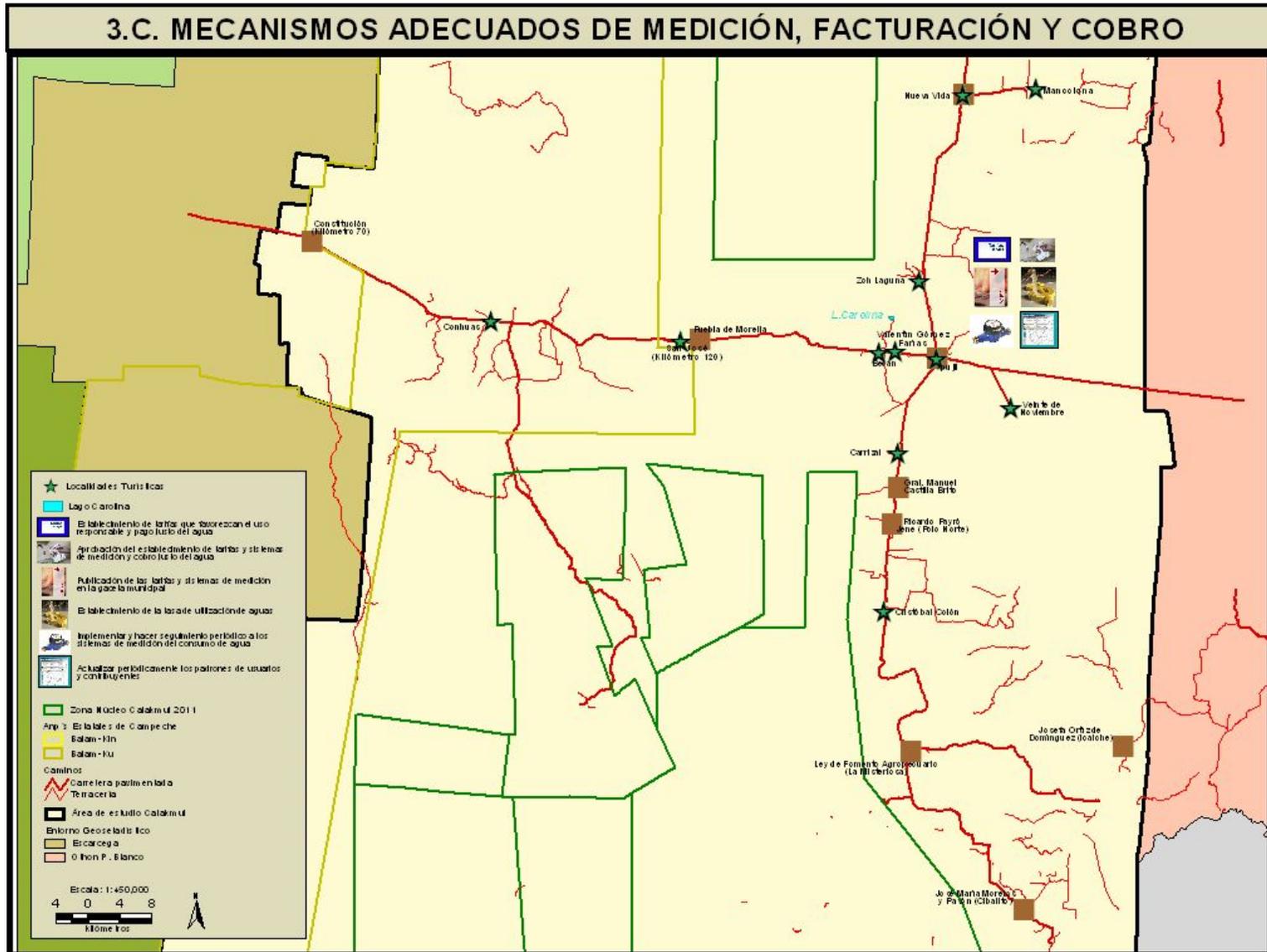
### 3.B. GRUPO TÉCNICO INTERINSTITUCIONAL DE GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS DE CALAKMUL



### 7.3.4.C Sistema Tarifario

<b>Problema Estratégico 3.C</b> Ausencia de un sistema tarifario de consumo de agua		
<b>Línea Estratégica 3.C</b> Mecanismos adecuados de medición, facturación y cobro a los habitantes mediante el sistema (BO'OL JA' K'IIN/Pagar el agua a tiempo)		
<b>Estrategia específica 3.C</b> Establecer un sistema tarifario que favorezca el uso responsable y el pago justo del agua con rendición de cuentas y transparencia.		
<b>Meta 3.C</b> Se cuenta con un sistema tarifario transparente, 100% aprobado por la población del Municipio y por tanto con pago justo y estímulo a esa responsabilidad.		
<b>Indicador 3.C</b>	<b>Acciones Estratégicas</b>	
	3.C.1 Establecimiento de tarifas que favorezcan el uso responsable y pago justo del agua	
	3.C.2 Aprobación del establecimiento de tarifas y sistemas de medición y cobro justo del agua por parte del Comité de Agua y del Consejo Municipal de Desarrollo Rural Sustentable de Calakmul	
	3.C.3 Publicación de las tarifas y sistemas de medición en la gaceta municipal	
	3.C.3 Establecimiento de la tasa de utilización de aguas con el fin de destinar dichos recursos al pago de los gastos de protección y renovación de los recursos hídricos	
	3.C.4 Implementar y hacer seguimiento periódico a los sistemas de medición del consumo de agua	
	3.C.5 Actualizar periódicamente los padrones de usuarios y contribuyentes	
<b>Campo Actual 3.C:</b> No existe el cobro del agua en el Municipio, sin embargo se contempla en la actual Administración	<b>Capacidades existentes:</b> IDESMAC, ECOSUR, Fondo para la Paz, Pronatura Península de Yucatán, CONAGUA, INECOL, CRIPX, EDIAL, PESA	<b>Financiadores potenciales:</b> CONAGUA, SEMARNAT, Fundación Gonzalo Río Arronte, PNUD e INECC

### 3.C. MECANISMOS ADECUADOS DE MEDICIÓN, FACTURACIÓN Y COBRO



## 7.4.1 Cultura del Agua escasa

### 7.4.1.A Ausencia de campañas de educación ambiental para el cuidado del agua

El agua representa aproximadamente el 70% del peso corporal de los seres humanos. Si una persona pierde 10% del agua de su cuerpo, su vida está en situación de riesgo. Y si pierde 20%, la condición es tan grave que puede morir. Se sabe que una persona debe ingerir al día una cantidad de agua que represente por lo menos 3% de su peso, lo que significa que el promedio necesario de agua por persona es de aproximadamente 2 litros al día.

El Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales otorga a todos los seres humanos el derecho a contar con agua suficiente, a precio asequible, físicamente accesible, segura y de calidad aceptable para usos personales y domésticos (Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales de las Naciones Unidas, artículos 11 y 12 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales).

