



## **E2. Diagnóstico de Prácticas de Riego y Coordinación con Organizaciones Locales**

### **FOMENTO DE TECNOLOGÍAS DE RIEGO SOSTENIBLE:**

**Una perspectiva del nexo agua-energía-alimentos para la reducción del riesgo climático de pequeños agricultores en alto riesgo climático en los municipios de Rabinal y San Miguel Chicaj en el corredor seco del departamento de Baja Verapaz, Guatemala.**

Preparado para:



Fecha: 16 de Mayo, 2025

TTA Ref: CI-24-0029

Versión: 1.1

Nombre del proyecto:	Fomento de tecnologías de riego sostenible: una perspectiva del nexo agua-energía-alimentos para la reducción del riesgo climático de pequeños agricultores en alto riesgo climático en los municipios de Rabinal y San Miguel Chicaj en el corredor seco del Departamento de Baja Verapaz, Guatemala.		
Cliente:	CTCN, UNON		
Consultor:	Trama TecnoAmbiental S.L.		
Código de Proyecto:	UNEP/2024/482 TTA CI-24-0029		
<b>E2: DIAGNÓSTICO DE PRÁCTICAS DE RIEGO Y COORDINACIÓN CON ORGANIZACIONES LOCALES</b>			
<b>Documentos Relacionados</b>	<b>Tipo de documento</b>	<b>Borrador/Final</b>	<b>Fecha de entrega</b>
Plan de Trabajo Plan de Monitoreo y Declaración de Impacto Línea base del AFCIA Tracker	Word y Excel	Final	9 de febrero, 2025
Financiado por:	Este proyecto es financiado por el Fondo de Adaptación a través del Acelerador de Innovación Climática (AFCIA), implementado por el CTCN.		

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>2</b>
2.1. Objetivo del documento .....	2
2.2. Contexto del estudio .....	2
2.3. Estructura del reporte .....	5
<b>3. MAPEO DE ACTORES.....</b>	<b>6</b>
3.1. Identificación de actores clave.....	6
3.2. Grupo de Trabajo de Partes Interesadas .....	7
3.3. Reunión inicial de coordinación interinstitucional en San Miguel Chicaj .....	9
3.3.01. Diagnóstico participativo durante reunión inicial .....	10
3.3.02. Resultados de la interacción con actores locales.....	10
3.4. Reunión inicial de coordinación interinstitucional en Rabinal.....	12
3.4.01. Diagnóstico participativo durante reunión inicial .....	13
3.4.02. Resultados de la interacción con actores locales.....	13
3.5. Matriz de poder e interés de los actores clave .....	15
<b>4. ACTORES CLAVE.....</b>	<b>21</b>
4.1. Instituciones Públicas .....	21
4.1.01. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.....	21
4.1.02. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.....	25
4.1.03. Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nutricional .....	29
4.2. Dirección Municipalidad de Planeación .....	30
4.3. Dirección Municipal de la Mujer en San Miguel Chicaj.....	31
4.4. Dirección Municipal de la Mujer en Rabinal .....	33

4.5.	Cooperación Internacional: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura	35
4.6.	Academia: Universidad de San Carlos-CunBAV .....	37
4.7.	Organizaciones Basadas en la Comunidad .....	39
4.7.01.	Consejos Comunitarios de Desarrollo .....	40
4.7.02.	Centros de Aprendizaje para el Desarrollo Rural .....	41
4.7.03.	Asociación Qachuu Aloom.....	43
4.7.04.	Asociación 13 de Marzo .....	44
4.7.05.	Asociación de Comités de Producción Comunitaria .....	46
4.8.	Instituciones Financieras .....	49
<b>5.</b>	<b>COLABORACIONES ESTRATÉGICAS LOCALES.....</b>	<b>54</b>
5.1.	Construcción de confianza y establecimiento de compromisos.....	54
5.2.	Organizaciones locales aliadas: potencial de colaboración expresada .....	56
5.2.01.	Qachuu Aloom .....	56
5.2.02.	Universidad de San Carlos de Guatemala .....	56
5.2.03.	COCODE .....	56
5.2.04.	CADER.....	57
5.2.05.	Asociación de Comités de Producción Comunitaria .....	57
5.2.06.	Instituciones financieras locales.....	58
5.3.	OTROS ACTORES POTENCIALES .....	58
5.3.01.	Instituciones públicas .....	58
5.3.02.	Organismos internacionales.....	59
5.3.03.	Sector académico y de investigación .....	60
5.3.04.	Organizaciones comunitarias y ONGs .....	61
5.3.05.	Sector privado y financiero .....	61
5.4.	Estrategia para incorporación progresiva .....	62

<b>6.</b>	<b>DIAGNÓSTICO DE PRÁCTICAS DE RIEGO .....</b>	<b>63</b>
6.1.	Perfil de los productores encuestados.....	63
6.2.	Análisis de la producción agrícola en pequeños productores .....	63
6.3.	Comparación de temporadas de cultivo en Guatemala: hortalizas vs. granos básicos.....	66
6.4.	Rotación de cultivos .....	67
6.5.	Canales de comercialización y principales barreras.....	68
6.6.	Fuentes principales de agua para riego .....	69
6.7.	Tipo de riego utilizado .....	71
6.8.	Frecuencia de riego y disponibilidad de agua .....	71
6.9.	Horarios de riego y compatibilidad con los cultivos .....	72
6.10.	Participación por género en las jornadas de riego .....	73
6.11.	Acceso a asistencia técnica y capacitación en gestión del agua y riego .....	75
6.12.	Principales dificultades en el acceso al agua para riego y problemas recurrentes en la infraestructura 75	
6.13.	Costos asociados al riego .....	76
6.14.	Uso de agua vs. lo que realmente necesitan los cultivos.....	76
6.15.	Consumo de electricidad para bombeo y uso doméstico.....	79
6.16.	Percepción de costos y necesidades de inversión en infraestructura de riego.....	80
6.17.	Disposición hacia la adopción de tecnologías de riego eficientes .....	81
6.18.	Formas de financiamiento utilizadas para sistemas de riego .....	81
6.19.	Sistemas de almacenamiento de agua y suficiencia para el riego.....	82
6.20.	Percepción del cambio climático, impacto de la sequía y efectos sobre la producción.....	84
6.21.	Estrategias de adaptación implementadas frente a la variabilidad climática .....	85
<b>7.</b>	<b>DIMENSIONES DE ANÁLISIS DE GÉNERO .....</b>	<b>86</b>
7.1.	Dimensión económica .....	86
7.2.	Dimensión educativa .....	87

7.3.	Dimensión de salud .....	87
7.4.	Dimensión sociocultural y política .....	88
7.5.	Contexto del proyecto de riego sostenible .....	89
<b>8.</b>	<b>MODELOS DE NEGOCIO .....</b>	<b>90</b>
8.1.	Marco conceptual del modelo de negocio.....	90
8.2.	Descripción del modelo .....	91
8.2.01.	Criterios de elegibilidad propuestos .....	91
8.3.	Población objetivo y propuesta de valor .....	93
8.4.	Flujo de ingresos y mecanismos financieros .....	94
8.4.01.	Crédito rural adaptado al ciclo agrícola (desde el fondo revolving).....	95
8.4.02.	Pago por servicio o arrendamiento con opción a compra (leasing rural).....	96
8.4.03.	Subsidio directo o cofinanciamiento no reembolsable .....	98
8.4.04.	Flujo de ingresos del productor .....	99
8.5.	Actores involucrados y esquema de gobernanza .....	99
8.6.	Tecnología para los SPIS .....	101
8.6.01.	Tecnologías recomendadas de riego eficiente para pequeños productores en Rabinal y San Miguel Chicaj 101	
8.6.02.	Configuraciones técnicas de sistemas de riego por bombeo solar fotovoltaico (SPIS) .....	102
8.7.	Capacidad institucional y condiciones para la implementación .....	106
8.8.	Escalabilidad y sostenibilidad .....	107
<b>9.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>108</b>
9.1.01.	Conclusiones principales .....	108
9.1.02.	Recomendaciones para la institucionalización del modelo .....	108
<b>10.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>110</b>
10.1.	Listado de actores clave y miembros del Grupo de Trabajo .....	110
10.2.	Anexo C. Cálculo detallado de demanda de agua para el Productor 1.....	110

10.3. Anexo D. Metodología para la estimación de la demanda mínima y máxima de agua para riego . 111

## FIGURAS

Figura 1. Mapa de los centros poblados de los municipios de San Miguel Chicaj y Rabinal, departamento de Baja Verapaz. ....	4
Figura 2. Instituciones participantes en la primera reunión de Grupo de Trabajo, realizada el día 13 de marzo del 2025 de forma virtual. Registro de participantes a través de Google Formularios. ....	8
Figura 3. Asistencia desagregada por género en la primera reunión del Grupo de Trabajo. ....	8
Figura 4. Cultivos en San Miguel Chicaj y Rabinal. ....	15
Figura 5. Matriz de estrategias según el poder e interés de los Actores. ....	18
Figura 6. Matriz poder e interés de los actores resultante después de la contribución de varias instituciones. ....	19
Figura 7. Prácticas agroecológicas de ACPC en la biofábrica. ....	49
Figura 8. Visita técnica a parcelas de maíz en el corredor seco Guatemalteco. ....	65
Figura 9. Visita técnica a parcela de hortalizas en el corredor seco Guatemalteco. ....	65
Figura 10. Beneficios reportados de la rotación de cultivos. ....	68
Figura 11. Mercado local en San Miguel Chicaj. ....	69
Figura 12. Río contaminado en San Miguel Chicaj. ....	70
Figura 13. Participación por género en jornadas de riego (Agricultura a pequeña escala en Rabinal y San Miguel Chicaj). ....	74
Figura 14. Huecos revestidos con geomembrana, nylon y no revestido para almacenamiento de agua para riego. ....	83
Figura 15. Marco conceptual para el desarrollo de modelo de negocios para SPIS. ....	90

## TABLAS

Tabla 1. Pre-identificación de actores clave para la implementación del proyecto. ....	16
Tabla 2. Potencial institucional para la articulación intersectorial en riego sostenible: MARN y MAGA. ....	28
Tabla 3. Relación entre agua efectiva disponible y demanda de riego estimada por productor. ....	77
Tabla 4. Estimación de consumo de energía eléctrica y costo mensual. ....	80
Tabla 5. Resumen comparativo de tecnologías de riego recomendadas. ....	102
Tabla 6- Configuraciones técnicas de sistemas de riego por bombeo solar fotovoltaico (SPIS). ....	103

<b>ABREVIACIÓN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
AbE	Adaptación basada en Ecosistemas
AFCIA	Acelerador de Innovación Climática del Fondo de Adaptación - <i>Adaptation Fund</i>
Alterna	Alterna Impact Guatemala
AMER	Agencia Municipal de Extensión Rural
ASECSA	Asociación de Servicios Comunitarios de Salud
ASORECH	Asociación Regional Campesina Chortí
AURSA	Asociación de Usuarios de la Unidad de Riego de San Jerónimo-Salamá
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CADER	Centros de Aprendizaje para el Desarrollo Rural
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CARITAS	Organización humanitaria de la Iglesia Católica
COCODE	Consejo Comunitario de Desarrollo
COCOSAN	Comisión Comunitaria de Seguridad Alimentaria y Nutricional
CODESAN	Consejo Departamental de Seguridad Alimentaria y Nutricional
COMUDE	Consejo Municipal de Desarrollo
COMUSAN	Comité Municipal de Seguridad Alimentaria y Nutricional
CONASAN	Consejo Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional
CDT	Carga Dinámica Total
CBO	Community-Based Organization (Organización Basada en la Comunidad, en inglés)
CTCN	Centro y Red de Tecnología Climática - <i>Climate Technology Centre and Network</i>
CunBAV	Centro Universitario de Baja Verapaz
DAR	Técnico de Desarrollo Agropecuario Rural
DEMI	Defensoría de la Mujer Indígena
DYAPRID	Desarrollo Integral en Áreas con Potencial de Riego y Drenajes
DMM	Dirección Municipal de la Mujer
DMP	Dirección Municipal de Planificación
END	Entidad Nacional Designada
ENCC	Estrategia Nacional de Cambio Climático
EVALAC	Evaluación del Avance de la Lucha contra el Cambio Climático en América Latina
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - Food
FIDA	Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola
FONAGRO	Fondo Nacional para la Reactivación y Modernización de la Actividad
FV	Fotovoltaico
GIZ	Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional - <i>Deutsche Gesellschaft für</i>
HP	Caballos de Fuerza (Horsepower, por sus siglas en inglés)
INAB	Instituto Nacional de Bosques

INDE	Instituto Nacional de Electrificación
INE	Instituto Nacional de Estadística
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau (Banco Alemán de Desarrollo)
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
MEM	Ministerio de Energía y Minas
MIDES	Ministerio de Desarrollo Social
MINFIN	Ministerio de Finanzas Públicas
Mineduc	Ministerio de Educación
M&E	Monitoreo y Evaluación
CONRED	Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres
SESAN	Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nutricional
SEGEPLAN	Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia
SHARE	Fundación SHARE Guatemala
SINASAN	Sistema Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional
SNER	Sistema Nacional de Extensión Rural
SPIS	Sistemas de Bombeo Fotovoltaico para Riego - <i>Solar Photovoltaic Irrigation</i>
SESAN	Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nutricional
SEPREM	Secretaría Presidencial de la Mujer
OBC	Organización Basada en la Comunidad
OMM	Oficina Municipal de la Mujer
ONG	Organización No Gubernamental
ONU Mujeres	Entidad de las Naciones Unidas para la Igualdad de Género y el Empoderamiento
O&M	Operación y Mantenimiento
PINPEP	Programa de Incentivos para Pequeños Poseedores de Tierras de Vocación
PNDRI	Política Nacional de Desarrollo Rural Integral
PNPDIM	Política Nacional de Promoción y Desarrollo Integral de las Mujeres
PRE	Programa de Reducción de Emisiones
Probosque	Programa de Incentivos para el Establecimiento, Recuperación y Manejo de
REDD+	Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de los bosques
SAF	Sistemas Agroforestales
SNER	Sistema Nacional de Extensión Rural
SOSEP	Secretaría de Obras Sociales de la Esposa del Presidente
TAF	Técnico de Agricultura Familiar
TTA	Trama TecnoAmbiental S.L.
THR	Técnico del Hogar Rural

UGAM                      Unidad de Gestión Ambiental Municipal  
USAC                      Universidad de San Carlos

## 1. RESUMEN EJECUTIVO

Este diagnóstico fue elaborado por Trama TecnoAmbiental S.L., en el marco del contrato UNEP/2024/482, como parte de la asistencia técnica promovida por el Climate Technology Centre & Network (CTCN) y financiada por el Fondo de Adaptación (Adaptation Fund). El proyecto es liderado por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), en su calidad de Entidad Nacional Designada (END), y tiene como objetivo fortalecer la resiliencia climática y la seguridad alimentaria de pequeños agricultores en los municipios de Rabinal y San Miguel Chicaj, ubicados en el Corredor Seco del departamento de Baja Verapaz, Guatemala.

El informe presenta un diagnóstico detallado de las prácticas actuales de riego, acceso al agua y condiciones técnicas, económicas y sociales para la adopción de tecnologías sostenibles. Desde un enfoque del nexo agua-energía-alimentos, el proyecto propone soluciones técnicamente viables, financieramente accesibles e inclusivas, que respondan a la escasez hídrica, vulnerabilidad climática y exclusión estructural que enfrentan estas comunidades rurales.

Como parte del proceso, se conformó un Grupo de Trabajo Interinstitucional con más de diez entidades clave, incluyendo MARN, MAGA, SESAN, gobiernos municipales, universidades, cooperación internacional, proveedores tecnológicos y organizaciones comunitarias. A través de consultas, encuestas y visitas de campo, se identificaron sistemas de riego rudimentarios, fuentes de agua con capacidad limitada, y restricciones importantes de acceso a financiamiento y asistencia técnica.

En este contexto, se destaca el rol estratégico de los Centros de Aprendizaje para el Desarrollo Rural (CADER), estructuras comunitarias establecidas por el MAGA que agrupan a pequeños productores y productoras. Su presencia territorial, alto grado de organización y participación activa de mujeres los posicionan como actores clave para canalizar formación técnica, facilitar procesos de apropiación comunitaria y evaluar, de forma organizada, la implementación de tecnologías sostenibles en el marco del proyecto.

El diagnóstico también revela barreras estructurales que enfrentan las mujeres en el acceso a tierra, crédito, tecnologías y espacios de decisión, lo que refuerza la necesidad de incorporar un enfoque de género desde el diseño. En respuesta, se propone un modelo de negocio integral que combina subsidios, crédito rural adaptado, arrendamiento con opción a compra y soluciones técnicas compatibles con parcelas pequeñas.

Se concluye que existen condiciones habilitantes para introducir y escalar tecnologías de riego solar en territorios rurales vulnerables, siempre que se articulen esfuerzos institucionales, se fortalezcan capacidades comunitarias y se promueva una implementación participativa y equitativa. Este diagnóstico constituye un insumo estratégico para el diseño de una hoja de ruta nacional que facilite la adopción de tecnologías de riego solar fotovoltaico y su replicación en otras regiones del país.

## 2. INTRODUCCIÓN

### 2.1. Objetivo del documento

El objetivo principal de esta asistencia técnica es fomentar la implementación y adopción sostenible de sistemas de riego solar (SPIS - *Solar Photovoltaic Irrigation Systems*, por sus siglas en inglés) para pequeños agricultores en Guatemala, mediante un enfoque integral que aborde las dimensiones técnicas, sociales y económicas de manera articulada y sostenible.

Este proyecto tiene como meta aumentar la capacidad adaptativa y la resiliencia del sector agrícola en la región del departamento de Baja Verapaz, un área críticamente afectada por los efectos del cambio climático y la inseguridad hídrica. Al mismo tiempo, busca abordar los desafíos interconectados del nexo agua-energía-alimentos, promoviendo prácticas de riego sostenibles mediante tecnologías innovadoras como los SPIS. Para alcanzar estos objetivos, el proyecto contempla las siguientes acciones:

- Identificar las prácticas de riego actuales en los municipios de Rabinal y San Miguel Chicaj.
- Establecer acuerdos estratégicos con organizaciones locales para garantizar la sostenibilidad de proyectos de riego sostenible mediante SPIS derivados de la presente iniciativa.
- Definir un modelo de negocio para fortalecer las cadenas de valor locales y la adopción de tecnologías sostenibles.

### 2.2. Contexto del estudio

El objetivo central del proyecto es promover la adopción de **sistemas de riego solar fotovoltaico (SPIS)** en agricultores de pequeña escala en Guatemala, a través de un enfoque integral que aborde dimensiones técnicas, económicas, sociales y ambientales. La región de intervención corresponde a los municipios de Rabinal y San Miguel Chicaj, departamento de Baja Verapaz, como parte del **Corredor Seco de Guatemala**, una de las zonas más vulnerables a los efectos del cambio climático, donde la disponibilidad de agua es cada vez más incierta debido a sequías prolongadas y lluvias irregulares. En este contexto, la promoción de tecnologías de riego eficientes es fundamental para mejorar la seguridad alimentaria, fortalecer la resiliencia del sector agrícola y garantizar un uso sostenible de los recursos hídricos.

La importancia del riego sostenible en el nexo agua-energía-alimentos es un elemento central en el diseño e implementación del proyecto. La disponibilidad y uso eficiente del agua es crucial para la producción agrícola, especialmente en regiones vulnerables al cambio climático. Sin acceso al agua, la productividad de los cultivos se ve gravemente afectada, lo que compromete la seguridad alimentaria y el desarrollo económico local. Por otro lado, la energía es un componente clave en la gestión del agua, ya que la mayoría de los sistemas de riego convencionales dependen de fuentes energéticas costosas y poco sostenibles, como diésel, gasolina, o electricidad de la red. La integración de sistemas de bombeo fotovoltaico permite reducir costos operativos, disminuir la huella de carbono del sector agrícola y mejorar la autosuficiencia energética de las comunidades rurales. Al adoptar un enfoque del nexo agua-energía-alimentos, el proyecto busca maximizar sinergias entre estos tres sectores, garantizando un uso equitativo y eficiente de los recursos, promoviendo la resiliencia climática y facilitando el acceso a tecnologías sostenibles que puedan escalarse en el futuro.