Con esta declaración, en noviembre de 2002 se marcó un hito en la historia de los derechos humanos ya que, por primera vez, contar con agua segura fue reconocido de forma explícita como un derecho humano fundamental. En su Comentario General N.º 15 sobre el cumplimiento de los artículos 11 y 12 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, el Comité hizo notar que "el derecho humano al agua es indispensable para llevar una vida en dignidad humana" y señaló que "es un prerrequisito para la realización de otros derechos humanos".

Sin el acceso equitativo a un requerimiento mínimo de agua potable otros derechos fundamentales serían inalcanzables, como el derecho a un nivel de vida adecuado para la salud y para el bienestar, así como los derechos civiles y políticos. El agua es un derecho universal de mujeres y hombres. Se define mejor como el derecho al agua segura. Generalmente, se define como agua segura el agua apta para el consumo humano, de buena calidad y que no genera enfermedades. Con frecuencia es agua que ha sido sometida a algún proceso de potabilización o purificación casera. Sin embargo, determinar que un agua es segura sólo en función de su calidad no es suficiente.

La meta del agua segura es cumplir con las "6 C":

Agua Segura = cobertura + cantidad + calidad + continuidad + costo + cultura hídrica

**Cobertura:** El agua debe llegar a todas las personas sin restricciones. Nadie debe quedar excluido del acceso al agua de buena calidad.

**Cantidad:** Las personas deben tener acceso a una dotación de agua suficiente para satisfacer sus necesidades básicas: bebida, cocina, higiene personal, limpieza de la vivienda y lavado de ropa.

Calidad: En términos simples, con las palabras "calidad del agua de consumo" nos referimos a que el agua se encuentre libre de elementos que la contaminen y la conviertan en un vehículo de transmisión de enfermedades.

Continuidad: El servicio de agua debe llegar en forma continua y permanente. Lo ideal es disponer de agua durante las 24 horas del día. La no continuidad o el suministro por horas, además de ocasionar inconvenientes debido a que obliga al almacenamiento intradomiciliario, afecta la calidad y puede generar problemas de contaminación en las redes de distribución.

Costo: El agua es un bien social pero también económico, cuya obtención y distribución implica un costo. Este costo ha de incluir el tratamiento, el mantenimiento y la reparación de las instalaciones, así como los gastos administrativos que un buen servicio exige.

Cultura Hídrica: Es un conjunto de costumbres, valores, actitudes y hábitos que un individuo o una sociedad tienen con respecto al agua y su importancia para el desarrollo de todo ser vivo, la disponibilidad del recurso en su entorno y las acciones necesarias para obtenerla, tratarla, distribuirla, cuidarla y reutilizarla.

La problemática en torno a la cultura del agua en Calakmul es un tema de gran preocupación. Los acuíferos y ecosistemas siguen degradándose y la gente sigue sin tomar conciencia de la gran magnitud del acontecimiento, la razón de esta situación reside en la escasa –prácticamente nula– cobertura de educación ambiental, así como en la falta de campañas de concientización. Un hecho importante y lamentable es que hay una desvalorización del recurso hídrico, esto aunado a la falta de socialización del conocimiento acerca del agua, ya que si se informara a la población sobre todos los aspectos que engloba el agua, y lo que implica no cuidarla, la perspectiva de la gente probablemente cambiaría. Es imprescindible entender, que al ser el agua la sustancia esencial para la vida, a partir de ella surge todo, sin embargo, en su ausencia, no podría existir todo aquello a lo que llamamos "vida".

## **Salud**

El personal de salud distingue cinco categorías de enfermedades de origen hídrico:

- I. Enfermedades transmitidas por el agua contaminada: fiebre tifoidea, cólera, disentería, gastroenteritis y hepatitis infecciosa.
- II. Infecciones vinculadas a la falta de higiene en la piel y los ojos: tracoma, sarna, pian, lepra, conjuntivitis y úlceras.
- III. Enfermedades que se transmiten por contacto con el agua contaminada: esquistosomiasis y dracunculosis.
- IV. Afecciones transmitidas por insectos relacionados con el agua, como los mosquitos y los simúlidos.

V. Infecciones causadas por el saneamiento insuficiente: anquilostomiasis.

### **Implicaciones del agua dura en la salud**

La dureza total del agua es aportada en un 98% por los contenidos de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) y en menor grado por carbonato de magnesio ( $\text{MgCO}_3$ ). La presencia elevada de calcio y magnesio (con niveles superiores a 100 mg/l) puede provocar cálculos urinarios formados por la separación de los cristales contenidos en la orina. El tipo más común de los cálculos urinarios son los de calcio, compuesto con un oxalato, carbonatos, sulfato, etc.

Una dureza total hasta 50mg/l de calcio y magnesio se considera agua blanda, de 50 a 100 mg/l es considerada moderadamente dura; de 100 a 200 mg/l es agua dura; de 200 a 300 mg/l es muy dura y sobre 300 mg/l es extremadamente dura. En Calakmul la dureza total del agua en los cenotes varía entre 1849 mg/l y 2090 mg/l; dicha concentración excede por mucho los niveles permitidos por en la Norma Oficial Mexicana (NOM-127-SSA1-1994) en donde se establece un máximo de 200 mg/l.

### **Impacto de los sulfatos en el agua**

Una alta concentración de sulfato en agua potable tiene un efecto laxativo cuando se combina con calcio y magnesio, los dos componentes más comunes de la dureza del agua. El nivel máximo de sulfato sugerido por la Norma Oficial Mexicana (NOM-127-SSA1-1994) en la directriz de Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización es de 250 mg/l.

Al moverse el agua a través de formaciones rocosas y suelos que contienen minerales sulfatados, una parte del sulfato se disuelve en las aguas subterráneas. Algunos minerales que contienen sulfato incluyen el sulfato de magnesio, sulfato de sodio y el sulfato de calcio (yeso). Si el sulfato en el agua supera los 250 mg/l, un sabor amargo o medicinal puede hacer que sea desagradable beber esa agua. Los altos niveles de sulfato pueden también corroer tuberías, particularmente las de cobre. En áreas con altos niveles de sulfato, normalmente se utilizan materiales más resistentes a la corrosión para las tuberías, tales como tubos de plástico. En Calakmul la concentración de sulfatos en los cenotes varía entre 885 mg/l y 1171 mg/l. Las personas que no están acostumbradas a beber agua con niveles elevados de sulfato pueden experimentar diarrea y deshidratación. Los niños son a menudo más sensibles al sulfato que los adultos. Como precaución, aguas con un nivel de sulfatos superior a 400 mg/l no deben ser usadas en la preparación de alimentos para niños. Los animales también son sensibles a altos niveles de sulfato. En animales jóvenes, altos niveles pueden estar asociados con diarrea crónica y grave, y en algunos casos, la muerte. Como ocurre en los humanos, los animales tienden a acostumbrarse al sulfato con el tiempo.

### **Impacto de los fertilizantes nitrogenados**

El problema ambiental más importante relativo al ciclo del Nitrógeno es la acumulación de nitratos en el subsuelo que, por lixiviación, pueden incorporarse a las aguas subterráneas o bien ser arrastrados hacia los cauces y reservorios superficiales. La cantidad de nitratos que se lixivian hacia el subsuelo depende del régimen de pluviosidad y del tipo del suelo. La lixiviación es mayor cuando el suelo presenta un drenaje más alto. El nitrógeno es uno de los principales contaminantes de las aguas subterráneas. Es conocido que las plantas aprovechan únicamente un 50% del nitrógeno aportado en el abonado, esto supone que el exceso de nitrógeno se pierde, generalmente lavado del suelo por el agua que se filtra al subsuelo, siendo arrastrado hacia los acuíferos y ríos contaminando, por tanto, las aguas destinadas a consumo humano. La agricultura es uno de los principales factores de contaminación de aguas subterráneas por nitratos.

El gran problema de los nitratos para la salud radica en que pueden ser reducidos a nitritos en el interior del organismo humano, especialmente en los niños de menos de tres meses de edad y en adultos mayores con problemas de salud. Los nitritos producen la transformación de la hemoglobina a metahemoglobina. La hemoglobina se encarga del transporte del oxígeno a través de los vasos sanguíneos y capilares, pero la metahemoglobina no es capaz de captar y ceder oxígeno de forma funcional. La cantidad normal de metahemoglobina no excede el 2%. Entre el 5 y el 10% se manifiestan los primeros signos de cianosis.

Entre el 10 y el 20% se aprecia una insuficiencia de oxigenación muscular y por encima del 50% puede llegar a ser mortal. Una vez formados los nitritos, pueden reaccionar con las aminas, sustancias ampliamente presentes en nuestro organismo, originando las nitrosaminas, un tipo de compuestos cancerígenos. En las experiencias de laboratorio se ha comprobado que alrededor del 75 % de ellas pueden originar cánceres hepáticos.

También se ha podido comprobar que existe una correlación directa entre el consumo de alimentos o aguas con exceso de nitratos y los cánceres gástricos. Se ha comprobado que cuando las embarazadas ingieren cantidades altas de nitratos se eleva la mortalidad durante los primeros días de vida del hijo, principalmente debido a malformaciones que afectan al sistema nervioso central, al muscular o al óseo.

### **Impacto de los abonos fosfatados**

El problema ambiental de los fosfatos es, como el del nitrógeno, la eutrofización de las aguas. Los fosfatos son la mayor fuente de contaminación de lagunas y lagos y los altos niveles de fosfato promueven sobre-producción de algas y maleza acuática. Algunas investigaciones han demostrado que si el fertilizante se aplica adecuadamente, éste no contamina. Los fosfatos intencionados para la tierra contribuyen en la contaminación solamente si ocurre una erosión.

### **Educación Ambiental e Información de Salud**

La población en general desconoce los impactos para la salud que generan la dureza, los sulfatos, los coliformes fecales presentes en el agua. Esto se debe a la falta educación ambiental y cultura para el uso eficiente del recurso hídrico. La ausencia de información sobre el tratamiento del agua, el uso de cloro y los filtros caseros incrementa el riesgo de contraer enfermedades, disminuyendo así su calidad de vida.

De acuerdo a los resultados analíticos que se tienen de los cuerpos de agua subterráneas muestreados en esta región, se presentan características físico-químicas con elevada dureza total por encima de 1600 mg/l y con altas concentraciones de sulfatos por encima de 800 mg/l. Por lo cual se considera que el agua en los acuíferos dentro del municipio de Calakmul es de mala calidad para consumo humano, ya que no cumple con los límites permisibles establecidos en la Norma Oficial Mexicana (NOM-127-SSA1-1994) en la directriz de Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.

### **Intermitencia en el Acceso al Recurso**

El 82% de la infraestructura de distribución (red, válvulas y tuberías, entre otros) se encuentra en buenas condiciones; sin embargo la continuidad del servicio es baja comparada con los estándares nacionales e internacionales. La principal razón de la deficiencia en la continuidad del servicio es por los frecuentes cortes de energía eléctrica y daños en las líneas de conducción de energía eléctrica que impiden el encendido de la bomba de agua. En general, la continuidad es intermitente. En promedio es cada 3 días, aunque en algunos ejidos llega a tardar más de 15 días.

Otro factor es la falta de mecanismos de evaluación y seguimiento a los servicios lo que no genera una mejora en la calidad de los servicios otorgados.

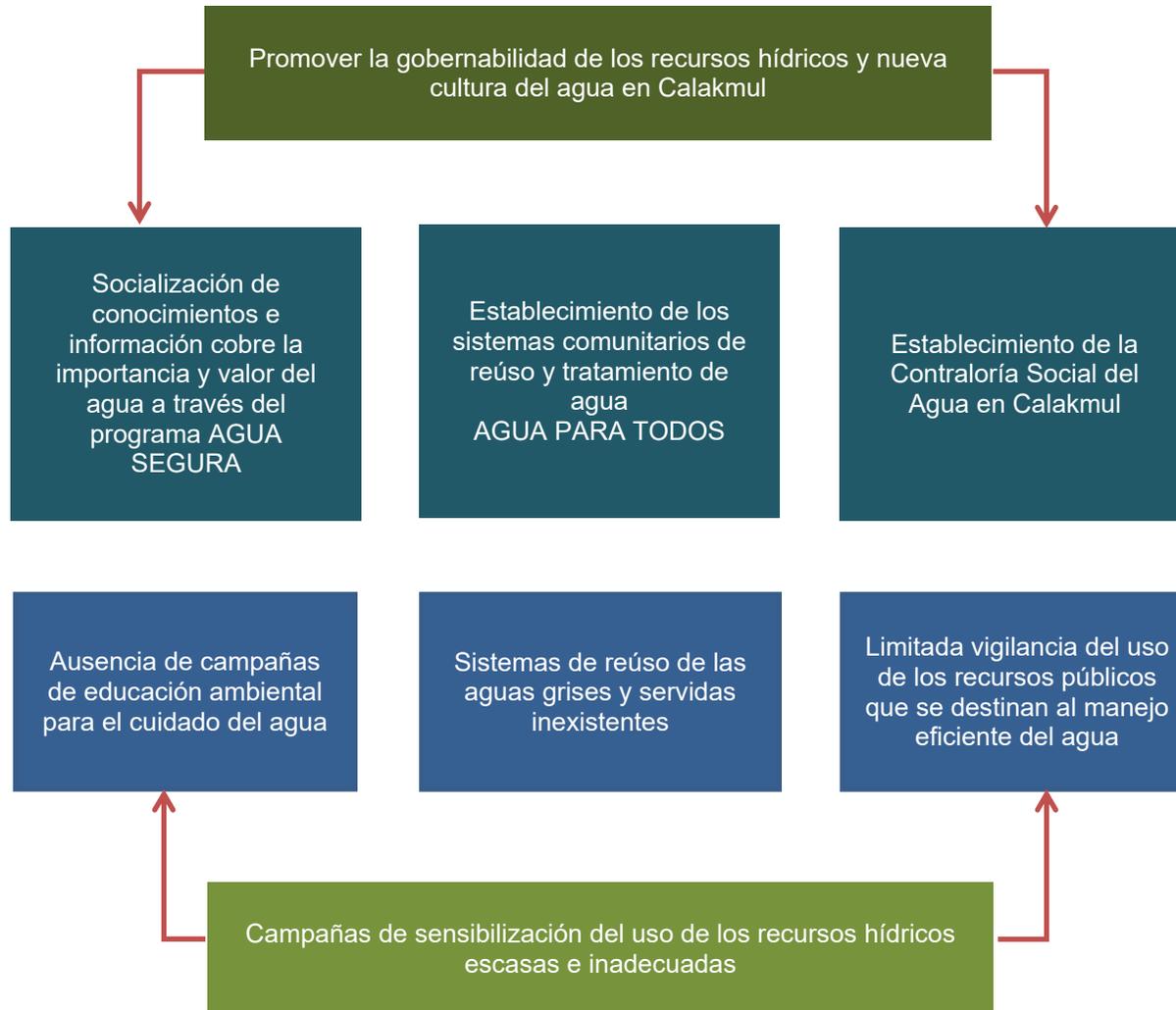
#### **7.4.1.B Sistemas de reúso de las aguas grises y servidas inexistentes**