El **contexto ambiental y climático** en el Corredor Seco añade una capa adicional de complejidad al proyecto. La región es altamente vulnerable a fenómenos climáticos extremos, como sequías e irregularidades en las precipitaciones, lo que hace imprescindible una **gestión eficiente del agua** en los sistemas de riego. Para evitar la sobreexplotación de los recursos hídricos y garantizar la sostenibilidad de los SPIS, el proyecto desarrollará un **sistema de monitoreo y evaluación (M&E)** que permita medir la eficiencia del riego, la sostenibilidad del uso del agua y el impacto de la tecnología en la productividad agrícola. A través de este sistema, se podrán identificar oportunidades de mejora y garantizar que los SPIS sean implementados de manera responsable, maximizando su impacto en la seguridad alimentaria y la resiliencia climática.

Uno de los principales retos del proyecto es la **coordinación entre múltiples actores**, incluyendo instituciones nacionales y locales. La implementación de SPIS requiere una alineación efectiva entre entidades gubernamentales como la **Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (SEGEPLAN)**, el **Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)**, el **Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA)**, el **Ministerio de Desarrollo Social (MIDES)**, el **Ministerio de Finanzas Públicas (MINFIN)**, el **Ministerio de Energía y Minas (MEM)**, y las **Municipalidades**. Estas instituciones desempeñan un papel clave en la regulación del uso del agua, la promoción de energías renovables y la seguridad alimentaria. Sin embargo, la falta de un marco regulatorio claro y mecanismos de coordinación efectivos podría ralentizar la integración de los SPIS en las prácticas agrícolas locales. Para abordar este desafío, el proyecto prioriza la creación de **espacios de articulación interinstitucional** y el fortalecimiento de capacidades técnicas dentro de las entidades responsables.

Otro desafío crucial es la **limitada experiencia y conocimiento técnico** sobre el uso y mantenimiento de los SPIS por parte de los agricultores y actores locales. Si bien estas tecnologías pueden ofrecer beneficios a largo plazo en términos de eficiencia de riego y reducción de costos operativos, su adopción requiere un proceso de capacitación que garantice la apropiación tecnológica y la sostenibilidad de las intervenciones. Para ello, el proyecto contempla la introducción de **programas de formación técnica** dirigidos a pequeños agricultores y comunidades, a través de módulos de capacitación y talleres prácticos. Estas acciones permitirán que los beneficiarios adquieran las habilidades necesarias para operar, mantener y optimizar los sistemas de riego solar, asegurando su uso eficiente y su integración en los sistemas productivos locales.

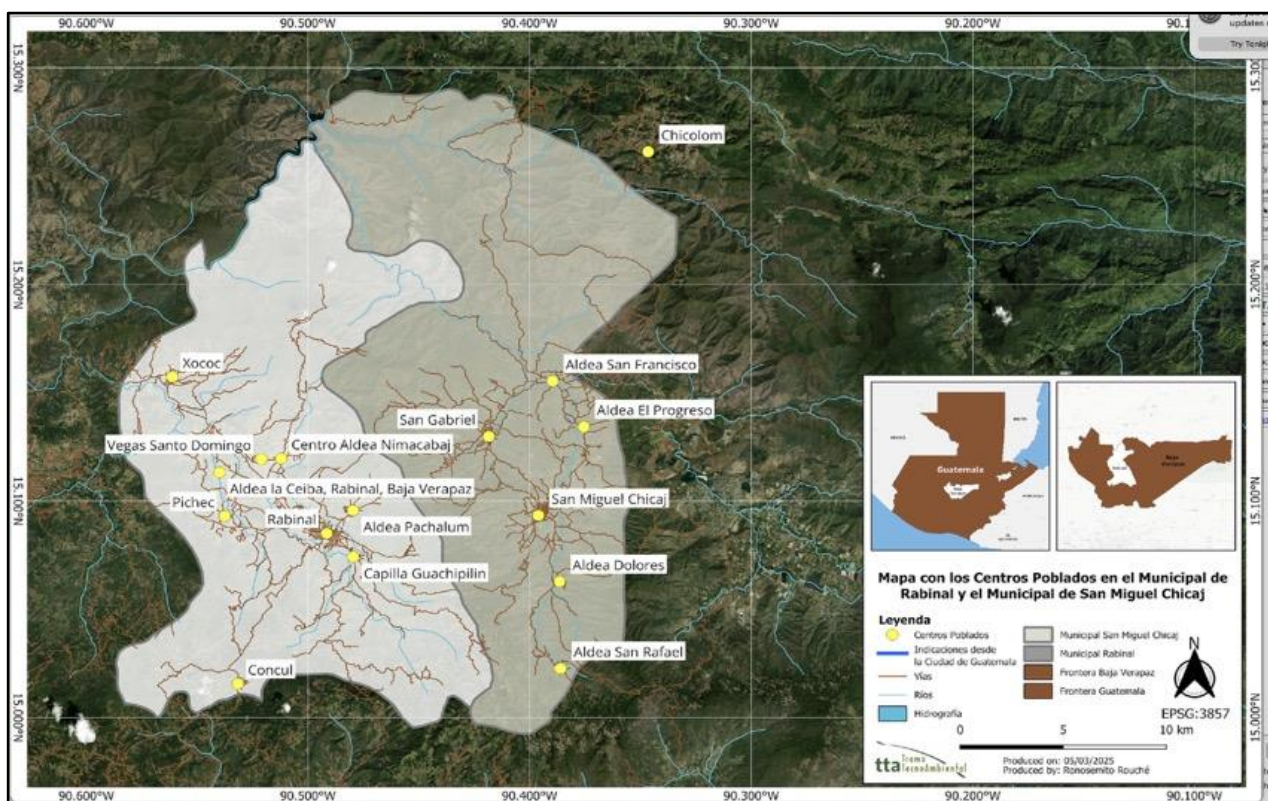
Desde el punto de vista económico, la **accesibilidad financiera** representa una barrera importante para la adopción de los SPIS. Aunque estos sistemas pueden generar ahorros significativos al reducir la dependencia de combustibles fósiles o redes eléctricas convencionales, el **alto costo inicial de inversión** sigue siendo un obstáculo para los pequeños agricultores. Además, el acceso a financiamiento es limitado, ya que los actuales esquemas de crédito agrícola no siempre contemplan soluciones tecnológicas innovadoras como los SPIS. Para superar este desafío, el proyecto explorará **modelos de financiamiento sostenible**, incluyendo **fondos públicos, alianzas público-privadas (APP), microfinanzas y cooperación internacional**, con el fin de desarrollar mecanismos accesibles que faciliten la adopción de la tecnología por parte de los agricultores.

Más allá de las barreras técnicas y económicas, **factores sociales y culturales** también pueden influir en la adopción de los SPIS. En muchas comunidades rurales, la introducción de nuevas tecnologías genera resistencia, especialmente si no se cuenta con evidencia clara sobre sus beneficios. Por ello, es esencial fomentar la participación activa de los agricultores en el proceso de implementación y demostrar de manera tangible las ventajas de estos sistemas. Además, el proyecto adoptará un **enfoque inclusivo**, asegurando que

mujeres y grupos vulnerables sean parte del proceso de capacitación y toma de decisiones. De esta manera, se busca no solo mejorar el acceso a tecnologías sostenibles, sino también fortalecer la equidad y la resiliencia social dentro de las comunidades beneficiarias.

Para abordar estos desafíos, el proyecto contempla una serie de acciones estratégicas, incluyendo la evaluación de tecnologías de riego, el análisis de seguridad alimentaria, el diagnóstico de prácticas de riego existentes, el establecimiento de acuerdos con organizaciones locales, el desarrollo de modelos de negocio viables y la posible implementación de un proyecto piloto en una comunidad seleccionada. A través de estos enfoques, el proyecto busca generar evidencia práctica sobre la viabilidad técnica, económica y social de los SPIS, facilitando su escalabilidad y promoviendo su adopción a nivel nacional.

El presente diagnóstico de prácticas de riego y acuerdos con organizaciones locales contribuirá directamente a estos objetivos, proporcionando información detallada sobre el estado actual del riego en las comunidades seleccionadas y sentando las bases para el diseño de estrategias de implementación efectivas. Este análisis será clave para alinear los esfuerzos de todos los actores involucrados, garantizar la sostenibilidad del proyecto y maximizar su impacto a largo plazo en la seguridad hídrica y productiva de las comunidades rurales en Guatemala.



**Figura 1. Mapa de los centros poblados de los municipios de San Miguel Chicaj y Rabinal, departamento de Baja Verapaz.**

## 2.3. Estructura del reporte

Este reporte se organiza de acuerdo con la metodología planteada para el diagnóstico de las prácticas de riego y el establecimiento de acuerdos locales en los municipios de Rabinal y San Miguel Chicaj. A continuación, se describe la estructura del documento:

- **Capítulo 2. Mapeo de actores y reunión de inicio:** Identificación de los actores estratégicos a nivel gubernamental, privado, académico y comunitario, análisis de su interés y capacidad de influencia, así como una descripción de la reunión inicial realizada con las partes interesadas, incluyendo objetivos, participantes, temas abordados y acuerdos preliminares.
- **Capítulo 3. Actores clave:** Análisis de los resultados obtenidos a partir de encuestas realizadas a instituciones públicas, privadas, académicas y organizaciones comunitarias, para comprender su perspectiva sobre las prácticas actuales de riego, sus limitaciones, oportunidades de mejora y posibilidades de colaboración.
- **Capítulo 4. Colaboraciones estratégicas locales:** Sistematización de los esfuerzos de articulación con actores locales, acuerdos alcanzados y compromisos asumidos.
- **Capítulo 5. Diagnóstico de prácticas y sistemas de riego actuales:** Evaluación más detallada de las técnicas de riego utilizadas en las comunidades, fuentes de agua disponibles, condiciones de infraestructura, eficiencia de los sistemas y necesidades de mejora.
- **Capítulo 6. Dimensiones del análisis de género:** Examina las brechas de acceso a tierra, crédito, asistencia técnica y participación política entre mujeres y hombres, así como las estrategias de resiliencia desarrolladas por las mujeres rurales para fortalecer su autonomía económica y su rol en la gestión productiva, con miras a una adopción equitativa de tecnologías de riego sostenible.
- **Capítulo 7. Modelo de negocio:** Propuesta de un modelo de negocio que facilite la adopción de tecnologías de riego sostenible y fomente la sostenibilidad económica y social en las comunidades objetivo.
- **Capítulo 8. Conclusiones y recomendaciones:** Resumen de los principales hallazgos del diagnóstico y recomendaciones para la implementación de tecnologías de riego sostenibles en el Corredor Seco de Baja Verapaz.

### 3. MAPEO DE ACTORES

Como parte del diagnóstico de las prácticas actuales de riego y el diseño de estrategias para la adopción de tecnologías sostenibles, se llevó a cabo un mapeo participativo de actores institucionales, comunitarios y técnicos en los municipios de Rabinal y San Miguel Chicaj. El objetivo fue identificar a las organizaciones clave que pueden influir, facilitar o participar activamente en la implementación de soluciones de riego con enfoque en sostenibilidad, adaptación al cambio climático y fortalecimiento de los medios de vida rurales.

#### 3.1. Identificación de actores clave

Esta actividad consistió en identificar a los actores estratégicos que podrían participar en la ejecución del proyecto, garantizando un equilibrio de género y una representación adecuada de todos los sectores, incluyendo a los grupos en situación de vulnerabilidad. Se buscó asegurar que las distintas perspectivas fueran consideradas en el diseño e implementación de la asistencia técnica.

Previo al contacto directo con los actores, el equipo consultor realizó una pre-identificación de entidades relevantes, considerando instituciones gubernamentales a nivel nacional y subnacional, academia, sector privado, sociedad civil y expertos en agricultura, agroforestería y tecnologías relacionadas. También se contemplaron representantes de agricultores y organizaciones comunitarias de los municipios priorizados.

La identificación fue aprobada por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), en su calidad de Entidad Nacional Designada (END), lo que permitió alinear esta actividad con las prioridades institucionales y garantizar la participación de actores estratégicos. Como parte del proceso, se enviaron cartas de invitación a representantes de 20 instituciones y organizaciones, incluyendo entidades gubernamentales nacionales y municipales, organizaciones comunitarias, agencias de cooperación internacional, instituciones académicas, organizaciones no gubernamentales y representantes del sector privado.

Las cartas destacaban la relevancia de conformar un Grupo de Trabajo multisectorial en el marco del proyecto “Fomento de tecnologías de riego sostenible: Una perspectiva del nexo agua-energía-alimentos para la reducción del riesgo climático de pequeños agricultores en alto riesgo climático en los municipios de Rabinal y San Miguel Chicaj en el corredor seco del departamento de Baja Verapaz, Guatemala.” Este grupo fue concebido como un espacio de coordinación interinstitucional que facilite la articulación territorial, proporcione retroalimentación técnica y asegure que la asistencia técnica esté alineada con las políticas nacionales y las necesidades locales.

En la comunicación, se solicitó a las instituciones la designación de un Punto Focal para participar en reuniones periódicas, aportar conocimiento técnico y facilitar la interacción entre su entidad y el equipo del proyecto. Se adjuntó una nota conceptual del proyecto con los objetivos, enfoques y actividades previstas, y se estableció como fecha de confirmación el 20 de marzo. Esta estrategia permitió sentar las bases para la integración activa de los actores relevantes y para fortalecer su

compromiso con las futuras iniciativas derivadas de este esfuerzo orientado a la promoción del riego sostenible.

### 3.2. Grupo de Trabajo de Partes Interesadas

Como resultado del proceso de identificación y convocatoria descrito anteriormente, se conformó el Grupo de Trabajo de Partes Interesadas, concebido como un mecanismo clave para garantizar una participación amplia, informada y representativa en la implementación del proyecto.

En el marco de la fase inicial, se organizó una primera reunión de conformación, realizada el 13 de marzo del presente año, con la participación de 14 personas, cuyos datos fueron registrados mediante un formulario en línea. Asistieron representantes del gobierno, el sector privado, la academia y la cooperación técnica internacional, asegurando una representación diversa y un equilibrio de género.

El propósito principal del Grupo de Trabajo es brindar orientación técnica y estratégica a lo largo del proyecto, asegurando que las decisiones reflejen los intereses y necesidades de los distintos actores involucrados, y que el proyecto mantenga un enfoque inclusivo y multisectorial.

Durante esta sesión inicial se socializaron los objetivos, actividades y productos esperados del proyecto, y se validó de manera participativa el enfoque metodológico propuesto. Asimismo, se presentó al equipo técnico responsable de la implementación y a las instituciones participantes, lo que contribuyó a fortalecer la transparencia, la confianza y la colaboración entre las partes.

Se definieron también los lineamientos de participación y se acordaron los mecanismos de coordinación y comunicación entre los miembros del Grupo y el equipo técnico, estableciendo así las bases para un trabajo articulado y continuo, tanto en formato presencial como virtual, según las dinámicas y disponibilidad de los actores.

Como resultado de este diálogo, se establecieron los siguientes pasos para avanzar de manera coordinada, incluyendo la presentación y validación de la agenda del trabajo de campo. Las visitas se programaron para el municipio de San Miguel Chicaj del 31 de marzo al 2 de abril, y para Rabinal del 3 al 5 de abril. La participación activa en esta primera reunión permitió no solo validar la metodología del proyecto, sino también asegurar que el trabajo de campo respondiera a las realidades locales y las perspectivas de los pequeños agricultores en ambos territorios.

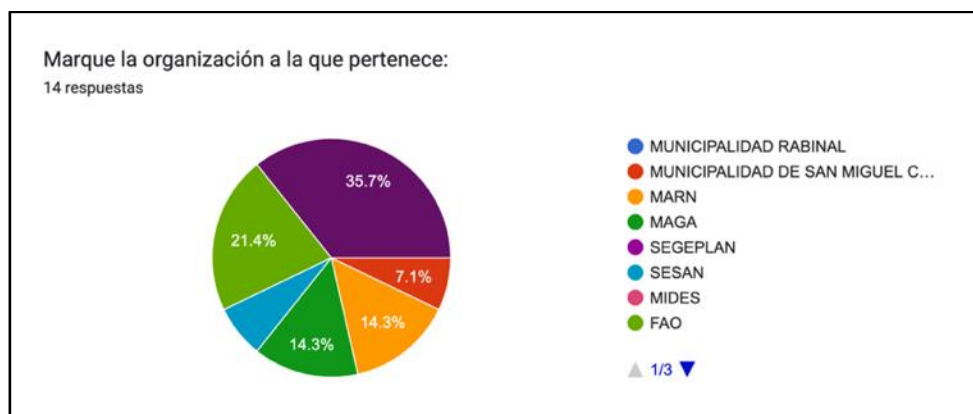


Figura 2. Instituciones participantes en la primera reunión de Grupo de Trabajo, realizada el día 13 de marzo del 2025 de forma virtual. Registro de participantes a través de Google Formularios.

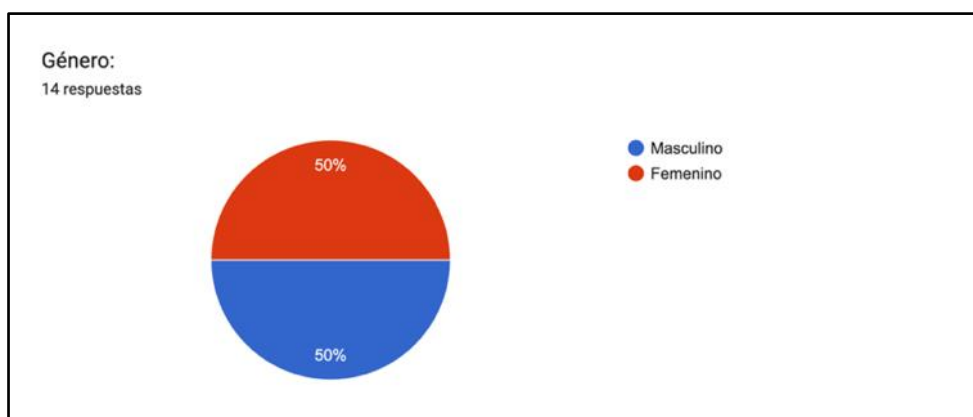


Figura 3. Asistencia desagregada por género en la primera reunión del Grupo de Trabajo.

Este primer encuentro constituyó un espacio clave de consulta para el equipo técnico y un canal efectivo para la articulación institucional, marcando el inicio de una colaboración estratégica orientada a fortalecer la implementación del proyecto en territorio.

Este primer encuentro constituyó un espacio clave de consulta para el equipo técnico y un canal efectivo para la articulación institucional, marcando el inicio de una colaboración estratégica orientada a fortalecer la implementación del proyecto en territorio. Como principales resultados de esta reunión se destacan:

1. La conformación oficial del Grupo de Trabajo de Partes Interesadas,
2. La validación participativa de la metodología de trabajo y
3. La aprobación de la agenda de trabajo de campo en ambos municipios.

Estos insumos fueron fundamentales para avanzar de manera coordinada hacia la siguiente fase del proyecto.

### 3.3. Reunión inicial de coordinación interinstitucional en San Miguel Chicaj

El 31 de marzo de 2025 se llevó a cabo la reunión inicial del proyecto en el municipio de San Miguel Chicaj, con el objetivo de recopilar información primaria para el diagnóstico de las prácticas de riego. Antes de esta actividad, el equipo consultor sostuvo un encuentro con el alcalde municipal, Fernando Calate, en el que se presentó formalmente el proyecto, se explicó su justificación y se detallaron los resultados esperados. En esta conversación se obtuvo información relevante sobre las necesidades de los productores locales y las principales limitaciones técnicas, económicas y organizativas que enfrentan. El alcalde también destacó la necesidad de fomentar un cambio de mentalidad en las comunidades, señalando que la sostenibilidad a largo plazo requiere superar la expectativa de recibir todo gratuitamente.

La reunión principal contó con una participación diversa que incluyó a 15 personas (10 hombres y 5 mujeres) de distintas instituciones clave como la Municipalidad de San Miguel Chicaj, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), la Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nutricional (SESAN), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), así como delegaciones de organizaciones comunitarias. Se logró una representación diversa, con experiencia en áreas como desarrollo comunitario, agricultura, equidad de género, gestión del agua y planificación local. Esta primera interacción fue fundamental para comprender el contexto local, validar la pertinencia del enfoque del proyecto y fortalecer la articulación interinstitucional en torno a las tecnologías de riego sostenible.

La presentación inicial abordó el proyecto “Fomento de Tecnologías de Riego Sostenible”, enmarcado en el Corredor Seco de Baja Verapaz, cuyo objetivo principal es reducir el riesgo climático de los pequeños agricultores en San Miguel Chicaj y Rabinal mediante la promoción de sistemas de riego solar (SPIS). Se explicó que el proyecto no contempla la instalación directa de tecnologías, sino el diseño de un modelo de negocio adaptado al contexto local, así como la elaboración de una hoja de ruta nacional que facilite la adopción escalable y sostenible de tecnologías de bombeo solar.

También se presentó el alcance técnico y estratégico del proyecto, incluyendo el análisis de prácticas actuales, las barreras y oportunidades para la adopción tecnológica, el fortalecimiento de capacidades locales y la necesidad de coordinación interinstitucional para asegurar soluciones pertinentes y sostenibles.

Se hizo énfasis en la importancia de colaborar con instituciones locales para evitar duplicidades, aprovechar conocimientos técnicos existentes y fortalecer la gobernanza del agua en el territorio. En este contexto, se introdujo la creación del Grupo de Trabajo Interinstitucional, como espacio permanente de orientación y retroalimentación técnica.

### 3.3.01. Diagnóstico participativo durante reunión inicial

Durante la sesión, se presentó la agenda del trabajo de campo, programado del 31 de marzo al 2 de abril en San Miguel Chicaj, y del 3 al 5 de abril en Rabinal. Se explicaron las actividades que consistieron en visitas técnicas, consultas a agricultores y análisis de diversos aspectos, tales como:

- Tipos de riego utilizados y fuentes de agua
- Producción agrícola local y demandas de agua
- Impacto del cambio climático y adaptabilidad de sistemas
- Limitaciones energéticas, económicas y técnicas
- Capacidades locales para instalación y mantenimiento de tecnologías
- Acceso a financiamiento y barreras para adoptar nuevas tecnologías
- Existencia de cooperativas y asociaciones de agricultores en el municipio
- Financiamiento a agricultores

Asimismo, se propuso una definición operativa de pequeños productores agrícolas, validada por los participantes, como aquellos que cultivan menos de 5 hectáreas, con producción principalmente para autoconsumo y acceso limitado a tecnología y financiamiento. No obstante, se acordó que el enfoque del diagnóstico debía centrarse en las parcelas de menos de una hectárea, por ser las más predominantes.

### 3.3.02. Resultados de la interacción con actores locales

Durante la fase final de la reunión se llevó a cabo una dinámica participativa con preguntas dirigidas a los asistentes, lo cual permitió validar información clave sobre las condiciones locales para el uso del riego, así como recoger percepciones y datos concretos del territorio. A continuación, se resumen los principales hallazgos organizados por temática:

#### Producción agrícola y uso del agua

- Los cultivos principales incluyen maíz, frijol y manía, complementados por productos como sorgo, zanahoria, pepino, ejote, plátano, mango, cilantro, cebolla, acelga y calabaza.
- Las necesidades de riego se concentran en huertos familiares, invernaderos y sistemas de agropastoría y silvopastoreo.
- En términos de superficies, la mayoría de los agricultores trabajan parcelas de 1 manzana (0.69 ha), aunque en zonas como Rincón de Jesús predominan lotes más pequeños, asociados a productores con menores recursos.

#### Fuentes y sistemas de riego

- Las fuentes de agua más utilizadas son el agua de lluvia almacenada, ríos y pozos artesanales (con y sin bomba).
- Se identificó el uso de varios métodos de riego: gravedad, aspersión, goteo y manual.

- En cuanto al almacenamiento, se utilizan huecos en el suelo, algunos revestidos con membrana plástica; no se identificaron tanques elevados ni cisternas convencionales.

#### **Energía para bombeo y proveedores locales**

- El bombeo de agua se realiza con diésel, gasolina, electricidad de red y sistemas solares. Se confirmó la existencia de proveedores de bombas solares en la región, como PROSERNA (Rabinal).
- A pesar de ello, el alto costo de adopción sigue siendo una barrera significativa, junto con la falta de información técnica y las dificultades de operación y mantenimiento.
- No se identificaron técnicos locales fácilmente accesibles para mantenimiento especializado.

#### **Asistencia técnica y capacidades institucionales**

- La asistencia técnica es proporcionada por instituciones como FAO, MAGA, la USAC (CunBAV) y los CADER, que cuentan con fuerte presencia local.
- Se reportaron entre 22 y 25 CADER activos en San Miguel Chicaj, conformados en su mayoría por mujeres, lo que abre oportunidades para una mayor inclusión en los procesos.
- Se confirmó la disposición de estas estructuras para colaborar en el análisis de necesidades y desarrollo de soluciones adaptadas al contexto.

#### **Comercialización y organización local**

- La producción se destina tanto a consumo propio como a la venta en mercados locales, con participación de asociaciones, cooperativas e intermediarios.
- Las principales barreras para la comercialización son los bajos precios y la falta de asistencia técnica sostenida.
- Se mencionaron varias organizaciones comunitarias activas, entre ellas: Asociación de Maneros, Cachú Aloom, CIACUSH, ACPC, y grupos de ahorro para hortalizas y artesanías.
- En cuanto a financiamiento, se cuenta con Coosanjer, Fundea, Banrural, y comités locales. Sin embargo, el acceso a crédito es limitado por las altas tasas de interés (12–14%) y requisitos de garantías.

#### **Género y participación de mujeres**

- Las mujeres tienen una participación activa en la producción y comercialización de alimentos, pero una presencia limitada en la gestión de agua para riego y en la generación de energía para bombeo.
- Las principales limitantes identificadas fueron: falta de tenencia de tierra, baja participación en decisiones, acceso restringido a créditos y falta de capacitación técnica.

#### **Cambio climático y resiliencia**

- Se reportaron impactos severos por sequías: reducción de la producción, pérdida de cultivos, aumento de plagas y dificultad para continuar el ciclo agrícola.

- Algunas familias han comenzado a migrar a otras actividades económicas como estrategia de adaptación.

#### **Aportes institucionales clave**

- Representantes de la USAC enfatizaron la necesidad de evitar enfoques asistencialistas en la implementación del proyecto, resaltando que la apropiación comunitaria solo se logra cuando las personas contribuyen activamente.
- También destacaron la importancia de garantizar la comunicación en idioma local, para superar barreras de comprensión y lograr una participación real y efectiva.

#### **Coordinación para el trabajo de campo**

- Adicionalmente, durante esta reunión se definieron los sitios a visitar y los pequeños agricultores a ser entrevistados durante el trabajo de campo, con el apoyo y orientación de representantes de la Municipalidad, MAGA, COCODES y FAO. Esta coordinación permitió asegurar que las visitas respondieran a una muestra representativa del territorio y reflejaran la diversidad de experiencias y condiciones presentes en el municipio.

### **3.4. Reunión inicial de coordinación interinstitucional en Rabinal**

El 2 de abril de 2025 se llevó a cabo la reunión inicial del proyecto en el municipio de Rabinal, con el objetivo de recopilar información primaria que alimente el diagnóstico de las prácticas de riego en el municipio. La actividad se desarrolló en la Oficina Forestal Municipal (OFM), ubicada en el Centro Comercial Q'anil, que actualmente alberga las oficinas de la Unidad de Gestión Ambiental Municipal (UGAM) de Rabinal.

La reunión contó con la participación de 11 personas (6 hombres y 5 mujeres), representantes de instituciones clave como la Municipalidad de Rabinal, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC). Las especialidades representadas abarcaron desarrollo comunitario, agricultura, equidad de género, planificación municipal y gestión de recursos hídricos.

La presentación del proyecto siguió la misma estructura utilizada en San Miguel Chicaj, destacando el objetivo de promover tecnologías de riego sostenible para reducir el riesgo climático de pequeños agricultores en el Corredor Seco. Se enfatizó la importancia de evitar duplicidades, aprovechar el conocimiento local y fortalecer la coordinación interinstitucional para garantizar la pertinencia territorial de las intervenciones.

Asimismo, se presentó el recientemente conformado Grupo de Trabajo Interinstitucional, extendiendo la invitación para que representantes de Rabinal participen activamente en las siguientes

fases del proyecto, promoviendo una comunicación directa y una toma de decisiones adaptada al contexto y necesidades específicas de Rabinal.

### **3.4.01. Diagnóstico participativo durante reunión inicial**

Durante la reunión se presentó la agenda del trabajo de campo para el municipio de Rabinal, en continuidad con la metodología acordada previamente en San Miguel Chicaj. Se explicó que las visitas técnicas y entrevistas a productores buscarían profundizar en los mismos ejes temáticos definidos anteriormente —relacionados con prácticas de riego, fuentes de agua, producción agrícola, capacidades técnicas y acceso a financiamiento—, con el objetivo de adaptar el análisis a las particularidades del territorio Rabinalense.

Como en San Miguel Chicaj, se validó que el estudio se enfoque en pequeños productores agrícolas con menos de una hectárea de cultivo, por ser los más representativos del territorio.

### **3.4.02. Resultados de la interacción con actores locales**

La dinámica participativa final permitió validar información relevante sobre prácticas agrícolas, acceso al agua, tecnologías de riego y condiciones sociales. Los principales hallazgos se presentan a continuación, organizados por temática:

#### **Producción agrícola y uso del agua**

- Los cultivos predominantes incluyen granos básicos (maíz, frijol, sorgo, café, rosa de jamaica y manía). En zonas altas se cultivan también hortalizas como rábano, amaranto, chipilín, cilantro y cebolla.
- El uso del agua está condicionado por el ciclo de lluvias, ya que gran parte de los productores no cuenta con acceso a riego formal y solo realiza un ciclo agrícola al año.
- En el caserío de Panacal, por ejemplo, se cultivan granos básicos en la época seca, hortalizas en noviembre y maíz en junio, con el uso de pozos y motores de gasolina alquilados.

#### **Fuentes y sistemas de riego**

- Las fuentes principales son pozos artesanales, ríos (aunque contaminados) y agua de lluvia.
- Se emplean sistemas como riego por gravedad, uso de cubetas (Panacal), y en menor escala, goteo y nebulización (solo 1 ó 2 casos con apoyo de CARITAS).
- Hay al menos 70 reservorios con geomembrana implementados por ACPC. También existen represas, tomas artesanales y algunos tanques elevados.
- No se identificó la compra de agua en pipas.

#### **Almacenamiento de agua**

- Se utilizan geomembranas, accesibles a través del MAGA y algunas ONG. No se consiguen fácilmente a nivel local (solo en Ciudad Capital o Chiquimula).

- También se registran tanques elevados y represas pequeñas (dimensiones promedio de 6x3 o 5x3 m, con 1.5 m de profundidad).

### **Energía y tecnologías de bombeo**

- Se identificaron pozos municipales de abastecimiento de agua solo para consumo humano.
- Se identificaron bombas alimentadas por gasolina o electricidad.
- Se confirmó la existencia de al menos 4 proveedores locales de bombeo, incluyendo a la empresa PROSERNA (Salamá).
- A pesar de la existencia de la Política Nacional de Riego, persisten barreras como falta de información, escasa cobertura técnica y acceso limitado a tecnologías.

### **Asistencia técnica y institucionalidad local**

- La asistencia es proporcionada por FAO, MAGA, MARN, USAC (CunBAV), y organizaciones como 13 de Marzo, ASECSA y ACPC.
- El MAGA ha contribuido con infraestructura para sistemas productivos, y la formación de los Centros de Aprendizaje para el Desarrollo Rural (CADER), para brindar de acompañamiento técnico especialmente a mujeres.
- Los apoyos incluyen insumos como lombricomposta, pilones, sustratos y especies nativas, con acciones complementarias de restauración ecológica.

### **Comercialización y organización local**

- Las organizaciones más activas incluyen:
  - Qachuu Aloom (procesamiento de amaranto),
  - ACPC (15 comunidades, 170 socios),
  - Asociación Café de Chichupac (producción de manía y café),
  - Río Negro 13 de Marzo, ASECSA, y otras agrupaciones agroforestales.
- Algunos agricultores acceden a mercados locales, aunque enfrentan bajos precios y falta de acompañamiento técnico para la comercialización.

### **Género y participación de mujeres**

- Las mujeres participan en producción y comercialización, pero su involucramiento en la gestión del agua y la tecnificación del riego sigue siendo limitado.
- Se señalaron barreras como poca tenencia de tierras, bajo acceso a crédito, escasa tecnificación y roles tradicionales restrictivos.
- Las ONGs no otorgan créditos directamente, excepto SHARE. El acceso a financiamiento está más disponible para hombres y requiere avales, con condiciones que excluyen a buena parte de las mujeres rurales. A muchas de ellas se les solicita la tenencia de tierras como garantía, un requisito que no pueden cumplir, y además no cuentan con un trabajo remunerado fuera del hogar.

### Cambio climático y resiliencia

- Los impactos climáticos incluyen reducción de producción, pérdida de cultivos y aumento de enfermedades, como infecciones por E. coli, asociadas al uso de agua de río contaminado.
- Las estrategias de adaptación incluyen:
  - Cambio en fechas de siembra (ej. granos básicos del 15 al 25 de junio)
  - Rotación de cultivos y uso de semillas locales
  - Captación de agua de lluvia en techos
  - Sistema de alerta agroclimática (MAGA, INSIVUMEH)
  - Monitoreo nutricional (SESAN/MAGA)
  - Uso de microorganismos de montaña.

### Coordinación para el trabajo de campo

Como cierre de la jornada, se establecieron de manera conjunta los sitios a visitar y los pequeños agricultores a ser entrevistados durante el trabajo de campo. Esta planificación, realizada con el apoyo de MAGA y FAO, permitió asegurar una muestra representativa de la diversidad agro-productiva y organizativa presente en el municipio.



Figura 4. Cultivos en San Miguel Chicaj y Rabinal.

## 3.5. Matriz de poder e interés de los actores clave

Como parte del proceso de formulación de la hoja de ruta para la promoción de tecnologías de riego sostenible, se llevó a cabo un análisis participativo con la colaboración activa de diversos actores institucionales, técnicos y comunitarios involucrados en el proyecto. El objetivo fue identificar a los actores clave que pueden desempeñar un papel relevante en la adopción, escalamiento y sostenibilidad de estas tecnologías en los municipios de Rabinal y San Miguel Chicaj, en el Corredor Seco de Baja Verapaz.

Previo a la consulta, el equipo consultor realizó una pre-identificación de las instituciones que podrían tener un papel relevante en el proceso, considerando su mandato institucional, capacidades técnicas, presencia territorial o vinculación con temas relacionados al agua, la agricultura, la energía o el

desarrollo rural. Esta lista preliminar sirvió como base para estructurar el instrumento de recolección de información y orientar la participación de los distintos actores en los espacios de diálogo.

**Tabla 1. Pre-identificación de actores clave para la implementación del proyecto.**

Categoría de Actor	Nombre	Descripción	Observaciones
Autoridades de Gobierno	MARN, MAGA, MEM, MIDES, MINFIN, SESAN, SEPREM, CONADUR, CODEDE	Principales agencias gubernamentales con interés e influencia en energía solar y desarrollo agrícola	Incluir en gobernanza y consulta permanente
Entidad Autónoma	INACOP	Institución pública vinculada a cooperativas agrícolas y rurales	Requiere mayor articulación
ONGs	Organizaciones No Gubernamentales	Entidades que promueven desarrollo rural, género y ambiente	Consultar para alineación de acciones locales
Instituciones Financieras	Cooperativas de Ahorro y Crédito, Bancos Comerciales, REDIMIF, Asociaciones Financieras	Instituciones con potencial para financiar la adopción de tecnologías sostenibles	Fomentar desarrollo de productos financieros específicos
Sector Privado / Empresas Solares	Empresas proveedoras de tecnologías solares	Proveedores de productos solares para riego y bombeo de agua	Consultar y vincular como aliados tecnológicos
Organismos de Cooperación	Agencias de Cooperación Internacional	Apoyo técnico, institucional y financiero al proyecto	Potenciales socios estratégicos
Productores Agrícolas	Pequeños productores, Cooperativas agrícolas	Usuarios finales de las tecnologías de riego sostenible	Consultar y fortalecer capacidades
Academia	Universidades y centros de investigación	Apoyo técnico y generación de conocimiento local	Involucrar en procesos de monitoreo y evaluación
Especialistas Técnicos	Técnicos e ingenieros del sector	Expertos en diseño e implementación de sistemas de riego	

La información que nutre este análisis fue recopilada durante la primera reunión del Grupo de Trabajo realizada en modalidad virtual, así como en los dos encuentros presenciales organizados en los municipios de San Miguel Chicaj y Rabinal. En estos espacios, los participantes fueron invitados a valorar la relevancia de distintas instituciones en relación con tres dimensiones estratégicas: la importancia de que estén consideradas en la hoja de ruta, su nivel de interés en colaborar, y la influencia que pueden ejercer sobre la adopción de tecnologías de riego sostenible.

Este ejercicio contó con la participación de representantes de instituciones gubernamentales (a nivel nacional y subnacional), organismos de cooperación internacional, organizaciones comunitarias, academia, sector privado y especialistas técnicos. Las valoraciones fueron recogidas mediante un cuestionario estructurado, lo que permitió obtener datos cuantitativos para cada institución en cada una de las dimensiones evaluadas. A partir de estos datos, se calcularon promedios y se construyó una matriz de poder/influencia e interés/disponibilidad, basada en las percepciones de más de 15 personas que colaboran directamente en el proyecto, muchas de ellas provenientes de entidades clave como el MARN, MAGA, SESAN, FAO, autoridades municipales, universidades y organizaciones de base.

El análisis se apoyó conceptualmente en la matriz de estrategias según el poder e interés de los actores (Figura 5), la cual permite clasificar a las instituciones en cuatro cuadrantes: colaboradores estratégicos (alto interés y alta influencia), colaboradores activos (alto interés, baja influencia), aliados potenciales (alta influencia, bajo interés), y observadores (bajo interés y baja influencia). Esta herramienta facilitó la identificación de estrategias diferenciadas de involucramiento según la posición relativa de cada actor dentro del ecosistema institucional.