Una de las problemáticas en el Municipio es la escasez del agua, que principalmente proviene de captaciones pluviales, debido a las altas concentraciones de metales en las aguas subterráneas, por ende debe garantizarse su uso y manejo adecuado, evitando derrocharlo. A pesar de la urgencia de garantizar su manejo adecuado en el Municipio son inexistentes los sistemas de reúso de agua a nivel comunitario.

#### **7.4.1.C Limitada vigilancia del uso de los recursos públicos que se destinan al manejo eficiente del agua**

Los ciudadanos principalmente por desconocimiento no ejercen su derecho de ser actores a quienes deben rendirse cuentas y existir transparencia en los recursos públicos. El caso del agua no es la excepción en el Municipio de Calakmul

### 7.4.2 Árbol de Problemas y Objetivos de Infraestructura



#### 7.4.3.A Socialización de conocimientos e información sobre la importancia y valor del agua a través del programa AGUA SEGURA

#### 7.4.3.B Establecimiento de los sistemas comunitarios de reúso y tratamiento de agua AGUA PARA TODOS

El reúso del agua residual es un proceso mediante el cual, este tipo de agua que proviene como producto de haber sido utilizada en cualquier tipo de actividades, sean domésticas, industriales o de otro tipo, sufre o no sufre un proceso de tratamiento y nuevamente es utilizada para la misma actividad o actividades similares u otros fines “es el aprovechamiento del agua previamente utilizada, una o más veces en alguna actividad para suplir las necesidades de otros usos”.

Se pretende desarrollar e implementar esquemas de gestión comunitaria para el uso y manejo responsable del agua, así como incentivar una cultura del agua que privilegie el ahorro y uso racional del recurso hídrico en el ámbito doméstico, industrial y agrícola, y establecer sistemas de tratamiento y reúso comunitario.

#### 7.4.3.C Establecimiento de la Contraloría Social del Agua en Calakmul

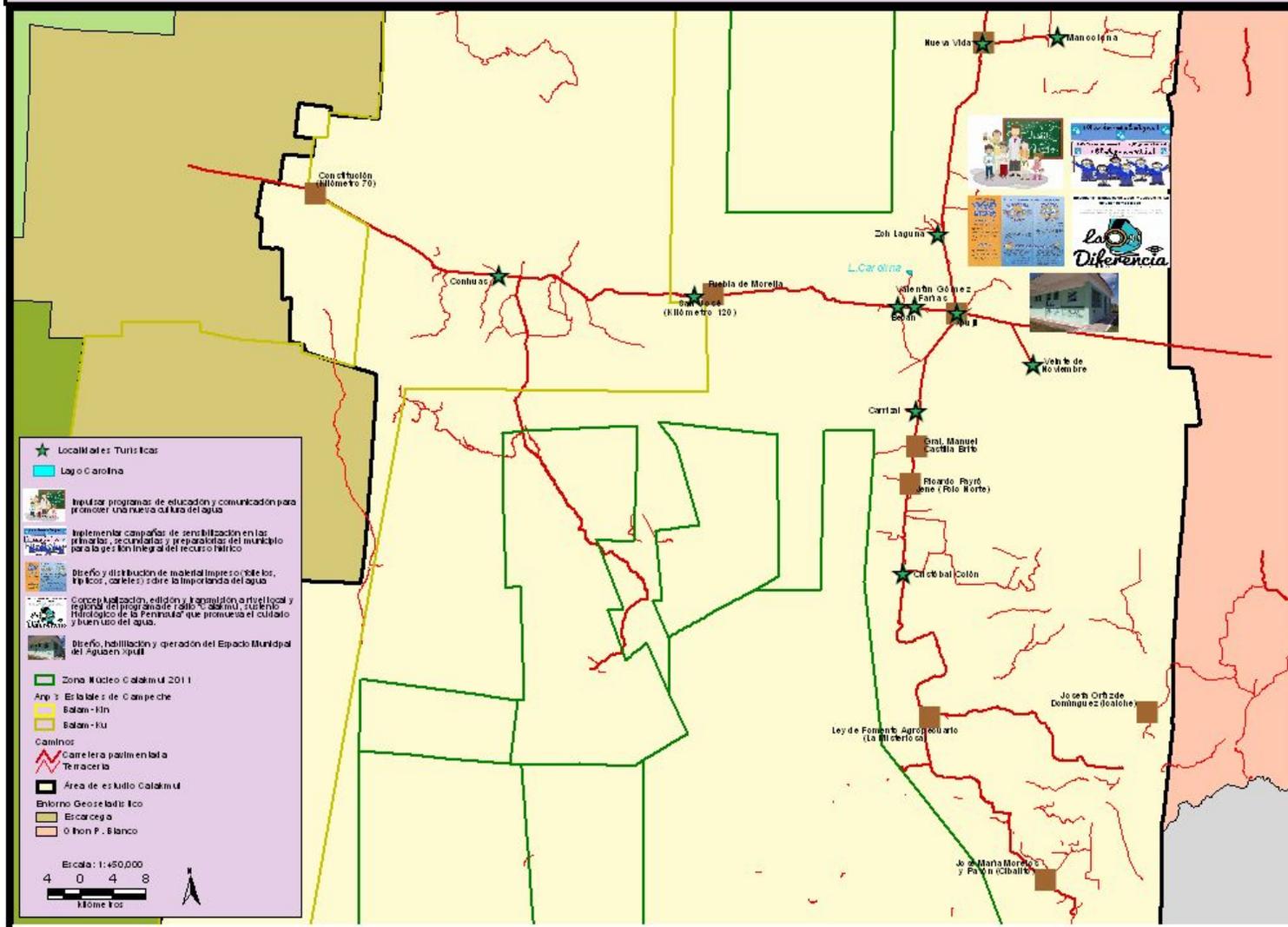
La Contraloría Social del Agua tendrá como objetivo, involucrar a la sociedad como vigilante para cuidar que las acciones de los programas de agua potable, alcantarillado y saneamiento, se apliquen correctamente durante la ejecución de las obras con el objeto de satisfacer sus necesidades.