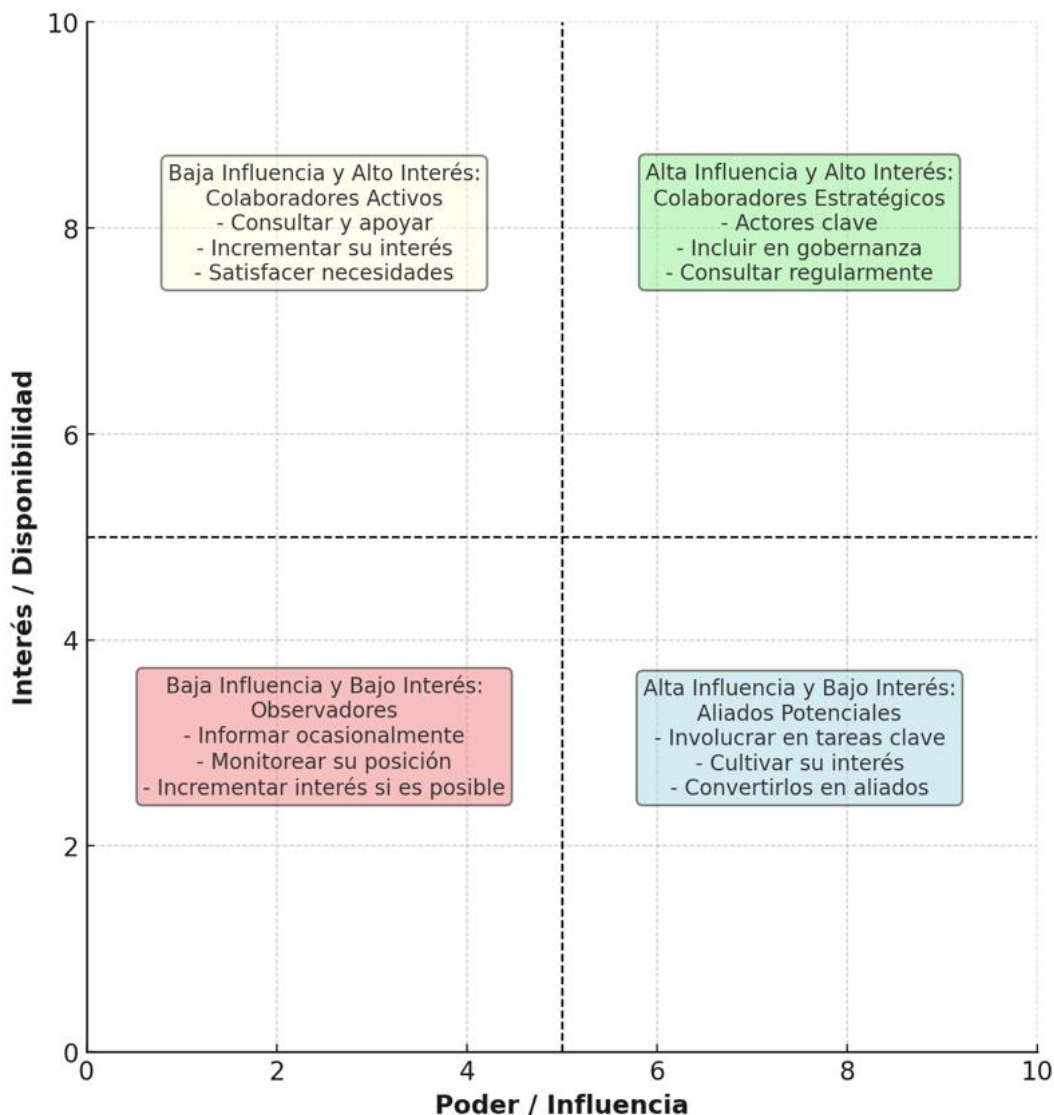


Figura 5. Matriz de estrategias según el poder e interés de los Actores.

A partir de esta segmentación, se construyó la **Matriz de poder e interés de los actores resultante** (Figura 6), que visualiza la posición relativa de cada institución evaluada, con base en las percepciones agregadas de los participantes. Esta herramienta ha sido clave para definir estrategias diferenciadas de involucramiento, priorización y coordinación durante el desarrollo de la asistencia técnica y para la futura implementación de la hoja de ruta nacional.

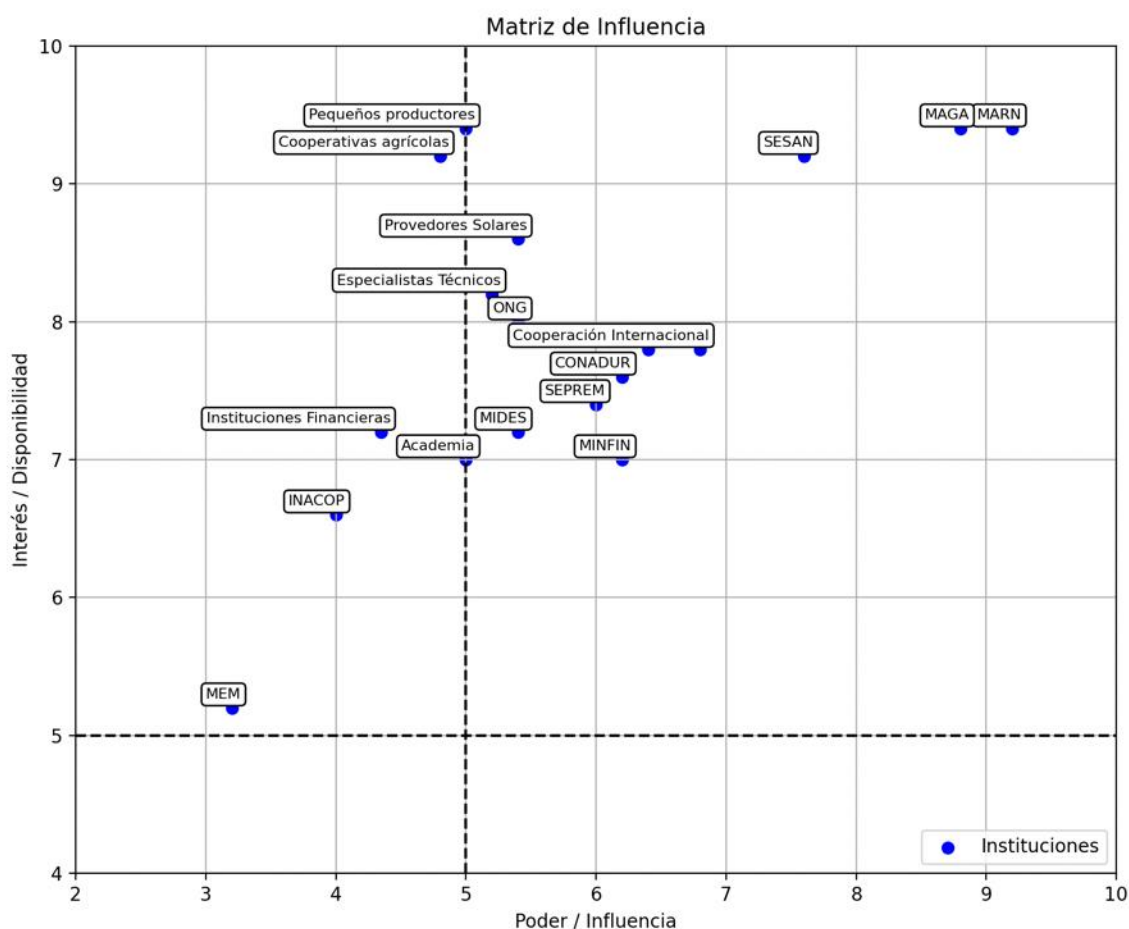


Figura 6. Matriz poder e interés de los actores resultante después de la contribución de varias instituciones.

La matriz resultante evidencia un panorama alentador en cuanto al interés institucional en la adopción de tecnologías de riego sostenible. La mayoría de los actores consultados se ubican en la parte superior de la matriz, lo que indica un alto nivel de disposición y motivación para colaborar en este proceso. Este hallazgo es fundamental, ya que refleja un entorno propicio para el trabajo conjunto y el diseño de acciones coordinadas entre sectores diversos.

Sin embargo, no todos los actores con alto interés cuentan con el mismo nivel de influencia. Mientras que entidades como el MARN, MAGA y SESAN destacan como actores estratégicos con alto poder de decisión y fuerte involucramiento, otros actores, especialmente aquellos vinculados al territorio, como cooperativas agrícolas, asociaciones de productores, proveedores de tecnologías y técnicos especializados, muestran gran interés pero menor capacidad de incidencia institucional. Estos grupos resultan clave para la implementación efectiva en el campo, por lo que será importante fortalecer su participación e incluirlos en espacios de diálogo y coordinación.

Por otro lado, la matriz muestra escasa presencia de instituciones con alta influencia pero bajo interés. Esto es positivo, ya que sugiere que los actores más poderosos ya reconocen la relevancia del tema y tienen cierta disposición para contribuir al proceso. En cambio, algunas entidades aparecen con bajos

niveles de interés e influencia, como es el caso del MEM o INACOP, lo cual podría deberse a su enfoque institucional o a una percepción limitada sobre su rol en este ámbito. Estos actores, si bien no son prioritarios en esta etapa, podrían ser monitoreados a futuro conforme el proyecto avance y se generen nuevas oportunidades de articulación.

En conjunto, la matriz permite visualizar un ecosistema institucional con una base sólida para la acción, donde las estrategias de implementación deberán orientarse a aprovechar el compromiso de los actores más activos, fortalecer a quienes tienen un rol operativo en el territorio y mantener canales abiertos para la incorporación progresiva de otros actores relevantes.

## 4. ACTORES CLAVE

Como parte del diagnóstico institucional, territorial y comunitario del proyecto, se aplicaron encuestas semiestructuradas a diversos actores clave para el proyecto. El objetivo fue conocer de primera mano las percepciones, capacidades, necesidades y propuestas de actores relevantes para la implementación sostenible de tecnologías de riego. Las encuestas permitieron identificar puntos de convergencia y oportunidad para fortalecer alianzas estratégicas a lo largo del proyecto. Los resultados se organizan por tipo de actor:

### 4.1. Instituciones Públicas

#### 4.1.01. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

##### Enfoque institucional y rol estratégico

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) es la entidad rectora de la política ambiental de Guatemala. Tiene el mandato de liderar la planificación, regulación y coordinación de acciones en materia de gestión ambiental, cambio climático, conservación de ecosistemas y uso sostenible de los recursos naturales, incluyendo el agua. Aunque no es responsable directo de las políticas agrícolas, su papel en la protección de cuencas y la adaptación al cambio climático lo posiciona como un actor clave para el desarrollo sostenible del sector agropecuario.

El MARN opera a nivel nacional, departamental y municipal, y participa activamente en planes interinstitucionales, comisiones técnicas y la formulación de estrategias que impactan directamente el acceso al agua, la restauración de paisajes productivos y la resiliencia climática en zonas rurales. Su influencia es particularmente relevante en territorios de alta vulnerabilidad climática, como los municipios de Rabinal y San Miguel Chicaj, en el Corredor Seco de Baja Verapaz.

Aunque su mandato principal no está centrado en la agricultura, el MARN ha integrado de forma estratégica componentes productivos, hídricos y climáticos en sus programas, ampliando su campo de acción hacia la sostenibilidad de sistemas agrícolas en condiciones de riesgo climático.

*Esta información se basa en una encuesta aplicada a personal técnico del MARN en la ciudad de Guatemala.*

##### Programas y acciones relevantes para el riego y la agricultura resiliente

El MARN impulsa diversas iniciativas con implicaciones directas para el acceso y uso sostenible del agua en la agricultura. Aunque no ejecuta proyectos de riego como tal, sus programas contribuyen a crear condiciones habilitantes para la implementación de tecnologías eficientes y sostenibles:

- Proyecto Canje de Deuda para la Adaptación al Cambio Climático en Guatemala, una iniciativa financiada por el Banco de Desarrollo Alemán (KfW), orientada a fortalecer la resiliencia de comunidades vulnerables, especialmente en el Corredor Seco. El proyecto promueve prácticas agrícolas sostenibles, la conservación de suelos, el manejo del recurso hídrico y la

diversificación de cultivos resistentes a las sequías. Además, ha impulsado la construcción de cosechadores de agua de lluvia, sistemas agroforestales y viveros forestales comunitarios.

- Proyectos gestionados por el MARN en restauración y resiliencia: se incluyen EbALAC, RELIVE, RESICLIMA y el programa regional Flagship, todos enfocados en la restauración ecológica y la mejora de la resiliencia climática en comunidades rurales del Corredor Seco.
- Gestión Ambiental Municipal: el MARN brinda apoyo técnico a municipios para la elaboración de Planes de Ordenamiento Territorial y Ambiental, los cuales incorporan el uso sostenible del suelo agrícola y la planificación ambiental local.
- Promoción de prácticas agroecológicas y restauración de cuencas: como parte de sus enfoques de sostenibilidad, el MARN fomenta acciones orientadas a conservar el entorno natural y mejorar la capacidad adaptativa de los sistemas productivos.
- Viceministerio del Agua: dentro del MARN opera esta instancia encargada de liderar las mesas de cuenca, espacios interinstitucionales para la promoción de un manejo integral del recurso hídrico con enfoque territorial y participativo.
- Programa Nacional de Restauración del Paisaje Forestal (PNRPF): aunque enfocado en la reforestación y restauración ecológica, este programa incluye prácticas agroforestales y silvopastoriles que benefician directamente a comunidades rurales y agricultores. Se vincula a los sistemas agroforestales (SAF), una modalidad dentro de los incentivos forestales PINPEP y Probosque, administrados por el INAB.
- Acciones bajo la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC): el MARN lidera esta estrategia nacional, que incluye líneas de acción específicas para el sector agrícola, tales como la reducción de emisiones, el fortalecimiento de la resiliencia de los sistemas productivos y el manejo integral del recurso hídrico para riego. El ministerio también impulsa planes y estrategias complementarias que incorporan el enfoque agrícola.
- Proyectos con cooperación internacional: se han implementado acciones en el marco de proyectos como REDD+ (Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de los bosques), Adaptación basada en Ecosistemas (AbE), y otras iniciativas financiadas por el Fondo Verde del Clima. Estas intervenciones han incluido actividades productivas sostenibles en territorios indígenas y zonas rurales. Entre ellas, se destaca también el Programa de Reducción de Emisiones (PRE), que plantea mecanismos de pagos por resultados a nivel subnacional, alineados con la Estrategia Nacional de REDD+.

### **Participación en políticas públicas y coordinación interinstitucional**

El MARN participa activamente en la formulación, implementación y seguimiento de políticas públicas relacionadas con el cambio climático, la restauración ecológica y el uso sostenible del agua, aspectos estrechamente vinculados al desarrollo agrícola en territorios rurales. Su rol se centra en la articulación técnica y ambiental de estas políticas, aportando criterios de sostenibilidad y resiliencia, en todo el país.

Entre los instrumentos más relevantes en los que el MARN ha tenido participación directa o liderazgo se encuentran:

- La Política Nacional de Cambio Climático, establecida mediante el Acuerdo Gubernativo 329-2009, incluye líneas de acción específicas para el sector agrícola como la reducción de emisiones, la resiliencia de sistemas productivos y el manejo integral del recurso hídrico para riego.

*Nota: En la página del Ministerio se pueden consultar otras políticas relevantes. Las mencionadas aquí corresponden a aquellas en las que la Dirección de Cambio Climático ha tenido injerencia directa, aunque existen más.*

- El Plan Nacional de Restauración del Paisaje Forestal, que establece las bases para la recuperación de ecosistemas productivos y la integración de prácticas agroforestales.
- La Estrategia Nacional REDD+, en la que el MARN ha promovido la incorporación de territorios rurales e indígenas en acciones de reducción de emisiones por deforestación y degradación, incluyendo actividades productivas sostenibles.
- El Programa de Reducción de Emisiones (PRE), como parte de la estrategia REDD+, que plantea esquemas de pagos por resultados a nivel subnacional.
- Proyectos de cooperación internacional, como los impulsados en el marco del Fondo Verde del Clima, la Adaptación basada en Ecosistemas (AbE), y otros proyectos como RELIVE y RESICLIMA, que han involucrado procesos de gobernanza climática territorial con enfoque productivo.
- El PROANDYS (Programa de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía en Guatemala), impulsado por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). Su objetivo es combatir la degradación de tierras y mitigar los efectos de la sequía en el país, especialmente en zonas vulnerables como el Corredor Seco. Entre otros.

A través de estos espacios, el MARN cumple funciones clave como coordinador técnico, validador ambiental y facilitador de articulación interinstitucional, contribuyendo a integrar el enfoque climático en programas relacionados con la agricultura, el agua y el desarrollo rural.

### **Relación con subsidios, incentivos y cooperación internacional**

El MARN no administra directamente programas de subsidio agrícola, pero mantiene una participación activa en el acompañamiento técnico y ambiental de iniciativas que otorgan incentivos o financiamiento para actividades productivas sostenibles. Su rol se centra en asegurar que estos proyectos sean coherentes con los marcos normativos ambientales y los compromisos climáticos del país.

En el ámbito de los incentivos forestales, el MARN se vincula con programas como PINPEP y Probosque, administrados por el Instituto Nacional de Bosques (INAB), a través de su participación en la promoción de Sistemas Agroforestales (SAF). Estos sistemas forman parte del enfoque de restauración de paisajes y contribuyen a la sostenibilidad de medios de vida rurales.

Además, el Ministerio participa como contraparte técnica en proyectos financiados por organismos internacionales como el Fondo Verde del Clima, especialmente en iniciativas como REDD+, el Programa de Reducción de Emisiones (PRE), y otras intervenciones que integran actividades agrícolas

con acciones de adaptación al cambio climático y restauración ambiental. En estos espacios, el MARN colabora en la validación ambiental y la coherencia técnica de los proyectos, velando por el cumplimiento de estándares climáticos y sociales.

A través de la Unidad de Cooperación Internacional, el MARN también gestiona financiamiento y asistencia técnica con organismos regionales e internacionales. Su objetivo es obtener recursos para implementar programas y proyectos ambientales, incluyendo iniciativas de adaptación al cambio climático y conservación de recursos naturales.

### **Promoción de tecnologías de riego sostenible**

Aunque el MARN no ejecuta directamente proyectos de riego, promueve activamente el uso de tecnologías de riego eficiente como parte de sus estrategias de adaptación al cambio climático, restauración ecosistémica y manejo integrado del recurso hídrico. Su enfoque se basa en generar condiciones habilitantes para la adopción de prácticas sostenibles, especialmente en comunidades rurales e indígenas afectadas por el cambio climático.

A través de programas como el de Adaptación al Cambio Climático en el Corredor Seco y el enfoque de Adaptación basada en Ecosistemas (AbE), el Ministerio ha impulsado el acceso a tecnologías que mejoran la eficiencia en el uso del agua para riego, tales como:

- Riego por goteo en parcelas familiares y comunitarias.
- Cosecha de agua y reservorios rurales vinculados a proyectos de restauración.
- Manejo de microcuencas para garantizar disponibilidad hídrica.
- Infraestructura de captación y distribución de agua en territorios con estrés hídrico.
- Fortalecimiento de juntas comunitarias de agua para la gestión local del recurso.

Estas tecnologías se han promovido especialmente en municipios del Corredor Seco como Rabinal y San Miguel Chicaj, donde el MARN ha identificado condiciones de alta vulnerabilidad climática, degradación ambiental y necesidad urgente de soluciones sostenibles para la producción agrícola.

### **Enfoque de género y participación comunitaria**

El MARN incorpora el enfoque de género en sus estrategias institucionales, reconociendo la importancia de garantizar la participación equitativa de mujeres y hombres en la gestión ambiental y climática. Este compromiso se refleja en la implementación de acciones afirmativas dentro de programas de adaptación y restauración.

Además, el MARN ha desarrollado la Política Institucional de Equidad de Género, con un Plan de Implementación 2022–2026, que busca fortalecer la participación de las mujeres en la gestión ambiental y el cambio climático.

En el marco de proyectos como REDD+, RELIVE, RESICLIMA y otras iniciativas financiadas por cooperación internacional, el MARN ha impulsado procesos participativos con comunidades rurales e

indígenas, promoviendo la inclusión activa de las mujeres en actividades productivas sostenibles, gobernanza comunitaria y planificación local.

Asimismo, se ha trabajado en la instalación de mesas de cuenca como espacios de gestión participativa del recurso hídrico, donde se promueve el involucramiento de diversos actores comunitarios, incluyendo mujeres, jóvenes y líderes locales. Estas mesas, impulsadas desde el Viceministerio del Agua, constituyen un mecanismo relevante para la articulación de acciones de adaptación y fortalecimiento de capacidades locales en territorios vulnerables.