## 7.4.4 Matriz de Cultura del Agua

### 7.4.4.A Campañas de concientización y Sensibilización

<b>PROBLEMA ESTRATÉGICO 4:</b> Campañas de sensibilización del uso de los recursos hídricos escasas e inadecuadas		
<b>EJE ESTRATEGICO 4:</b> Gobernabilidad y nueva cultura del agua		
<b>OBJETIVO ESTRATEGICO 4:</b> Consolidar la participación de los usuarios y sociedad en el manejo y buen uso del agua.		
<b>ESTRATEGIA GENERAL 4:</b> La participación de la población de Calakmul se convierte en un referente regional		
<b>Problema Estratégico 4.A</b> Ausencia de campañas de educación ambiental para el cuidado del agua		
<b>Línea Estratégica 4.A</b> Socialización de conocimientos e información sobre el valor del agua a través del programa AGUA SEGURA		
<b>Estrategia específica 4.A</b> El Programa Agua Segura permite campañas de educación ambiental, que tienen un impacto en la conciencia y sensibilización de la población del Municipio a través de medios escritos y audiovisuales.		
<b>Meta 4.A</b> En el 2023 se encuentra operando el Programa Agua Segura en el 80% del Municipio.		
<b>Indicador 4.A</b>	<b>Acciones Estratégicas</b>	
En el 2019 se han desarrollado medidas de reducción y adaptación del riesgo asociado a la oferta y disponibilidad hídrica en el 100% de los ecosistemas clave.	4.A.1 Impulsar programas de educación y comunicación para promover una nueva cultura del agua	
	4.A.1.1 Implementar campañas de sensibilización en las primarias, secundarias y preparatorias del municipio para la gestión integral del recurso hídrico	
	4.A.1.2 Diseño y distribución de material impreso (folletos, trípticos, carteles) sobre la importancia del agua	
	4.A.1.3 Conceptualización, edición y transmisión a nivel local y regional del programa de radio "Calakmul, sustento hidrológico de la Península".	
	4.A.1.4 Diseño, habilitación y operación del Espacio Municipal del Agua en Xpujil	
<b>Campo Actual 3.C:</b> Existen esfuerzos aislados de campañas de educación ambiental a cargo principalmente de la RBC.	<b>Capacidades existentes:</b> IDESMAC, ECOSUR, Fondo para la Paz, Pronatura Península de Yucatán, CONAGUA, INECOL, CRIPX, EDIAL, PESA	<b>Financiadores potenciales:</b> CONAGUA, SEMARNAT, Fundación Gonzalo Río Arronte, PNUD e INECC

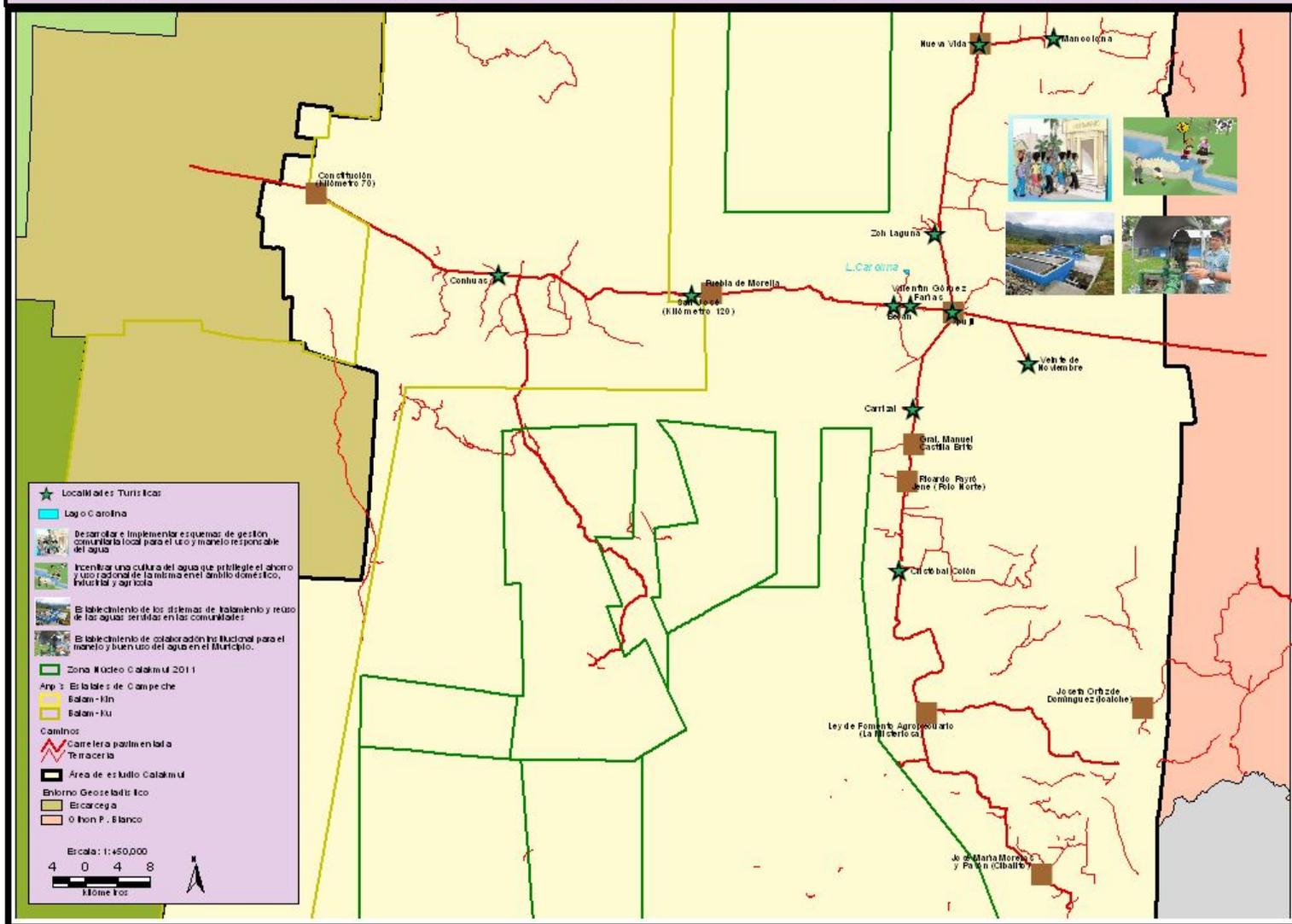
#### 4.A. SOCIALIZACIÓN DE CONOCIMIENTOS E INFORMACIÓN SOBRE LA IMPORTANCIA Y VALOR DEL AGUA A TRAVÉS DEL PROGRAMA AGUA SEGURA



#### 7.4.4.B Sistemas de reúso y tratamiento de Agua

<b>Problema Estratégico 4.B</b> Sistemas de reúso de las aguas grises y servidas inexistentes		
<b>Línea Estratégica 4.B</b> Sistemas comunitarios de reúso y tratamiento de agua (AGUA PARA TODOS)		
<b>Estrategia específica 4.B</b> El Programa Agua para Todos implica el establecimiento de sistemas de tratamiento y reúso del agua, que serán administrados a nivel comunitario.		
<b>Meta 4.B</b> En el 2023, el Programa Agua para Todos se encuentra operando en 12 comunidades del Municipio		
<b>Indicador 4.B</b>	<b>Acciones Estratégicas</b>	
En el 2019 se han desarrollado medidas de reducción y adaptación del riesgo asociado a la oferta y disponibilidad hídrica en el 100% de los ecosistemas clave.	4.B.2 Desarrollar e implementar esquemas de gestión comunitaria local para el uso y manejo responsable del agua	
	4.B.3 Incentivar una cultura del agua que privilegie el ahorro y uso racional de la misma en el ámbito doméstico, industrial y agrícola	
	4.B.3.1 Establecimiento de los sistemas de tratamiento y reúso de las aguas servidas en las comunidades de Conhúas, Zoh Laguna, 20 de Noviembre, La Mancolona, Becán, Valentín Gómez Farías, Cristóbal Colón, El Carrizal y Xpujil	
	Establecimiento de colaboración institucional para el manejo y buen uso del agua en el Municipio.	
	4.B.2 Desarrollar e implementar esquemas de gestión comunitaria local para el uso y manejo responsable del agua	
	4.B.3 Incentivar una cultura del agua que privilegie el ahorro y uso racional de la misma en el ámbito doméstico, industrial y agrícola	
<b>Campo Actual 3.C:</b> No existen sistemas de tratamiento y reúso en las comunidades del Municipio, aunque algunos hoteles ya cuentan con su sistema.	<b>Capacidades existentes:</b> IDESMAC, ECOSUR, Fondo para la Paz, Pronatura Península de Yucatán, CONAGUA, INECOL, CRIPX, EDIAL, PESA	<b>Financiadores potenciales:</b> CONAGUA, SEMARNAT, Fundación Gonzalo Río Arronte, PNUD e INECC

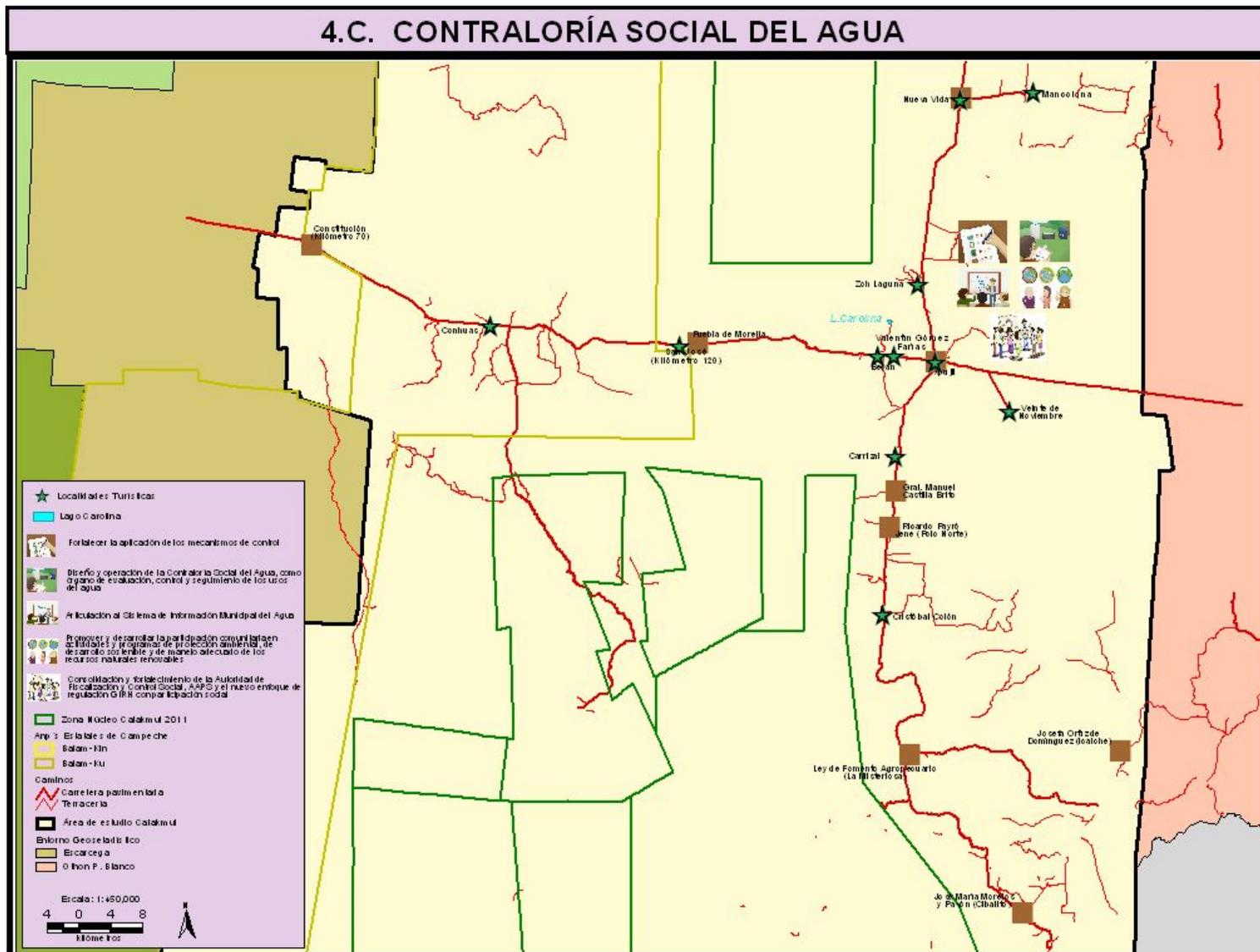
#### 4.B. SISTEMAS COMUNITARIOS DE REÚSO Y TRATAMIENTO DE AGUA (AGUA PARA TODOS)