### **Conexión con tecnologías de riego solar y sostenibilidad agrícola**

El MARN reconoce que la expansión del riego en zonas vulnerables debe estar estrechamente vinculada a estrategias de adaptación climática y restauración de ecosistemas. Por ello, ve con buenos ojos la promoción de sistemas de bombeo solar de agua para riego siempre que estén acompañados de:

- Un diseño técnico basado en las capacidades de recarga hídrica
- Formación comunitaria para su operación y mantenimiento
- Participación activa de mujeres y juventudes rurales
- Articulación con procesos de gobernanza ambiental y planificación municipal

## **4.1.02. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación**

### **Enfoque institucional y rol estratégico**

El Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) es la entidad estatal responsable de formular y ejecutar las políticas públicas para el desarrollo agropecuario y rural en Guatemala. Su mandato incluye el impulso a la producción agrícola, la seguridad alimentaria, el acceso a mercados, el financiamiento rural y la asistencia técnica.

Opera a nivel nacional, regional y municipal, y cuenta con una presencia territorial sólida a través de sus Agencias Municipales de Extensión Rural (AMER) y los Centros de Aprendizaje para el Desarrollo Rural (CADER), estructuras operativas que permiten un contacto directo y continuo con pequeños productores en comunidades rurales como Rabinal y San Miguel Chicaj.

A través de su estructura descentralizada y el trabajo de sus extensionistas, el MAGA lidera acciones en producción agropecuaria, agricultura familiar, cadenas de valor, y adaptación al cambio climático. Su enfoque institucional se orienta a mejorar la productividad agrícola, promover el acceso a tecnologías sostenibles y fortalecer la resiliencia de los sistemas productivos, especialmente en zonas vulnerables como el Corredor Seco, donde se implementan planes específicos para enfrentar la inseguridad alimentaria y el estrés hídrico.

*Esta información se basa en una encuesta aplicada a personal técnico del MAGA en la ciudad de Guatemala.*

### **Programas y acciones relevantes para la agricultura y el riego**

El MAGA impulsa múltiples programas que apoyan la agricultura y el desarrollo de sistemas de riego sostenibles, con especial énfasis en la mejora de capacidades locales, el acceso a financiamiento y la eficiencia hídrica:

- FONAGRO: fondo nacional que financia riego tecnificado, reservorios, insumos agrícolas, maquinaria, capital de trabajo e infraestructura. También canaliza asistencia técnica y favorece el acceso a financiamiento en condiciones accesibles.
- DYAPRID: Programa de Desarrollo Integral en Áreas con Potencial de Riego y Drenajes, diseñado como una alternativa de fondos retornables para ampliar áreas bajo riego y fortalecer capacidades organizativas de grupos de agricultores.
- Programa de entrega de insumos agrícolas: implementado anualmente para apoyar la producción de granos básicos a través de la distribución de fertilizantes y semillas mejoradas.
- Planes de atención al Corredor Seco: combinan apoyo financiero y técnico con enfoque en resiliencia climática, acceso al agua y productividad sostenible.
- Política de Agricultura Familiar (PAFEC): promueve la producción local, acceso a tecnología, compras públicas, y fortalecimiento organizativo de pequeños productores.
- Programas de capacitación técnica: incluyen producción agroecológica, conservación de suelos, sanidad vegetal, riego eficiente, uso de bioinsumos, y técnicas de adaptación al cambio climático.

### **Asistencia técnica y fortalecimiento de capacidades**

El MAGA lidera la asistencia técnica a nivel local a través de extensionistas que trabajan desde las AMER y con el apoyo de los CADER. Estas estructuras ofrecen capacitación en:

- Buenas prácticas agrícolas y conservación de suelos
- Técnicas de riego eficiente y cosecha de agua
- Producción agroecológica y regenerativa
- Manejo postcosecha y comercialización
- Elaboración de planes de cultivo, análisis de rentabilidad y finanzas rurales básicas

Esta asistencia está dirigida a hombres y mujeres, con una creciente inclusión de mujeres rurales en escuelas de campo y programas de liderazgo local.

### **Relación con subsidios, incentivos y financiamiento**

El MAGA canaliza subsidios e incentivos a través de diversos programas propios y en articulación con entidades financieras y de cooperación. Destacan:

- FONAGRO, que otorga subsidios e incentivos para riego tecnificado, reservorios, mecanización e insumos.
- Proyectos con FAO, FIDA, BID y GIZ, que proporcionan insumos, equipos de riego y apoyo técnico a comunidades rurales.

- Mecanismos de financiamiento canalizados a través de BANRURAL, cooperativas de ahorro y crédito y programas gubernamentales, con esquemas de fondos rotatorios y líneas de crédito subsidiadas.

### **Promoción de tecnologías de riego sostenible**

El MAGA promueve el uso de tecnologías de riego eficiente como parte de sus políticas agrícolas y climáticas, especialmente en zonas con déficit hídrico. Estas tecnologías son impulsadas a través de sus programas y unidades de riego departamentales, así como mediante proyectos ejecutados con apoyo de la cooperación internacional.

Entre las principales prácticas promovidas se encuentran:

- Riego por goteo, aspersión y microaspersión.
- Reservorios rurales.
- Técnicas de cosecha de agua.
- Riego solar, especialmente en zonas aisladas donde el acceso a electricidad es limitado.

Estas tecnologías son complementadas con procesos de asistencia técnica y formación liderados por los equipos de extensión rural del Ministerio.

### **Enfoque de género y pueblos indígenas**

El MAGA, a través de su Unidad de Género, promueve la inclusión de mujeres en sus programas agrícolas. Se implementan acciones afirmativas en la entrega de insumos y asistencia técnica, además de fomentar escuelas de campo y grupos productivos liderados por mujeres. Las capacitaciones están dirigidas a hombres y mujeres, aunque la participación masculina suele ser mayor.

Asimismo, se apoya la formación en liderazgo, comercialización y producción agrícola para grupos de mujeres rurales, con coordinación de agencias como ONU Mujeres y FAO. Desafíos identificados

### **Conexión con tecnologías de riego solar y sostenibilidad agrícola**

El MAGA reconoce el potencial del bombeo solar como alternativa viable para el riego en zonas de difícil acceso y sin energía convencional. Su adopción, sin embargo, debe ir acompañada de:

- Capacitación práctica en instalación, operación y mantenimiento
- Esquemas de financiamiento accesibles para pequeños productores
- Asociatividad comunitaria para uso colectivo de tecnologías
- Articulación con actores técnicos como empresas solares y ONG rurales

El Ministerio manifiesta su disposición a colaborar en la identificación de beneficiarios, la formación técnica y la facilitación de vínculos institucionales y financieros que permitan la escalabilidad del modelo.

Tabla 2. Potencial institucional para la articulación intersectorial en riego sostenible: MARN y MAGA

Aspecto	MARN	MAGA
Nivel de operación	Nacional y regional	Nacional, regional y municipal
Áreas clave de intervención	Medio ambiente, recursos hídricos, cambio climático, restauración ecológica	Agricultura, asistencia técnica, asociatividad, financiamiento, seguridad alimentaria
Programas relevantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Programa de Adaptación al Cambio Climático</li> <li>-Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH)</li> <li>-Adaptación basada en Ecosistemas (AbE)</li> <li>-Programa Nacional de Restauración del Paisaje Forestal - Planes de Ordenamiento Territorial y Ambiental</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-FONAGRO (financiamiento para riego, insumos, maquinaria)</li> <li>-Programa de Entrega de Insumos Agrícolas</li> <li>-Planes especiales para el Corredor Seco</li> <li>-Programas de agricultura familiar y resiliencia climática</li> </ul>
Participación en políticas públicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC)</li> <li>-Estrategia Nacional de Agricultura Sostenible Adaptada al Clima (con MAGA)</li> <li>-Planes Departamentales de Adaptación - REDD+ y restauración de paisajes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Política de Agricultura Familiar (PAFEC)</li> <li>-Programas de apoyo a la comercialización y acceso a mercados</li> <li>-Participación en mesas técnicas y planes estratégicos territoriales</li> <li>-Coordinación con BANRURAL y cooperativas rurales</li> </ul>
Aportes al proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Aval técnico-ambiental de proyectos</li> <li>-Coordinación en planes de adaptación</li> <li>-Promoción de prácticas de restauración hídrica</li> <li>-Articulación con fondos climáticos internacionales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Identificación de beneficiarios - Asistencia técnica directa a través de CADER y AMER</li> <li>-Formación en riego eficiente y agroecología</li> <li>-Facilitador institucional con alta presencia territorial</li> </ul>
Relación con subsidios o incentivos	<p>No otorga directamente, pero coordina técnica y ambientalmente con:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-FONAGRO (MAGA)</li> <li>-PINPEP / PROBOSQUE (INAB)</li> <li>-Cooperación internacional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Otorga y gestiona directamente a través de:</li> <li>-FONAGRO - Proyectos con cooperación internacional (FAO, FIDA, GIZ)</li> <li>-Coordinación con programas municipales</li> </ul>
Tecnologías de riego promovidas	-Riego por goteo, aspersión, cosecha de agua, infraestructura hídrica en microcuencas (vía proyectos climáticos)	-Riego por goteo, aspersión, microaspersión, reservorios, distribución por gravedad, bombeo solar en zonas remotas
Enfoque de género	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Política institucional de equidad de género</li> <li>-Estrategias diferenciadas en planes de adaptación y proyectos de cooperación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Unidad de Género institucional</li> <li>-Escuelas de campo lideradas por mujeres</li> <li>-Apoyo a grupos productivos de mujeres rurales</li> </ul>

Aspecto	MARN	MAGA
Limitaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>-No ejecuta programas agrícolas directamente</li> <li>-Necesidad de mayor articulación con MAGA e INAB</li> <li>-Escasa cobertura municipal en planificación ambiental</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Requisitos burocráticos en acceso a créditos</li> <li>- Falta de garantías de los productores</li> <li>-Limitada cobertura de asistencia técnica en algunas zonas</li> </ul>
Oportunidades clave	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Punto focal para proyectos climáticos de gran escala</li> <li>-Incidencia técnica en diseño de políticas públicas</li> <li>-Coordinación ambiental de programas agrícolas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Fuerte estructura institucional y presencia local (CADER, AMER)</li> <li>-Capacidad de movilizar recursos nacionales e internacionales</li> <li>-Actor clave para la implementación de proyectos de riego sostenible</li> </ul>

### 4.1.03. Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nutricional

La Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nutricional (SESAN) forma parte del Sistema Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional (SINASAN), creado mediante el Decreto 32-2005 del Congreso de la República. Tiene el mandato de coordinar, planificar, integrar y monitorear las intervenciones en seguridad alimentaria y nutricional (SAN) en articulación con instituciones del sector público, sociedad civil y cooperación internacional. A nivel departamental y municipal, opera mediante estructuras de consulta y participación como los CODESAN, COMUSAN y COCOSAN.

En Baja Verapaz, SESAN ha acompañado activamente el funcionamiento de las COCOSAN, comisiones comunitarias que permiten visibilizar necesidades alimentarias y nutricionales desde las comunidades. Estas comisiones —aunque no tienen poder de decisión— funcionan como puntos focales para la detección de casos de desnutrición y situaciones de vulnerabilidad.

#### Participación comunitaria y enfoque de género

En la región, SESAN ha promovido activamente la organización de mujeres en torno a las COCOSAN, y anualmente realiza un levantamiento de necesidades de capacitación. En base a estos diagnósticos, se elabora un plan local de desarrollo de capacidades. Los contenidos de formación incluyen: higiene, alimentación saludable, manipulación de alimentos, derechos de las mujeres, desnutrición, elaboración de alimentos (como tortillas o arroz multicolor con hortalizas), y temas relacionados con el uso seguro del agua, reciclaje y saneamiento.

Las capacitaciones son diferenciadas según las condiciones locales. Por ejemplo, en comunidades como El Tumbado, Dolores, Los Hernández y Pachalum, se pone énfasis en la conservación de alimentos y acceso al agua, debido a los altos índices de desnutrición. Entre 2020 y 2022 se reportaron 10 casos en Rabinal y 2 en San Miguel Chicaj, siendo este último el municipio con menor prevalencia reportada.

#### Proceso de creación de las COCOSAN

La conformación de una COCOSAN no es un proceso automático, ya que requiere autorización política a nivel comunitario. El procedimiento inicia con la solicitud formal ante la alcaldía municipal, especificando la necesidad de crear una comisión. El alcalde debe someter esta solicitud a consideración del COCODE correspondiente, quien representa a la comunidad ante el Consejo Departamental de Desarrollo. Si se aprueba, el acuerdo queda asentado en el libro de actas comunitario. Este proceso puede dificultar la creación de nuevas comisiones, especialmente en comunidades con menor organización o donde los COCODE no priorizan temas relacionados con seguridad alimentaria y nutricional.

### **Vínculo con otras instituciones y articulación intersectorial**

SESAN coordina actividades comunitarias en fechas conmemorativas como el Día Mundial de la Alimentación, y promueve intercambios entre COCOSAN para compartir buenas prácticas. También trabaja de forma articulada con otras instituciones como los CADER del MAGA, y organizaciones comunitarias de mujeres, fortaleciendo el enfoque multisectorial de la SAN.

Además, se reconoce el apoyo complementario del Mineduc y el MIDES. El Mineduc continúa con la alimentación escolar, aunque desde la pandemia la entrega de alimentos se hace en bolsas semanales, lo que ha modificado el consumo dentro de las escuelas. En San Miguel Chicaj, se ha observado que muchas familias usan los insumos para consumo general, sin enviarlos cocinados a los centros educativos. Por su parte, el MIDES implementa transferencias condicionadas (“bono para la desnutrición”) a familias vulnerables con niños, vinculadas al cumplimiento de asistencia escolar y controles de salud.

### **Desafíos identificados**

Entre los principales desafíos identificados por SESAN se encuentran:

- Limitaciones de acceso a alimentos nutritivos o semillas para huertos familiares.
- Alta incidencia del consumo de alimentos ultraprocesados, especialmente en zonas urbanas, que ha desplazado dietas tradicionales más nutritivas.
- Dependencia del aval político local para conformar nuevas COCOSAN, lo que puede limitar su expansión.
- Necesidad de continuar fortaleciendo capacidades en las comunidades para lograr una mejor articulación entre seguridad alimentaria y acceso sostenible al agua.

### **Conexión con tecnologías de riego**

Aunque SESAN no implementa proyectos de riego directamente, reconoce la importancia de mejorar el acceso al agua para la producción de alimentos como un factor clave para prevenir la desnutrición. Desde su experiencia, el fortalecimiento de huertos familiares con acceso a agua segura, acompañado de formación y organización comunitaria, puede tener un impacto directo sobre la nutrición, especialmente en mujeres y niños en situación de vulnerabilidad.

## **4.2. Dirección Municipalidad de Planeación**

La Dirección Municipal de Planificación (DMP) es la unidad técnica encargada de coordinar los procesos de planificación y programación del desarrollo en el ámbito municipal, conforme a la normativa guatemalteca en materia de gestión pública. Entre sus funciones principales se encuentran:

- Elaborar el Plan de Desarrollo Comunal, el Plan Anual de Inversiones y el Presupuesto Anual Municipal, que son sometidos a aprobación del Concejo Municipal.
- Asegurar la compatibilidad técnica entre los planes y programas locales y el Plan de Desarrollo Regional.
- Asesorar en la formulación y seguimiento de proyectos municipales, en coherencia con el enfoque de planificación por resultados.

### **Situación actual y prioridades identificadas**

Durante la entrevista realizada a la DMP de San Miguel Chicaj, se constató que las inversiones municipales en recursos hídricos están orientadas fundamentalmente al abastecimiento de agua para consumo humano, sin que se contemple el desarrollo de infraestructura de riego o sistemas de bombeo para cultivos. Se identificaron tres proyectos activos relacionados con pozos de agua en comunidades como Los Guzmán, San Juan, La Cruz, Los Hernández y Cantón Sandoval, todos con caudales aproximados de 150 galones por minuto, pero diseñados exclusivamente para uso doméstico.

Las DMP indicó que sus acciones priorizan el trabajo con grupos organizados, especialmente con enfoque hacia mujeres rurales, lo cual es consistente con los lineamientos actuales de género y gobernanza local.

Se reconoce, por otro lado, la inclusión de temas de adaptación al cambio climático en los planes anuales de las municipalidades. La DMP reporta coordinación con instituciones como EVALAC, FAO, GYT y CATIE.

## **4.3. Dirección Municipal de la Mujer en San Miguel Chicaj**

### **Marco institucional y funciones principales**

La Dirección Municipal de la Mujer (DMM) de San Miguel Chicaj se encuadra dentro del marco de las Oficinas Municipales de la Mujer (OMM), surgidas a partir del Decreto 022-2010 y fortalecidas con el Decreto 39-2016. Estas estructuras descentralizadas tienen como función principal implementar la Política Nacional de Promoción y Desarrollo Integral de las Mujeres (PNPDIM) a nivel municipal. La DMM es responsable de fomentar el liderazgo comunitario femenino, promover la participación económica, social y política de las mujeres, coordinar acciones relacionadas con sus derechos y velar por su inclusión en las políticas públicas locales. En San Miguel Chicaj, esta tarea es liderada por María de Jesús Tecú, quien articula los esfuerzos de distintas organizaciones y actores locales para favorecer el desarrollo integral de las mujeres rurales.

### **Participación de las mujeres en el nexos agua-energía-alimentos**

La DMM destaca que las mujeres del municipio tienen una participación activa en la producción de alimentos, vinculada al acceso al agua y al uso de energía para el bombeo. Las mujeres cultivan principalmente hortalizas y árboles frutales para consumo familiar, utilizando pequeñas áreas de terreno en los alrededores de sus viviendas. Los cultivos incluyen acelga, espinaca, apio, cebolla, cilantro, frijol negro, chipilín, bledo y amaranto, además de maíz, milpa, manía, tomate, sandía, pepino, chile y ejote. Debido a la falta de acceso a redes de agua formales en muchas comunidades, la mayoría de las familias extrae agua de pozos artesanales utilizando bombas eléctricas. La ubicación de las aldeas y la disponibilidad de agua son factores determinantes en la diversidad y éxito de las siembras.

### **Proyectos impulsados y alianzas estratégicas**

La DMM ha gestionado numerosos proyectos en coordinación con diversas organizaciones. Con el apoyo de KfW hasta 2023, se implementaron iniciativas de capacitación y entrega de secadores solares para frutas y plantas, así como sistemas de captación de agua de lluvia mediante charcas recubiertas con geomembranas. Estas acciones beneficiaron principalmente a caseríos como San Juan, El Llano y Los Hernández. La colaboración con MAGA ha permitido fortalecer la capacitación en producción de hortalizas y preparación de alimentos, mientras que el trabajo conjunto con CARITAS, a través de la iniciativa Pro-Raíces, ha impulsado la creación de parcelas sensibles a la nutrición para mejorar la seguridad alimentaria local. A esto se suman las acciones de la SESAN en formación sobre manipulación de alimentos y los aportes de la OIM y Plan Internacional en temas de empleabilidad y habilidades blandas. La DMM también ha distribuido pilones agrícolas como parte de los procesos de formación y fomento productivo.

### **Condiciones de acceso a la tierra y situación económica**

La realidad económica de las mujeres en San Miguel Chicaj está marcada por un acceso limitado a la propiedad de la tierra. Aunque algunas reciben derechos de uso familiar, los registros de propiedad están tradicionalmente a nombre de los hombres. Ante estas restricciones, muchas mujeres recurren a la venta de excedentes agrícolas en los mercados locales o alquilan parcelas por montos que oscilan entre Q2,000 y Q2,500 mensuales para la producción de hortalizas. Otras optan por emplearse como jornaleras agrícolas en fincas locales o migrar a otras regiones, como Salamá, Esquipulas, e incluso a Estados Unidos. Las condiciones laborales son precarias, con ingresos que varían entre Q80 por día o pagos a destajo que pueden alcanzar Q200 diarios, aunque los periodos de cosecha son breves y la rentabilidad disminuye después de los primeros cortes.

### **Iniciativas de ahorro comunitario y resiliencia financiera**

Para fortalecer la resiliencia financiera de las mujeres rurales, la DMM, en alianza con CARITAS e IEPADES, ha impulsado la formación de grupos de ahorro comunitario. Estos grupos operan bajo un esquema organizativo básico y permiten a las participantes acceder a pequeños préstamos para enfrentar emergencias, especialmente de salud. Las decisiones sobre préstamos y tasas de interés se toman de manera colectiva, fomentando la autogestión económica. Las rifas, multas por inasistencia y otros mecanismos internos fortalecen los fondos de ahorro, que al final del año se distribuyen entre

las integrantes activas. Este modelo ha demostrado ser una herramienta eficaz para reducir la dependencia de sistemas financieros formales y fortalecer la autonomía económica de las mujeres.

### **Articulación interinstitucional y fortalecimiento de capacidades**

La Dirección Municipal de la Mujer coordina esfuerzos con múltiples instituciones para ampliar las oportunidades disponibles para las mujeres rurales. Con el MAGA se promueve la capacitación agrícola y la entrega de insumos como pilones; con el MIDES se articulan ferias de emprendimiento, becas educativas y programas de transferencias condicionadas; con la SESAN se refuerzan prácticas de nutrición y alimentación escolar, y con la SOSEP, aunque actualmente sin delegada activa, se han impulsado en años anteriores capacitaciones en repostería, bisutería y envasados. La DMM también desarrolla su propio Plan Anual de Desarrollo de Capacidades, diseñado en respuesta a las solicitudes directas de las mujeres organizadas, integrando temas de habilidades blandas, autocuidado emocional y fortalecimiento del tejido social.

### **Derechos de las mujeres, participación política y liderazgo**

Además de los aspectos productivos y económicos, la DMM trabaja activamente en la promoción de los derechos de las mujeres y en la sensibilización sobre la violencia de género. Si bien el número de denuncias registradas es bajo, se reconoce la existencia de un subregistro significativo. La DMM facilita información sobre las rutas de denuncia y realiza procesos de prevención de violencia en comunidades. En cuanto a la participación política, aunque actualmente no hay mujeres en el consejo municipal, las mujeres lideran instituciones clave como el Centro de Salud, el MIDES, el Ministerio Público y el Tribunal Supremo Electoral a nivel municipal. En 2019, una mujer se postuló como candidata a la alcaldía, reflejando avances en la participación ciudadana, aunque persisten barreras relacionadas con el acceso a recursos para financiar campañas electorales.

## **4.4. Dirección Municipal de la Mujer en Rabinal**

### **Marco institucional y líneas de acción**

La Dirección Municipal de la Mujer (DMM) de Rabinal trabaja en la implementación de la Política Nacional de Promoción y Desarrollo Integral de las Mujeres (PNPDIM), enfocándose en el fortalecimiento de capacidades económicas, productivas y sociales de las mujeres rurales. Según información proporcionada por la exdirectora Norma Chen, quien lideró la institución hasta 2023, el principal énfasis de su gestión fue la capacitación para el emprendimiento como vía para mejorar la calidad de vida de las mujeres y sus familias.

Una de las iniciativas destacadas fue la promoción de un grupo de diez mujeres que recibieron formación en el Centro de Capacitación “Las Gravileas” en Antigua Guatemala. Como resultado de esta experiencia, la municipalidad creó la escuela de corte y confección, ampliando así las oportunidades de formación técnica y generación de ingresos para las mujeres de Rabinal. Asimismo, en asociación con el Ministerio de Economía (MINECO), se promovió la innovación artesanal mediante

la elaboración de 19 modelos de cestos y tapetes de hilos, apoyando la diversificación de productos locales.

### **Articulación comunitaria y fortalecimiento de capacidades productivas**

El municipio de Rabinal también ha contado con el impulso de iniciativas impulsadas por actores externos. Desde los años 1980, el Centro de Formación Familiar (CIF) fundado por Fundazúcar, ha brindado espacios de capacitación y formación. A partir de 2018, esta iniciativa fue transferida a la Asociación de Jóvenes Fe y Alegría, quienes continúan su labor de fortalecimiento comunitario.

Por otro lado, los CADER, promovidos por el MAGA desde 2016, han representado una plataforma fundamental para el trabajo organizado de mujeres rurales en la capacitación técnica, extensión agrícola y fortalecimiento de la seguridad alimentaria local.

La DMM, en coordinación con la Defensoría de la Mujer Indígena (DEMI), promovió diplomados dirigidos a mujeres indígenas, centrados en temas de cultivo de hortalizas y producción de semillas locales. A la par, se impulsaron prácticas innovadoras como la siembra por rotación, la introducción de árboles y flores ornamentales, y la recuperación de cultivos tradicionales como el limón criollo. Con apoyo del MAGA, se realizaron también campañas de vacunación de aves de corral, cerdos y bovinos, contribuyendo a la diversificación de ingresos y mejora de la nutrición rural.

La organización ASECSA trabajó específicamente en el área de Panacal, promoviendo la instalación de estanques para la crianza de peces, como estrategia alternativa frente a las pérdidas recurrentes en los cultivos de maíz en las zonas más afectadas.

### **Adaptación agrícola a la diversidad de microclimas**

Rabinal presenta una gran variabilidad climática que influye directamente en las prácticas agrícolas y los sistemas de riego utilizados por las mujeres rurales. De acuerdo con la información proporcionada:

- En la parte alta (Aldea El Sauce, Rabinal a Chichupac, camino a Granados), donde el acceso al agua es más constante, el riego se realiza principalmente mediante aspersión y los cultivos dominantes son el maíz y el pasto.
- En la parte intermedia (caseríos Piedra de Cal, Pichec, Panacal), el riego depende de corrientes de agua de río, y el cultivo principal son las hortalizas.
- En la parte baja (caseríos Nimacabaj, Xiticoy, Palimonix, Pachalum), donde predomina la resequedad, las mujeres aplican métodos ancestrales de captación de agua de lluvia para sostener cultivos resistentes como maíz, manía, caña, frijol, amaranto y otras hortalizas.

Este conocimiento y adaptación territorial ha permitido mantener prácticas agrícolas resilientes, a pesar de las limitaciones de agua y los efectos crecientes del cambio climático.

### **Acciones recientes de resiliencia y respuesta climática**

En respuesta a los efectos de la sequía, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) ha promovido recientemente la organización de grupos de mujeres “centinelas”

en comunidades como Nimacabaj, Vegas del Volcán y Chivac. Estos grupos tienen como objetivo fortalecer la vigilancia y la capacidad de respuesta comunitaria frente a los impactos climáticos adversos.

### **Dinamismo de los grupos de ahorro comunitario**

Una estrategia de empoderamiento económico que ha ganado fuerza en Rabinal es la organización de grupos de ahorro comunitario, impulsados por CARITAS. Estas agrupaciones han logrado recaudar entre Q200,000 y Q300,000 anuales, evidenciando un sólido tejido social y financiero.

Los fondos de ahorro son utilizados de manera estratégica para:

- Gastos en salud de emergencia.
- Compra de materia prima para emprendimientos productivos.
- Mejoras en viviendas familiares.
- Compra de útiles escolares para sus hijos.

Las mujeres distribuyen sus inversiones de manera equilibrada, destinando aproximadamente el 50% al apoyo en las actividades agrícolas de sus esposos y el 50% al tejido artesanal. Solo aquellas mujeres que reciben remesas del extranjero, particularmente de esposos migrantes, dedican el 100% de sus recursos a actividades artesanales.

## **4.5. Cooperación Internacional: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura**

Las agencias de cooperación técnica desempeñan un papel esencial en los procesos de desarrollo sostenible, aportando asistencia técnica, financiamiento, fortalecimiento institucional y generación de conocimiento. Su capacidad para articular acciones a múltiples niveles institucionales y comunitarios las convierte en actores clave para la promoción y escalamiento de tecnologías innovadoras como el bombeo solar y el riego sostenible.

En este contexto, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) fue consultada durante el proceso de diagnóstico de prácticas de riego en los municipios de San Miguel Chicaj y Rabinal. Dos ingenieras especialistas de la FAO compartieron su visión sobre los proyectos de cooperación en la región, así como las oportunidades y desafíos para la adopción de tecnologías de riego sostenible y sistemas de bombeo solar. Esta interacción permitió identificar importantes sinergias que pueden orientar la implementación de soluciones sostenibles adaptadas a las condiciones de pequeños agricultores.

### **Experiencia territorial y enfoque de intervención**

De acuerdo con Lourdes Lobos, Técnica Territorial de la FAO, la agencia trabaja principalmente a nivel regional en Guatemala, siguiendo un enfoque alineado con los principios del proyecto de Fomento de Tecnologías Sostenibles de Riego. Entre sus áreas prioritarias de intervención destacan la agricultura

sostenible, la gestión de recursos hídricos, la seguridad alimentaria, el cambio climático, el desarrollo comunitario, la inclusión de género y el fortalecimiento institucional.

La FAO ha tenido presencia activa en los municipios de Rabinal y San Miguel Chicaj, a través de iniciativas orientadas a mejorar la seguridad alimentaria, tales como la instalación de huertos familiares equipados con sistemas de riego por goteo, y la promoción del acceso a incentivos forestales mediante la implementación de parcelas agroforestales. Estas acciones han contribuido a conservar la humedad del suelo, aumentar la cobertura vegetal y fomentar el uso de abonos orgánicos.

Uno de los programas destacados mencionados fue “Medios de Vida Resilientes de Pequeños Agricultores Vulnerables en los Paisajes Mayas y el Corredor Seco de Guatemala”, lo cual evidencia su experiencia directa en la región y con poblaciones similares a las que atiende el proyecto en curso.

### **Conocimiento sobre riego sostenible y bombeo solar**

Los proyectos de la FAO han incluido acciones específicas para asegurar el acceso al agua de riego, mediante sistemas de recolección de agua local. Aunque hasta ahora no han trabajado directamente con tecnologías de bombeo solar, tienen un claro entendimiento de las principales barreras para su adopción, entre ellas:

- Alto costo de inversión inicial.
- Falta de financiamiento accesible para pequeños productores.
- Desconocimiento de la tecnología y su mantenimiento.
- Escasa capacidad técnica local.
- Ausencia de modelos de negocio adaptados al perfil rural.

A pesar de estos desafíos, la FAO identifica múltiples factores que facilitarían la adopción de estas tecnologías, tales como: el acceso a financiamiento adaptado, programas de asistencia técnica permanente, capacitación específica para operación y mantenimiento, integración en políticas públicas agrícolas y una mayor coordinación interinstitucional.

La organización reconoce que, aunque actualmente no canaliza financiamiento directo para tecnologías de riego, existen mecanismos efectivos como subsidios directos, cofinanciamiento en proyectos, créditos con condiciones preferenciales, garantías para reducir riesgos crediticios e incentivos a proveedores tecnológicos.

### **Programas de capacitación y fortalecimiento de capacidades locales**

La FAO desarrolla programas de capacitación dirigidos a agricultores, en los que las mujeres representan una alta participación. Las temáticas abordadas incluyen manejo de cultivos, protección y sanidad vegetal, estrategias de adaptación climática, comercialización y acceso a mercados.

Aunque aún no han trabajado directamente en proyectos de instalación de sistemas de bombeo solar, la FAO destaca la importancia de formar no solo a los agricultores, sino también a técnicos locales,

líderes comunitarios, organizaciones de productores y personal de instituciones financieras rurales. Consideran esencial incluir en los programas formativos temas como:

- Operación y mantenimiento de sistemas de bombeo solar.
- Gestión eficiente del agua de riego.
- Evaluación de costos y beneficios de tecnologías sostenibles.
- Modelos de negocio rural adecuados para pequeñas unidades productivas.

### **Inclusión social, género y enfoque cultural**

La FAO implementa un plan de acción de género y un plan de participación de pueblos indígenas, con el objetivo de promover activamente la participación de mujeres y comunidades mayas en todos sus proyectos.

Sin embargo, reconocen que persisten barreras estructurales importantes, como la discriminación por género y etnicidad, la falta de confianza en las propias capacidades de las mujeres rurales y el desconocimiento técnico, lo que exige que las intervenciones se diseñen desde una perspectiva culturalmente sensible y basada en enfoques de derechos.

### **Cambio climático y resiliencia comunitaria**

En el ámbito de cambio climático, la FAO desarrolla estrategias orientadas a fortalecer la resiliencia comunitaria, mediante:

- Planes de manejo comunitario del agua.
- Promoción de prácticas agroforestales que conservan el suelo y aseguran el suministro hídrico.
- Fortalecimiento de la capacidad de adaptación agrícola frente a eventos climáticos extremos.

Estas acciones consolidan el compromiso de la FAO con la sostenibilidad agrícola y abren claras oportunidades de colaboración futura con el proyecto en curso, especialmente para impulsar soluciones de riego sostenible adaptadas a contextos rurales vulnerables.

## **4.6. Academia: Universidad de San Carlos-CunBAV**

### **Importancia estratégica de la academia en el proyecto**

La participación del sector académico representa un componente estratégico para el desarrollo y sostenibilidad de las intervenciones del proyecto, especialmente en lo relacionado con la generación de conocimiento, la formación de capacidades locales y la articulación entre saberes científicos y comunitarios. En el contexto de Rabinal y San Miguel Chicaj, la presencia de instituciones educativas de nivel superior facilita la vinculación con jóvenes profesionales, estudiantes y docentes que pueden contribuir al fortalecimiento de propuestas técnicas, sociales y ambientales desde una perspectiva territorial.

El trabajo conjunto con centros universitarios también permite reforzar procesos de investigación aplicada, promover el desarrollo de tecnologías apropiadas y crear espacios de diálogo entre actores comunitarios, técnicos e institucionales. En este sentido, la academia puede desempeñar un papel clave en la apropiación local de soluciones como el bombeo solar para riego, el manejo eficiente del agua y la consolidación de modelos de negocio inclusivos y sostenibles.

El Centro Universitario de Baja Verapaz (CUNBAV), perteneciente a la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), es una institución académica de referencia en la región. Con sede en San Miguel Chicaj, CUNBAV tiene como misión contribuir al desarrollo integral del departamento a través de programas de formación académica, extensión universitaria e investigación contextualizada.

### **Monitoreo agroclimático y generación de información local**

Actualmente, algunos estudiantes del CunBAV son responsables de monitorear una estación meteorológica local y una estación adicional de referencia, recolectando datos diarios sobre precipitación, temperatura, humedad relativa y evapotranspiración. Además de calcular la evapotranspiración como parte de su formación, los estudiantes instalan lisímetros de friáticos continuos, dispositivos que permiten medir la evapotranspiración real de los suelos.

Este esfuerzo tiene como objetivo construir bases de datos sólidas que permitan establecer un programa de alerta temprana climática, mejorando la predicción del comportamiento del clima, optimizando el uso del agua y ofreciendo a los productores información útil para su planificación agrícola.

### **Apoyo directo a proyectos productivos y colaboración con la FAO**

La CunBAV no sólo se limita al monitoreo climático, sino que también participa activamente en la aplicación práctica de capacidades técnicas en campo, fortaleciendo la agricultura familiar y la gestión del agua. Actualmente, brinda apoyo técnico directo a proyectos de la FAO en Rabinal y San Miguel Chicaj mediante la realización de aforos de pozos, proporcionando datos confiables para diseñar soluciones de riego adecuadas.

Esta articulación entre academia, cooperación internacional y productores rurales promueve un enfoque basado en evidencia y adaptado a los contextos reales del territorio.

### **Importancia de la evapotranspiración y adaptación tecnológica**

Consciente de que el uso eficiente del agua es crítico para la sostenibilidad agrícola, el CunBAV prioriza la enseñanza y aplicación práctica del concepto de evapotranspiración. No obstante, reconoce que para lograr una apropiación real en comunidades rurales, es necesario emplear metodologías prácticas y sencillas, como la construcción de lisímetros comunitarios, en lugar de enfoques estrictamente numéricos.

Actualmente, se mantienen lisímetros activos en los invernaderos del CunBAV, incluyendo monitoreos experimentales en cultivos de jamaica, considerada una alternativa de alta rentabilidad para zonas afectadas por estrés hídrico.

### **Diagnóstico del uso actual de tecnologías de riego en la región**

El diagnóstico territorial de USAC informa que el uso de tecnologías de riego tecnificado en Rabinal y San Miguel Chicaj es limitado. La mayoría de los agricultores opera con métodos tradicionales de inundación. El uso de cintas de riego o sistemas autocompensados es aún escaso, reflejando la falta de conciencia técnica sobre el manejo eficiente del agua.

Esto refuerza la necesidad de vincular los esfuerzos de monitoreo climático con estrategias de extensión rural y formación continua, para promover una verdadera cultura de uso racional del recurso hídrico.

### **Participación en la Mesa Técnica Agroclimática y estrategias de adaptación**

La CunBAV participa activamente en la Mesa Técnica Agroclimática de Baja Verapaz, espacio liderado por el MAGA, junto a otras instituciones como FAO y MARN. En este foro, se planea presentar los avances del programa de alerta temprana climática, poniendo a disposición datos localizados que respalden la toma de decisiones agrícolas.

Entre las estrategias de adaptación locales ya aplicadas destaca el cambio en las fechas de siembra. Ante la irregularidad de las lluvias, muchos productores han desplazado la siembra de granos básicos hacia mediados o finales de junio, evitando así que las etapas críticas de floración coincidan con el periodo seco de la canícula.

La participación activa de CunBAV en estos procesos contribuye al fortalecimiento de la resiliencia agrícola, a la sostenibilidad del manejo de recursos y a la construcción de soluciones adaptadas al contexto rural.

## **4.7. Organizaciones Basadas en la Comunidad**

Las Organizaciones Basadas en la Comunidad (OBC) desempeñan un papel fundamental en el tejido social y productivo de los municipios de Rabinal y San Miguel Chicaj. Estas organizaciones, conformadas por líderes locales, agricultores, mujeres y jóvenes, no solo contribuyen a la implementación de prácticas sostenibles, sino que también fortalecen la gobernanza comunitaria, la protección de los recursos naturales y la resiliencia frente al cambio climático.

Su accionar se articula en torno a la defensa del territorio, el impulso de la soberanía alimentaria, el rescate de conocimientos ancestrales, la promoción de tecnologías apropiadas como el riego sostenible, y la mejora de las condiciones de vida a través de iniciativas lideradas desde y para las comunidades.

En esta sección se presentan algunas de las OBC más relevantes identificadas en el territorio, incluyendo comités de desarrollo local (COCODEs), Centros de Aprendizaje para el Desarrollo Rural (CADER), asociaciones indígenas, y colectivos productivos con amplia trayectoria y legitimidad comunitaria. La información se basa en entrevistas, visitas de campo, e insumos técnicos proporcionados por actores clave del proyecto.

A continuación, se describen brevemente las principales organizaciones que se destacan por su compromiso, alcance territorial, y potencial de articulación con iniciativas vinculadas al desarrollo rural y la gestión sostenible del agua y la energía. Su presencia y experiencia las posicionan como aliados naturales para la adopción exitosa de soluciones de riego sostenible y tecnologías adaptadas al contexto comunitario.

#### **4.7.01. Consejos Comunitarios de Desarrollo**

Los COCODE son la base organizativa reconocida por la Ley de Consejos de Desarrollo Urbano y Rural en Guatemala, y representan el principal canal de participación ciudadana a nivel comunitario. Su función central es identificar necesidades locales, priorizar demandas y gestionar proyectos que mejoren las condiciones de vida en sus comunidades, articulándose con las estructuras municipales a través del Consejo Municipal de Desarrollo (COMUDE).