#### 7.4.4.C Contraloría Social del Agua

<b>Problema Estratégico 4.C</b> Limitada vigilancia del uso de los recursos públicos que se destinan al manejo eficiente del agua		
<b>Línea Estratégica 4.C</b> Contraloría Social del Agua		
<b>Estrategia específica 4.C</b> Diseño y operación de la Contraloría Social del Agua, como órgano de evaluación, control y seguimiento de los usos del agua		
<b>Meta 4.C</b> En el 2019 se cuenta con un sistema de Contraloría Social del Agua funcional.		
<b>Indicador 4.C</b>	<b>Acciones Estratégicas</b>	
En el 2019 se han desarrollado medidas de reducción y adaptación del riesgo asociado a la oferta y disponibilidad hídrica en el 100% de los ecosistemas clave.	4.C.1 Fortalecer la aplicación de los mecanismos de control	
	4.C.1.1 Diseño y operación de la Contraloría Social del Agua, como órgano de evaluación, control y seguimiento de los usos del agua	
	4.C.1.2 Articulación al Sistema de Información Municipal del Agua	
	4.C.2 Promover y desarrollar la participación comunitaria en actividades y programas de protección ambiental, de desarrollo sostenible y de manejo adecuado de los recursos naturales renovables	
	4.C.2.1 Consolidación y fortalecimiento de la Autoridad de Fiscalización y Control Social, AAPS y el nuevo enfoque de regulación GIRH con participación social	
<b>Campo Actual 4.C:</b> No se tiene un mecanismo comunitario de Contraloría Social.	<b>Capacidades existentes:</b> IDESMAC, ECOSUR, Fondo para la Paz, Pronatura Península de Yucatán, CONAGUA, INECOL, CRIPX, EDIAL, PESA	<b>Financiadores potenciales:</b> CONAGUA, SEMARNAT, Fundación Gonzalo Río Arronte, PNUD e INECC

## 4.C. CONTRALORÍA SOCIAL DEL AGUA



## 7.5 PROBLEMAS PARTICULARES

### 7.5.1 Problemáticas por zonas municipales

El acueducto #1 requiere cambios en los interruptores de seguridad y requiere de personal técnico de la empresa de agua para cubrir las atenciones que demanda el sistema del acueducto. Existen graves problemas para mantener el servicio de luz eléctrica en todo el municipio. Se cuenta con sanitarios que hacen uso del agua para evacuar los desechos; sin embargo, el sistema de drenaje instalado es menor, lo que impacta en el manto freático y en consecuencia en el agua superficial y subterránea. Los habitantes del municipio de Calakmul evaluaron la calidad del agua según su percepción en una escala de 0 a 2; donde 0 es mala calidad, 1 regular y 2 es buena.

#### 7.5.1.1 ZONA CENTRO

Solamente un 7% de la población de la microrregión de Xpuhil tiene acceso a los acueductos. En el ejido de Gustavo Díaz Ordaz es necesaria una coordinación en cuanto a la cobertura de los servicios de luz y agua que proporcionan los gobiernos del estado de Campeche y el de Quintana Roo respectivamente. Existe una planta purificadora en el ejido de 20 de Noviembre, la cual se encuentra actualmente sin funcionamiento. La calidad del agua en esta región por parte de los habitantes se percibe como regular obteniendo en promedio un valor de 1.26.

#### 7.5.1.2 ZONA SUR

El ejido de El Manantial, en la microrregión de Ricardo Payró, es la única comunidad que no cuenta con captadores de agua de lluvia. En la microrregión de Castilla Brito se cuenta con el sistema de acueductos, sin embargo en ningún ejido está en funcionamiento por problemas técnicos que no han solucionado; al igual que El Manantial, La Victoria y La Virgencita pertenecientes a la microrregión de Ricardo Payró. Las plantas purificadoras de Centauro del Norte y La Virgencita (microrregión de Ricardo Payró) se encuentran fuera de servicio. En general la población considera que la calidad del agua en esta zona es regular (1.1 en la evaluación realizada en este rubro). Sin embargo, en los ejidos de Sacrificio y San José en la microrregión de Ley de Fomento se percibe una mala calidad de recurso, ya que en promedio le asignaron un valor de 0.5.

#### 7.5.1.3 ZONA SURESTE (LIMÍTROFE)

La línea del acueducto en la Lucha 2, ubicada en la microrregión de Josefa Ortiz de Domínguez, está fuera de servicio; sin embargo, toda la microrregión de El Civalito carece de esta infraestructura, así como cuatro comunidades ubicadas de Josefa Ortiz de Domínguez: Bella Unión, Carlos A. Madrazo, Dos Aguadas, Hermenegildo Galeana, Josefina Ortiz de Domínguez, Guillermo Prieto.

Asimismo, los siguientes ejidos pertenecientes a la microrregión de El Civalito aún no cuentan con captadores de agua pluvial: Lázaro Cárdenas (Ojo de Agua), Los Alacranes, Pioneros del Río, Dos Lagunas Sur.

La calidad del agua de acuerdo a la percepción de la población perteneciente a la zona limítrofe es considerada regular, habiéndola calificado con 1.3 en promedio. Sin embargo, en la comunidad de 21 de Mayo el promedio es de 0.3, lo cual representa una mala calidad.

#### *7.5.1.4 ZONA NORTE*

Un tramo de la tubería del acueducto #3 Zona Norte está rota. Ricardo Flores Magón es el único ejido que no cuenta con el sistema de acueducto ni aljibe comunitario. El acueducto en la comunidad de El Refugio es subutilizado porque la población considera que el agua es de mala calidad, siendo calificada con una puntuación de 0.6 en promedio de las encuestas realizadas. Los ejidos de Dos Lagunas Norte, El Refugio y Nueva Vida no cuentan con captadores de agua pluvial. Debido a la alta concentración de yeso en el agua el porcentaje de consumo de agua de pozo y de laguna en Nuevo Becal es muy bajo, la calidad del agua en esta comunidad se percibe como mala, siendo 0.9 la puntuación asignada en promedio por los pobladores. De acuerdo a los análisis realizados por la CONAGUA el arroyo ubicado en Nuevo Becal la dureza del agua y el contenido de sulfatos exceden los límites recomendados por la Norma Oficial Mexicana (NOM-127-SSA1-1994, 1994). Ya que las muestras presentan un alto contenido de sales, principalmente de calcio y sulfatos, también se observa la presencia de coliformes de origen fecal.

La percepción de una mala calidad de agua, 0.6 en promedio, también se presentó en la comunidad de Nueva Vida. En contraste en esta zona se encuentran dos lagunas que cumplen con los estándares de calidad establecidos en la Norma Oficial Mexicana (NOM-127-SSA1-1994, 1994): Bel Ha y Flores Magón (ver Tabla 32). Las muestras tomadas en la Laguna Valeriana, en Bel Ha, y en la Laguna Flores Magón presentan bajo contenido de sales; sin embargo, se observa presencia de coliformes de origen fecal.