En el marco del proyecto, los Consejos Comunitarios de Desarrollo (COCODE) son actores estratégicos para facilitar el diálogo territorial, legitimar acciones en el ámbito comunitario, y promover una implementación más eficiente y adaptada de soluciones como el riego sostenible y el uso de tecnologías limpias.

Durante las visitas de campo realizadas en los municipios de Rabinal y San Miguel Chicaj, se entrevistó a líderes comunitarios que encabezan COCODE activos, incluyendo al Presidente del COCODE del Cantón Sandoval, y al Presidente del COCODE del Caserío Rincón de San Juan. Ambos reflejaron un liderazgo comprometido, un profundo conocimiento del territorio y una apertura al trabajo articulado con instituciones externas.

Según datos del Instituto Nacional de Estadística (INE):

- Rabinal cuenta con un total de 84 COCODE, distribuidos en sus aldeas, caseríos y centros poblados rurales.
- San Miguel Chicaj registra alrededor de 66 COCODE, conformando una red organizativa sólida que actúa como intermediaria entre las comunidades y las estructuras de gobernanza municipal.

Más allá de canalizar demandas colectivas, los COCODE desempeñan un papel fundamental en la gestión de recursos naturales, la gobernanza del agua y la inclusión de mujeres y jóvenes en los procesos de toma de decisiones comunitarias. Su involucramiento directo en el diseño e implementación de las acciones previstas en el proyecto será crucial para garantizar no sólo la

aceptación social de las tecnologías promovidas, sino también su apropiación, continuidad y sostenibilidad a largo plazo.

#### **4.7.02. Centros de Aprendizaje para el Desarrollo Rural**

Los Centros de Aprendizaje para el Desarrollo Rural (CADER) son estructuras comunitarias impulsadas por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), que funcionan como espacios de formación, intercambio de conocimientos y promoción de tecnologías agrícolas adaptadas a las condiciones locales. En los municipios de Rabinal y San Miguel Chicaj, los CADER representan plataformas clave para acercar la asistencia técnica, fomentar la innovación productiva y fortalecer capacidades entre pequeños agricultores y agricultoras.

Durante el desarrollo del proyecto, se identificaron CADER activos que operan bajo principios de colaboración, aprendizaje colectivo y adaptación tecnológica. Estos espacios promueven prácticas agroecológicas, uso eficiente del agua y producción diversificada, todos aspectos alineados con los objetivos del proyecto en torno al riego sostenible y el nexo agua-energía-alimentos.

Según datos oficiales del MAGA (2015), Rabinal cuenta con 42 CADER y San Miguel Chicaj con 40 CADER, configurando una red robusta de apoyo técnico y organizativo. Durante el trabajo de campo, se visitaron tres CADER activos en el territorio: dos en San Miguel Chicaj (ubicados en El Llano y Rincón de San Juan) y uno en Rabinal, en la comunidad de Guachipilín.

En el **Caserío Rincón de San Juan**, la coordinadora del CADER, explicó el proceso de conformación. Señaló que el MAGA identifica grupos de personas interesadas y comprometidas, quienes se enlistan para formar el CADER. Posteriormente, el MAGA presenta la propuesta en Asamblea Comunitaria ante el Presidente del COCODE para su aprobación formal.

En esta comunidad, inicialmente se conformó un solo CADER, con un registro de 45 personas. Sin embargo, debido a la amplitud territorial, el grupo fue dividido en dos CADER. Actualmente, uno de ellos mantiene una dinámica más sólida, con alrededor de 25 miembros activos, mientras que el otro enfrenta desafíos organizativos y cuenta únicamente con 5 miembros activos. Se están realizando esfuerzos de liderazgo comunitario para fortalecer la participación en el grupo más débil, con el objetivo de consolidar ambos espacios como núcleos efectivos de aprendizaje y desarrollo rural.

Cada CADER cuenta con una estructura básica: una presidenta, quien impulsa el crecimiento del grupo mediante la invitación a nuevas participantes, y una llevadora de cuentas, encargada de registrar los aportes económicos que los miembros destinan a la compra de semillas, insumos y al fondo de ahorro comunitario. Los productos agrícolas obtenidos se utilizan para consumo propio, y los excedentes son comercializados para generar ingresos adicionales o fortalecer los ahorros colectivos.

#### **Organización del apoyo técnico a los CADER**

En los territorios de Rabinal y San Miguel Chicaj, el acompañamiento técnico que respalda el funcionamiento de los CADER está organizado a través de la estructura de asistencia técnica del MAGA, que opera bajo tres perfiles especializados:

- **Técnico de Desarrollo Agropecuario Rural (DAR):** responsable de acompañar procesos productivos agrícolas a nivel comunitario.
- **Técnico de Agricultura Familiar (TAF):** encargado de fortalecer conocimientos sobre prácticas agrícolas sostenibles y diversificadas; complementariamente, una educadora nutricional imparte formación en preparación de alimentos nutritivos.
- **Técnico del Hogar Rural (THR):** enfocado en la transformación de alimentos y la organización de la vivienda (cocina, dormitorios, corrales), promoviendo la iniciativa de hogares saludables, con especial atención a la higiene y la salud familiar.

Esta estructura técnica brinda una atención integral a las comunidades rurales, combinando el fortalecimiento de capacidades productivas con la mejora de condiciones de vida, en línea con el enfoque de desarrollo rural sostenible impulsado por el proyecto.

### Articulación con otras organizaciones

Los CADER no trabajan de manera aislada. Han recibido apoyos de diversas entidades, entre ellas:

- **KfW (hasta 2023):** entrega de semillas de frijol y maíz, máquinas deshidratadoras, silos y apoyo financiero.
- **FAO:** asistencia técnica reciente en producción sostenible.
- **SHARE y Alterna:** acceso a microcréditos para emprendimientos de mujeres.
- **Corazón de Maíz:** impulso de escuelas de huertos familiares y crianza de pollos.
- **Comité de la Toma de Agua:** instalación de sistemas de riego para familias cercanas a los canales de distribución.
- **Cáritas y CONRED:** formación en gestión de riesgos y preparación ante emergencias por desastres.
- **Plan Internacional:** otorgamiento de becas educativas para niñas.
- **Dirección Municipal de la Mujer:** apoyo previo con incubadoras de huevos y formación en procesos productivos.
- **SOSEP (hasta 2023):** suministro de pilones agrícolas y capacitación en envasados y repostería.

### Inserción en el Sistema Nacional de Extensión Rural (SNER)

Aunque impulsados por el MAGA, los CADER son iniciativas de base comunitaria, gestionadas por los propios vecinos y vecinas locales, dentro del marco del Sistema Nacional de Extensión Rural (SNER). Este sistema fue creado para articular las intervenciones del MAGA y el MIDES bajo el marco de la Política Nacional de Desarrollo Rural Integral (PNDRI), aprobada en 2013.

Desde el MAGA, el enfoque busca combinar el fortalecimiento de la agricultura familiar con la promoción del desarrollo económico-productivo y el enfoque social. Desde el MIDES, se orienta la ejecución de programas de protección social, como el programa de transferencias condicionadas “Mi Bono Seguro”, integrando políticas de salud, educación y asistencia alimentaria para las familias rurales.

#### 4.7.03. Asociación Qachuu Aloom

La Asociación Qachuu Aloom, cuyo nombre significa “Madre Tierra” en idioma Achí, es una organización comunitaria indígena con sede en Rabinal, Baja Verapaz, Guatemala. Fundada en 2003 y legalizada formalmente en 2006, lleva más de 22 años impulsando procesos de desarrollo integral basados en el respeto a la tierra, la recuperación de saberes ancestrales y la promoción de la soberanía alimentaria. Actualmente trabaja en 31 comunidades de tres municipios de Baja Verapaz: San Miguel Chicaj, Cubulco y Rabinal.

Qachuu Aloom se ha consolidado como una organización sólida, con aproximadamente 500 asociados, de los cuales el 85% son mujeres. Cuenta con personería jurídica y una Junta Directiva elegida cada dos años, donde las mujeres han mantenido una representación mayoritaria. Este modelo organizativo refuerza su identidad comunitaria, basada en la equidad, el liderazgo femenino y la autonomía.

El corazón de su labor es la agroecología, promovida como una forma de agricultura regenerativa, basada en prácticas sostenibles y en el rescate del conocimiento ancestral. A través del manejo agroecológico de plagas, la rotación de cultivos tradicionales como maíz, frijol y ayote, y la conservación de suelos, Qachuu Aloom impulsa una agricultura que no sólo respeta la biodiversidad, sino que refuerza la conexión espiritual de las comunidades con su territorio.

Una de las iniciativas más emblemáticas de la organización es su **Banco Comunitario de Semillas**, creado en 2009 para conservar, reproducir e intercambiar variedades criollas adaptadas al entorno local. Como parte de esta estrategia, impulsaron la creación de la Casa de Semillas, que agrupa actualmente a 12 productores y recolectores locales.

En el marco de su estrategia de fortalecimiento económico, Qachuu Aloom desarrolló el **Programa de Economía Solidaria**, a través del cual compra los excedentes agrícolas a sus socias productoras y los transforma en productos como harinas, galletas y cereales, principalmente a base de amaranto, rosa de Jamaica y manía. Para consolidar esta actividad, la organización creó su brazo comercial “Multiservicio Achí”, que gestiona la venta de semillas y productos, contribuyendo a su sostenibilidad financiera.

Qachuu Aloom trabaja de forma estructurada a partir de tres líneas estratégicas principales:

- **Agroecología:** fomento de una agricultura sana, sostenible y basada en los recursos naturales locales.
- **Nutrición integral:** fortalecimiento de la soberanía alimentaria y promoción de la alimentación saludable con pertinencia cultural, en línea con el Protocolo de Atención en Salud Integral del MSPAS.
- **Economía solidaria:** desarrollo de cadenas de valor locales mediante la comercialización de excedentes agrícolas.

En el ámbito de la resiliencia climática, la organización promueve el uso de bioinsumos elaborados con microorganismos de montaña, técnicas de captación de agua de lluvia, construcción de reservorios y filtros de aguas grises, combinando innovaciones contemporáneas con prácticas ancestrales como el uso de hojarasca para conservación de humedad.

En respuesta a la migración juvenil y la falta de oportunidades locales, Qachuu Aloom lanzó el **Programa Juventudes Qachuu Aloom**, conformado actualmente por seis grupos juveniles. Este programa fomenta la formación en oficios productivos como panadería, agroecología, tejidos y bisutería, reforzando la identidad cultural maya y generando alternativas económicas sostenibles.

La organización también desarrolla procesos de educación popular orientados a la revitalización del idioma Achí, el rescate de métodos agrícolas ancestrales y la defensa activa del territorio frente a megaproyectos extractivos, contaminación y degradación ambiental.

Para la formación técnica y cultural, Qachuu Aloom cuenta con una Escuela de Campo, que integra:

- Talleres de capacitación práctica en producción agroecológica.
- Huertos modelo y jardines ecológicos como espacios de aprendizaje.
- Sistemas de conservación de suelos y producción de abonos naturales.
- Métodos de captación y aprovechamiento de agua de lluvia para riego.

Mirando hacia el futuro, Qachuu Aloom se plantea ampliar su impacto mediante la expansión de su red agroecológica, la consolidación de nuevas casas comunitarias de semillas y el fortalecimiento de programas de formación juvenil. Su visión continúa centrada en la defensa de la Madre Tierra, el fortalecimiento de las comunidades rurales y la construcción de alternativas sostenibles que permitan enfrentar los retos sociales, económicos y climáticos de su territorio.

#### **4.7.04. Asociación 13 de Marzo**

La Asociación 13 de Marzo se define como una organización que construye un movimiento agroecológico y de economía alternativa, surgido desde la memoria histórica y la búsqueda de justicia. Su origen se remonta a 2002, como una respuesta de los sobrevivientes de la comunidad Maya Achí de Pak'oxom, Río Negro ante la masacre ocurrida el 13 de marzo de 1982, donde 65 mujeres y 105 niños fueron ejecutados por miembros del ejército.

Estas masacres formaron parte de la política de “tierra arrasada” dirigida por el Estado, estrechamente vinculada con la construcción de la hidroeléctrica Pueblo Viejo-Quixal (1977-1983), que inundó el valle del Río Chixoy, afectando a más de 3,445 personas, destruyendo 45 sitios arqueológicos, áreas de cultivo y recursos naturales. La aldea de Río Negro fue una de las comunidades más afectadas, resistiendo el proceso de reubicación forzada impulsado por el Estado y el INDE hacia la aldea modelo de Pacux.

A pesar de los avances en reconocimiento legal —como el decreto del Congreso en 2005 que instituyó el “Día Nacional de la No Violencia contra la Niñez” y la sentencia favorable de la Corte Interamericana de Derechos Humanos en 2010— los sobrevivientes siguen enfrentando condiciones de exclusión,

falta de acceso a energía eléctrica, limitaciones de movilidad y restricciones para garantizar su seguridad alimentaria.

### **Reconstrucción y fortalecimiento organizativo**

La Asociación retomó actividades en 2011, enfocándose inicialmente en procesos de formación y apoyo dirigido a niños, jóvenes, nietos e hijos de mujeres sobrevivientes. El énfasis estuvo en fortalecer la educación, la recuperación de medios de vida y la construcción de nuevas alternativas productivas frente a las condiciones adversas.

En Río Negro, donde la desnutrición infantil era crítica y el único cultivo era el cilantro, la Asociación impulsó el desarrollo de huertos familiares. En un año lograron diversificar la producción agrícola, pasando de un solo cultivo a más de 10 plantas comestibles, mejorando así la nutrición, la seguridad alimentaria y la resiliencia comunitaria.

### **Infraestructura y capacidades actuales**

Actualmente, la Asociación cuenta con 25 socios, de los cuales el 70% son mujeres, organizados en una Junta Directiva de 8 miembros, 7 de ellos mujeres, elegida cada dos años. Después de 16 años sin recibir apoyo externo, en años recientes han logrado establecer alianzas, recibiendo apoyo de JOTAY a través del programa de mujeres “Actuando Juntas”.

Desde 2014 cuentan con oficinas propias, un coordinador, técnicos y promotores. Además, en 2015 inauguraron su Escuela de Campo, equipada posteriormente con un pozo artesanal (2017). Durante los años de pandemia (2020-2023), la parcela de 200 m<sup>2</sup> de la Asociación fue crucial para producir alimentos agroecológicos y apoyar con asistencia alimentaria a familias y ancianos de la comunidad.

Hoy, el terreno cuenta con:

- Parcelas organizadas en tablones y árboles frutales.
- Pozo de agua y embalse.
- Sistemas de riego.
- Cableado eléctrico.
- Paneles solares y bomba eléctrica para extracción y distribución de agua.

### **Proyección y desafíos futuros**

En su visión a futuro, la Asociación 13 de Marzo se plantea:

- Fortalecer la unión entre agricultores y consolidar la producción agroecológica.
- Continuar con la producción y rescate de semillas de cultivos ancestrales.
- Promover la agroecología urbana, explorando sistemas de hidroponía como estrategia para enfrentar la creciente malnutrición observada en áreas urbanas debido a dietas poco saludables.

La Asociación 13 de Marzo representa un ejemplo vivo de resiliencia, memoria histórica y apuesta por un modelo de desarrollo alternativo basado en la agroecología y la autosuficiencia alimentaria.

#### **4.7.05. Asociación de Comités de Producción Comunitaria**

##### **Introducción y Contexto**

En el marco del proyecto de Riego Sostenible mediante sistemas de bombeo solar, se realizó una entrevista a un fundador, miembro activo y coordinador técnico de la Asociación de Comités de Producción Comunitaria (ACPC), ubicada en la microcuenca de Xesiguán, municipio de Rabinal, Baja Verapaz.

La visita permitió conocer de primera mano las prácticas agrícolas actuales, los sistemas de producción agroecológica y las estrategias locales para la gestión sostenible del agua en un contexto de adaptación al cambio climático.

Fundada en el año 2001, la ACPC agrupa aproximadamente a 450 familias de 22 comunidades maya Achí, como Xesiguán, San Luis, Chixim y Concúl. Desde su origen, ha impulsado un modelo de agricultura sostenible basado en prácticas agroecológicas, la conservación ambiental, el empoderamiento comunitario y el fortalecimiento de la seguridad y soberanía alimentaria.

##### **Ejes estratégicos de acción**

La intervención de ACPC se articula en torno a cuatro ejes principales:

- **Producción agroecológica:** ACPC promueve prácticas agrícolas sostenibles, libres de agroquímicos, rescatando métodos de cultivo tradicionales adaptados a las condiciones locales para asegurar la seguridad alimentaria de las familias asociadas.
- **Agroforestería y conservación ambiental:** La organización impulsa procesos de reforestación y manejo sostenible de los bosques en la microcuenca de Xesiguán, contribuyendo a la restauración de ecosistemas y la protección de fuentes de agua.
- **Empoderamiento comunitario:** A través de programas de capacitación agrícola, pecuaria y agroforestal, ACPC fomenta la autosuficiencia económica, el liderazgo local y la resiliencia social.
- **Participación en redes regionales:** ACPC es miembro de Utz Che', una red nacional de organizaciones dedicadas a la agroforestería y gestión comunitaria de bosques, lo que amplía su capacidad de incidencia y colaboración.

##### **Principales líneas de acción**

La ACPC destaca por la incorporación de tecnologías ancestrales y agroecológicas, como el uso de *microorganismos de montaña*, técnica que mejora la fertilidad del suelo, aumenta la retención de humedad y reduce la dependencia de insumos químicos.

La organización mantiene un laboratorio comunitario de biofábrica, donde se producen insumos orgánicos adaptados a las necesidades locales. Entre los principales productos desarrollados se encuentran el *M5S* (un medicamento natural para plantas), el *Biocín*, el *Biocalcio* y el *Biorax*, todos diseñados para fortalecer los cultivos de manera sostenible, accesible y respetuosa con el medio ambiente.

La producción agroecológica se desarrolla tanto en huertos familiares diversificados, que aseguran la seguridad alimentaria mediante el cultivo de entre cuatro y seis productos básicos, como en explotaciones agrícolas mayores, de hasta 10 manzanas, orientadas a la comercialización de cultivos como café, tomate y maíz.

El modelo se caracteriza por la implementación de *sistemas agroforestales multiestrato*, que combinan cultivos agrícolas, especies forestales y sistemas pecuarios dentro del mismo espacio productivo, favoreciendo la diversificación de ingresos a lo largo del año y fortaleciendo la resiliencia ecológica de las familias campesinas.

### **Proyectos destacados**

Entre sus iniciativas más relevantes se encuentran:

- Parcela modelo en Xesiguán: Espacio de capacitación y réplica para otros agricultores, que integra cultivos diversificados, riego sostenible y conservación de suelos.
- Colaboración con escuelas locales: Suministro de productos frescos y nutritivos para la alimentación escolar, beneficiando tanto a los estudiantes como a los productores locales.

### **Extensión del modelo agroecológico: Experiencia en Xesiguán**

En una finca de dos manzanas, Alfredo Cortés implementa un sistema agroforestal multiestrato que integra café, hortalizas (tomate, cebolla, cilantro, zanahoria), frutales nativos (aguacate, naranja, limón, guanábana, pacaya, durazno), ganadería de pequeña escala (vacunos y aves) y acuicultura de tilapia.

La gestión del agua es uno de los pilares del modelo con la construcción de siete reservorios de agua que almacenan más de 200,000 litros, permitiendo operar sistemas de riego por goteo y microaspersión. Gracias a la incorporación de prácticas agroecológicas y el mejoramiento de suelos con microorganismos de montaña, se ha logrado una reducción de hasta el 80% en el consumo de agua en comparación con métodos tradicionales.