#### *7.5.1.5 ZONA OESTE*

Todos los ejidos de esta zona cuentan con la instalación del acueducto. La microrregión de Puebla de Morelia carece de aljibes. Mientras que la de Constitución no posee captadores de agua; así como los ejidos de Castellot, Chichonal y Felipe Ángeles 2, pertenecientes a la microrregión de Puebla de Morelia. La población del ejido de Puebla de Morelia considera tener la peor calidad de agua en todo el municipio, en promedio los habitantes le dieron un valor de 0.25. Las otras dos comunidades que consideran mala calidad de agua son Emiliano Zapata y Felipe Ángeles 2. En la microrregión de Constitución se considera tener una buena calidad de agua, ya que en promedio se obtuvo una puntuación de 1.73 por parte de todos los ejidos.

## 8 LITERATURA CITADA

-Arrojo, Pedro. 2005. Lo público y lo privado en la Gestión del Agua: Experiencias y reflexiones para el siglo XXI. Madrid: Ediciones de Oriente y del Mediterráneo (Fundación Alternativas) (Véase también su capítulo en Barkin, 2006, citado abajo).

-Barkin, D., 2013. *Viviendo el pacto fáustico*. La resiliencia perversa frente al cambio climático. VEREDAS. Revista del Pensamiento Sociológico. UAM-Xochimilco. México, D. F. páginas 7-19

-Barkin, D., 2008. *La Economía Ecológica: Aportación al Análisis Institucional*. Preparado para conferencia: "Fronteras del Análisis Económico de las Instituciones" en la Universidad Autónoma Metropolitana, 17-18 noviembre 2008.

-Barkin, D., (comp.), 2006. *La Gestión del Agua Urbana en México: Retos, debates, bienestar*.

México: Universidad de Guadalajara.

-Barkin, David., 2001. *Innovaciones Mexicanas en el Manejo del Agua*. México: Universidad Autónoma Metropolitana.

- Borja-Vega, Christian y Alejandro de la Fuente (2013), "Municipal Vulnerability to Climate Change and Climate-Related Events in Mexico", World Bank Policy Research Working Paper 6417, Washington, DCDC, World Bank.

-Descroix, L. 2004. *Propiedad privada y pública, gestión colectiva: ¿Y la política patrimonial?* In: Descroix, L. J.L., González, B. y J. Estrada, A. La Sierra Madre Occidental, una fuente de agua amenazada. INIFAP, IRD. Gómez Palacio, Durango, México. 300 p.

-Domínguez, S., J., 2007. *La Gobernanza del Agua en México y El Reto de La Adaptación en Zonas Urbanas: El caso de La Ciudad de México*. Centro de Estudios Demográficos, Urbanos y Ambientales. El Colegio de México.

-Fuente

-García, G., G., Palacio, P., J., Ortiz, P., M. 2002. *Reconocimiento geomorfológico e hidrográfico de la Reserva de la Biosfera Calakmul, México*. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM Núm. 48, 2002, pp. 7-23.

- García Gil, G. y J. Pat, (2001), "Apropiación del espacio y colonización de la selva en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche", Revista Mexicana del Caribe, año V, núm. 10, México, pp. 212-231.

- Georgescu-Roegen, Nicholas (1976). *The Law and the Economic Process*. Harvard University Press, Cambridge, MA.
  
- Gobierno del Estado. (2005). *Estructura Urbano Turística de Calakmul*. Campeche, México.
  
- GTZ. 2005. *Diagnóstico de la Situación del Desarrollo en el municipio de Calakmul, Campeche*. México.
  
- Huella Hídrica. Water Footprint Network.  
<http://www.huellahidrica.org/?page=files/home>
  
- IDESMAC. 2012. *Ordenamiento Territorial del Municipio de Calakmul, Campeche*. Calakmul, México.
  
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (2009), “Perspectivas de la gestión del agua en México al año 2025”, Serie Estudios Prospectivos, Jiutepec, Mor., IMTA [<http://semarnat.janium.net/janium/Documentos/48133.pdf>].
- INE. 2000. *Programa de Manejo Reserva de la Biósfera Calakmul*. Instituto Nacional de Ecología, D.F., México.
  
- INEGI. 1996. *Anuario estadístico del estado de Campeche*. Gobierno del Estado de Campeche. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Campeche, México.
  
- IPCC, 2013. *Climate Change The Physical Science Basis*. Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Edited by Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G-K, Tignor, M., Allen, S., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P. Working Group I Technical Support Unit.
  
- MARCO JURÍDICO DEL AGUA. <http://www.AGUA.org.mx> Centro Virtual de Información del Agua.
  
- Martínez-Alier, 1998. CURSO DE ECONOMÍA ECOLÓGICA. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Red de Formación Ambiental.
  
- Martínez, E., Sousa, M., & Ramos, C. (2001). Listados Florísticos de México. XXII Región de Calakmul, Campeche. México D.F.: UNAM.
  
- Martínez-Austria, Polioptro F. (2007), “Efectos del cambio climático en los recursos hídricos de México”, Jiutepec, Mor., IMTA [<http://www.imta.mx/gaceta/anteriores/g07-11-2007/gaceta-imta-07.pdf>].

- National Geographic. Sustentabilidad. Huella Hídrica: Un indicador estratégico. Número de Abril del 2012. <http://www.nationalgeographic.com.es/>
- NOM-127-SSA1-1994. (1994).
- Ortiz Rendón, Gustavo. 1998. *“Aspectos Relevantes de la Política del Agua en México, en el marco de desarrollo sustentable”*. Ponencia presentada en la Conferencia Internacional "Agua y Desarrollo Sostenible", París - 19/20/21 de Marzo de 1998.  
<http://www.oieau.fr/ciedd/contributions/at2/contribution/rendon.htm>
- Rockström, Johan et al. (2009), “Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity”, *Ecology and Society*, vol. 14(2), art. 32 <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>.
- Saldívar, A. (2007). *Las aguas de la ira: Economía y cultura del agua en México ¿sustentabilidad o gratuidad?* México, DF: Facultad de Economía, UNAM.
- Sneddon, Chris; Richard B. Howarth y Richard B. Norgaard (2006), “Sustainable development in a post-Brundtland world”, *Ecological Economics*, vol. 57, núm. 2, pp. 253-268.
- Toledo, Víctor. M. (2008), *“Metabolismos rurales: hacia una teoría económico-ecológica de la apropiación de la naturaleza”*, *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, núm 7.
- Wackernagel, Mathis y Rees, William, 2001. *Nuestra Huella Ecológica*, LOM, Santiago de Chile. [http://www.ulibros.cl/estudio/huella\\_ecologica.htm](http://www.ulibros.cl/estudio/huella_ecologica.htm)  
<http://www.footprintnetwork.org>

Acuerdos Municipales para la Gestión Hídrica de Calakmul  
Consejo Municipal de Desarrollo Rural Sustentable  
Instituto para el Desarrollo Sustentable en Mesoamérica, A.C.  
Calakmul, Campeche  
2014