ACPC ha comenzado a incorporar energía solar para iluminación básica y evalúa la implementación de bombeo solar para la operación de la biofábrica.

### **Conservación ambiental y resiliencia comunitaria**

La ACPC trabaja activamente en la reforestación de la microcuenca de Xesiguán, participa en la red Utz Che', y promueve:

- Técnicas de captación de agua de lluvia,
- Conservación de suelos,
- Elaboración de mapas de vulnerabilidad climática,
- Programas comunitarios de restauración de cuencas.

### **Capacitación, redes de trabajo y fortalecimiento comunitario**

- La ACPC impulsa programas de formación continua en agroecología y biofábrica, impartidos tanto en español como en idioma Achí.
- Cuenta con alianzas estratégicas con organizaciones como Voces y Manos y ha extendido su metodología a cinco asociaciones adicionales en la región oriental.
- Su coordinador técnico, Alfredo Cortés, también dirige una vitrina tecnológica comunitaria, capacitando anualmente a cerca de 3,000 agricultores y técnicos en agroecología y producción de bioinsumos.
- La capacitación de jóvenes y mujeres en calidad de promotores agroecológicos comunitarios asegura la continuidad del modelo en las nuevas generaciones.

### **Comercialización y economía local**

Aunque enfrentan limitaciones para acceder a mercados formales debido a restricciones institucionales, comercializan de manera local su café orgánico, hortalizas y productos pecuarios, manteniendo precios accesibles y éticos, dinamizando las economías rurales. Asimismo, mantiene acuerdos con escuelas rurales para suministrar productos frescos en programas de alimentación escolar, mejorando la nutrición infantil y generando oportunidades económicas para las familias productoras.

### **Uso integral de subproductos agrícolas**

El modelo promovido por la ACPC impulsa una economía circular integral, en la que los residuos de cultivos son reutilizados para la alimentación de peces, gallinas y cerdos, optimizando el aprovechamiento de los recursos locales.

Asimismo, se fomenta el cultivo y conservación de malanga, un tubérculo de alto valor nutricional, como fuente alternativa de alimentación tanto para consumo humano como animal.

Dentro de su estrategia de sostenibilidad, la ACPC ha incorporado la producción de biogás mediante el aprovechamiento de residuos orgánicos pecuarios y agrícolas.

Este biogás se utiliza como fuente de energía limpia para actividades productivas básicas, contribuyendo a reducir el uso de combustibles fósiles y a fortalecer una gestión energética más sostenible a nivel comunitario.



Figura 7. Prácticas agroecológicas de ACPC en la biofábrica.

A la fecha, el modelo de la ACPC ha logrado:

- Altos rendimientos agrícolas en tomate, café y maíz bajo condiciones de manejo agroecológico,
- Reducción sustancial en el uso de agua mediante sistemas de captación, reservorios y manejo de suelos,
- Consolidación de redes comunitarias de intercambio de saberes,
- Fortalecimiento de capacidades técnicas de agricultores locales.

De cara al futuro, la ACPC plantea expandir sus sistemas agroforestales multiestrato y consolidar su modelo como referencia en resiliencia climática comunitaria para el Corredor Seco de Guatemala.

#### Factores de sostenibilidad y desafíos normativos

El éxito del modelo agroecológico de la ACPC se sustenta en bajos costos de producción, generación de medios de vida sostenibles y fortalecimiento de la identidad cultural y comunitaria.

Asimismo, la **comunicación digital** mediante internet y telefonía móvil ha sido clave para mejorar la coordinación interna y fortalecer las redes de comercialización comunitaria.

La existencia de un **laboratorio de biofábrica** propio, con control de calidad de insumos, refuerza la capacidad técnica y organizativa.

Sin embargo, enfrenta desafíos estructurales:

- **Falta de un marco normativo** formal que respalde y regule la agroecología en Guatemala.
- **Limitada protección institucional** para iniciativas locales de agricultura sostenible.

La sostenibilidad a largo plazo del modelo depende, en gran medida, de la creación de políticas públicas que respalden y promuevan la agroecología como estrategia de desarrollo rural integral.

## 4.8. Instituciones Financieras

El acceso a financiamiento es un factor crítico para la adopción exitosa de tecnologías de riego eficiente y bombeo solar en comunidades rurales. Durante el diagnóstico se entrevistaron actores

clave del sector financiero local en los municipios de Rabinal y San Miguel Chicaj, incluyendo COOSANJER, una cooperativa de ahorro y crédito, y Banrural.

Este análisis permitió identificar el grado de experiencia de cada institución, su disposición para financiar tecnologías sostenibles, las barreras actuales y las oportunidades de colaboración con el proyecto.

#### 4.8.01.1. COONSAJER

La **Cooperativa de Ahorro y Crédito COOSANJER**, con sede en San Miguel Chicaj y más de siete años de operación, se posiciona como un actor financiero local relevante para el fortalecimiento del sector agrícola en el municipio.

Aunque aún no ha financiado tecnologías de energía renovable como el bombeo solar, COOSANJER cuenta con antecedentes sólidos en el financiamiento de la producción agrícola, incluyendo la adquisición de activos fijos como bombas de agua operadas con motores de combustión interna.

Esta experiencia le ha permitido familiarizarse con las dinámicas productivas de los pequeños agricultores locales, adaptando sus servicios financieros a las particularidades del entorno rural.

#### Productos financieros ofrecidos

COOSANJER dispone de una gama de productos financieros orientados al sector agrícola:

- **Microcréditos agrícolas** entre Q5,000 y Q15,000.
- **Créditos individuales** mayores a Q25,000 para inversiones más significativas.

Los créditos se otorgan con plazos de entre 4 y 6 años, manejando tasas de interés promedio entre 16% y 18% anual. Para créditos de aprobación rápida, la tasa puede elevarse hasta el 20%, en función del mayor riesgo asumido.

El proceso de evaluación crediticia incluye:

- Verificación física de la actividad agrícola,
- Comprobación documental (recibos, estados de cuenta, historial crediticio),
- Establecimiento de garantías flexibles (títulos de tierra, maquinaria, vehículos o fiadores).

Los contratos son estructurados bajo el esquema de **pago mensual de intereses**, y **cancelación del capital al vencimiento del crédito**, otorgando flexibilidad a los agricultores cuyo flujo de ingresos depende de los ciclos agrícolas.

Adicionalmente, los prestatarios pueden realizar pagos extraordinarios a capital en cualquier momento para reducir su saldo y el monto total de intereses.

### **Disposición para innovar en financiamiento sostenible**

A pesar de no contar aún con experiencia directa en el financiamiento de tecnologías de bombeo solar, COOSANJER ha expresado su interés en desarrollar productos específicos orientados a esta tecnología.

La principal barrera identificada es la falta de información técnica sobre los sistemas de bombeo solar, razón por la cual la cooperativa manifestó su disposición a participar en procesos de capacitación y mesas técnicas de trabajo que le permitan evaluar con mayor certeza la rentabilidad y los riesgos asociados.

Actualmente, COOSANJER no mantiene alianzas formales con ONGs, sector privado o agencias multilaterales, lo cual representa tanto una limitación como una oportunidad estratégica para el proyecto: fomentar alianzas técnicas y financieras podría fortalecer su capacidad de análisis de riesgo, diversificar esquemas de garantía y facilitar el acceso a fondos de subsidio o fondos de garantía para pequeñas tecnologías agrícolas.

### **Inclusión de género en el acceso a crédito**

COOSANJER señaló que su política de evaluación de créditos se realiza sin discriminación de género. Actualmente:

- Aproximadamente el 30% de sus créditos son otorgados a mujeres, principalmente para actividades comerciales y de microemprendimiento.
- El 60% de los créditos se destinan a hombres, mayoritariamente para actividades agrícolas.

Este enfoque de inclusión financiera representa una base importante sobre la cual construir estrategias de acceso equitativo a tecnologías de riego sostenible para mujeres productoras rurales.

### **Perspectivas de colaboración**

La experiencia operativa local de COOSANJER, su conocimiento del territorio y su interés en innovar posicionan a esta cooperativa como un socio potencial estratégico para acelerar la adopción de tecnologías de bombeo solar en Rabinal y San Miguel Chicaj.

Promover su integración activa en la hoja de ruta del proyecto permitiría:

- Desarrollar productos de crédito especializados en tecnologías de riego eficiente,
- Ampliar el acceso a financiamiento rural sostenible,
- Fortalecer las capacidades locales de análisis financiero y evaluación de riesgos asociados a tecnologías limpias,
- Impulsar una adopción más inclusiva y equitativa de soluciones tecnológicas entre pequeños agricultores.

#### **4.8.01.2. BANRURAL**

BANRURAL, con presencia en San Miguel Chicaj desde 2007, es un banco comercial de sólida trayectoria en el financiamiento agrícola en Guatemala.

Su portafolio de productos incluye créditos individuales dirigidos a pequeños productores para la adquisición de maquinaria y equipos, con plazos de entre 4 y 6 años y tasas de interés que oscilan entre el 16% y el 20% anual.

Aunque opera fundamentalmente con fondos propios y sin subsidios directos, BANRURAL ha establecido convenios locales con proveedores de tecnología, lo cual le ha permitido mantener una conexión activa y actualizada con el sector agro-productivo.

### **Experiencia en tecnologías sostenibles**

La institución cuenta con experiencia previa en el financiamiento de:

- Paneles solares para generación eléctrica,
- Biodigestores para la producción de energía renovable,
- Bombas de agua impulsadas por motores de combustión interna.

Si bien hasta la fecha no ha otorgado créditos específicos para sistemas de bombeo solar para riego, ha manifestado un interés concreto en desarrollar líneas de financiamiento especializadas para esta tecnología.

Entre las principales barreras identificadas para su expansión en este rubro destaca la falta de garantías suficientes por parte de los pequeños productores, una limitante estructural común en el financiamiento agrícola rural.

A pesar de ello, BANRURAL reconoce que la capacitación sobre la tecnología de bombeo solar y su rentabilidad sería un incentivo clave para avanzar en la creación de productos financieros adaptados.

### **Capacidad operativa y oportunidades estratégicas**

BANRURAL posee la capacidad técnica y operativa necesaria para apoyar la expansión de tecnologías sostenibles en el sector agrícola.

A través de su experiencia en la gestión de fideicomisos y en la canalización de fondos públicos hacia sectores estratégicos, el banco ha demostrado su habilidad para movilizar recursos de manera eficiente.

Esta experiencia podría ser aprovechada para:

- Articular subsidios o fondos de garantía específicos para tecnologías de riego eficiente,
- Reducir las barreras económicas que actualmente limitan el acceso de pequeños productores a soluciones tecnológicas innovadoras,
- Ofrecer líneas de crédito con condiciones preferenciales, facilitando la adopción del bombeo solar para riego en territorios rurales vulnerables como el Corredor Seco.

### **Disposición para colaborar**

BANRURAL ha expresado su disposición para:

- Recibir mayor información técnica sobre modelos de financiamiento para bombeo solar,
- Participar activamente en mesas de trabajo y espacios de diálogo interinstitucional orientados al diseño de soluciones financieras adaptadas al sector agrícola.

Su apertura a alianzas técnicas y financieras, sumada a su experiencia previa en tecnologías sostenibles, lo posicionan como un actor estratégico clave para fortalecer los mecanismos de financiamiento inclusivo y sostenible en el marco del proyecto de Riego Sostenible.

## 5. COLABORACIONES ESTRATÉGICAS LOCALES

El éxito del proyecto **Fomento a de Tecnologías de Riego Sostenible** dependerá en gran medida de su capacidad para establecer alianzas sólidas con actores locales que ya poseen experiencia, legitimidad y una presencia activa en las comunidades de intervención. En este sentido, se han establecido colaboraciones estratégicas con organizaciones comunitarias, instituciones públicas y actores de la sociedad civil, para asegurar una implementación participativa, culturalmente pertinente y sostenible a largo plazo.

### 5.1. Construcción de confianza y establecimiento de compromisos

En el contexto territorial, la solicitud temprana de acuerdos formalizados puede ser percibida como un acto invasivo para los actores locales. Reconociendo esta sensibilidad, se optó por una estrategia de construcción de confianza previa, basada en el respeto, la comunicación transparente y la interacción continua.

A la fecha, se ha establecido una sólida comunicación con las organizaciones comunitarias, líderes locales e instituciones públicas. A través de reuniones virtuales y presenciales, además del trabajo de campo, se presentó con detalle el proyecto, sus objetivos, alcance y metodologías, garantizando total transparencia. Al mismo tiempo, se propició un espacio de escucha activa, donde los actores locales pudieron expresar sus necesidades, desafíos y perspectivas.

Esta dinámica permitió establecer un diálogo genuino, identificar primeras coincidencias sobre posibles soluciones y sentar las bases de una relación de respeto y colaboración. Gracias a este enfoque participativo, se logró un alto nivel de confianza con las instituciones locales y también con las organizaciones de base comunitaria (OBC), lo cual abre la puerta para la construcción progresiva de acuerdos formales en etapas posteriores de adopción de tecnología.

#### **Definición de compromisos institucionales a nivel local**

Una vez establecido un clima de confianza, el proyecto avanza hacia la definición concertada de la participación de actores territoriales para su incorporación en el producto final la hoja de ruta para la adopción de tecnologías para riego sustentable.

A nivel institucional, se ha concretado que se trabajará de manera coordinada con entidades como el MAGA, FAO, SESAN y el CunBAV. Cada uno de estos actores desempeñará un rol específico:

- El MAGA aportará asistencia técnica y extensión rural en prácticas agrícolas resilientes.
- La FAO, reconociendo las sinergias temáticas y estratégicas con el proyecto, en áreas como resiliencia climática, gestión sostenible del agua y seguridad alimentaria, ha expresado su interés en colaborar activamente, sumando su experiencia internacional y sus capacidades técnicas al proceso.

- SESAN contribuirá al alineamiento del proyecto con las políticas nacionales de seguridad alimentaria y nutricional, fortaleciendo la articulación territorial con los planes de desarrollo municipal y comunitario.
- El CunBAV fortalecerá el proceso formativo y de acompañamiento técnico a nivel local, aprovechando su capacidad académica y su presencia en el territorio.

Estas instituciones, a través de su conocimiento especializado, recursos y personal técnico, reforzarán los procesos de capacitación, asistencia en campo y asesoramiento en prácticas agrícolas sostenibles.

A nivel comunitario, se establecerán acuerdos de colaboración con líderes, comités locales y asociaciones de base. Estos compromisos incluirán la gestión, operación y mantenimiento de los sistemas implementados, así como la difusión de buenas prácticas agrícolas y de manejo sostenible del recurso hídrico.

### **Establecimiento de mecanismos de colaboración y gobernanza**

El proyecto diseñará estructuras locales de gobernanza que permitan una articulación efectiva entre comunidades, instituciones y organizaciones acompañantes. Se fomentarán mecanismos como:

- Comités comunitarios de riego
- Consejos agroambientales
- Plataformas interinstitucionales de coordinación

Estos espacios facilitarán la gestión compartida, transparente y democrática de las acciones implementadas.

En este proceso, se aprovechará la experiencia de organizaciones comunitarias como Qachuu Aloom, ACPC y 13 de Marzo, las cuales cuentan con una trayectoria reconocida en organización social, formación de liderazgos y movilización comunitaria en los municipios de Rabinal y San Miguel Chicaj.

### **Estrategias para asegurar la sostenibilidad del proyecto a largo plazo**

Para garantizar la sostenibilidad de los logros alcanzados, se definirán las estrategias que deben ser enfocadas en tres dimensiones:

1. **Desarrollo de capacidades locales:** para promover procesos de formación técnica y organizativa para agricultores, líderes comunitarios y personal local, usando metodologías de educación popular y participativas, incorporando el conocimiento tradicional.
2. **Acompañamiento técnico permanente:** Mediante alianzas con el MAGA, FAO y CunBAV, se articulará un sistema de asistencia técnica continua, con énfasis en el manejo de tecnologías de riego, gestión eficiente del agua y prácticas agroecológicas. Se considerará la incorporación de extensionistas locales.
3. **Fortalecimiento de los Centros de Aprendizaje para el Desarrollo Rural (CADER):** La implementación de SIS propuesta se centrará en fortalecer los CADER, mejorando su infraestructura y capacidades operativas.

## 5.2. Organizaciones locales aliadas: potencial de colaboración expresada

### 5.2.01. Qachuu Aloom

Qachuu Aloom ha sido reconocida como un actor clave en el Corredor Seco por su experiencia en resiliencia climática, agroecología, nutrición y fortalecimiento de cadenas de valor comunitarias.

En el marco del proyecto, Qachuu Aloom representa un socio estratégico para:

- Difundir buenas prácticas agroecológicas y tecnologías sostenibles adaptadas al cambio climático.
- Fortalecer la resiliencia de los sistemas productivos locales.
- Colaborar en el diseño e implementación de sistemas solares de bombeo de agua para su planta procesadora de amaranto y sus incubadoras de pollitos, como parte de su estrategia para superar problemas de inestabilidad eléctrica.
- Actuar como centro de referencia para la promoción de modelos sostenibles de producción y comercialización.

La colaboración con Qachuu Aloom permitirá articular experiencias exitosas que fortalezcan el enfoque de resiliencia y sostenibilidad territorial.

### 5.2.02. Universidad de San Carlos de Guatemala

La USAC ha manifestado su interés en apoyar la sostenibilidad del proyecto a través de la implementación de sistemas solares de riego y la formación de capacidades técnicas locales. Su colaboración incluye:

- Facilitar el acceso a sus instalaciones académicas para la realización de talleres y capacitaciones.
- Participar en el diseño de módulos de formación sobre eficiencia en el uso de agua, energías renovables y gestión agroecológica.
- Apoyar el fortalecimiento de capacidades de agricultores, líderes comunitarios y extensionistas locales.

La alianza con la USAC aportará un respaldo académico y técnico sólido, esencial para garantizar la calidad de los procesos de formación y asistencia técnica del proyecto.

### 5.2.03. COCODE

Los COCODE, debido a su legitimidad comunitaria, jugarán un papel clave en:

- Facilitar la participación activa de la comunidad en el diseño e implementación de las intervenciones.

- Apoyar la gestión social del agua y la gobernanza local de los recursos naturales.
- Promover la inclusión de mujeres y jóvenes en los procesos de toma de decisiones.
- Fortalecer los mecanismos de apropiación social y continuidad de las tecnologías promovidas.

Su involucramiento directo será esencial para asegurar que las soluciones tecnológicas sean culturalmente pertinentes y respondan a las necesidades locales.

#### **5.2.04. CADER**

Los CADER, por su enfoque territorial y experiencia acumulada, representan un aliado estratégico para:

- Impulsar la adopción de tecnologías de riego sostenible y prácticas agroecológicas.
- Servir como espacios de formación continua y replicabilidad de innovaciones.
- Facilitar la articulación institucional y comunitaria en torno a procesos de adaptación al cambio climático.

El fortalecimiento de los CADER consolidará su rol como plataformas permanentes de formación y asistencia técnica rural.

#### **5.2.05. Asociación de Comités de Producción Comunitaria**

La ACPC, con más de veinte años de trayectoria en agroecología, gestión comunitaria del agua y resiliencia rural, ha manifestado su disposición activa para colaborar con el proyecto. La colaboración contempla:

- Capacitación de agricultores en prácticas agroecológicas adaptadas al cambio climático.
- Formación en manejo sostenible del agua y técnicas de conservación productiva.
- Uso de su parcela modelo agroecológica y biofábrica comunitaria como espacios formativos prácticos.
- Acompañamiento técnico en español y achí, garantizando la cobertura formativa con pertinencia cultural.

El trabajo conjunto con ACPC permitirá:

- Fortalecer capacidades técnicas locales.
- Diversificar la producción agrícola y mejorar la seguridad y soberanía alimentaria.
- Incrementar los ingresos rurales mediante la generación de excedentes productivos.
- Facilitar una apropiación efectiva y sostenible de las tecnologías de riego impulsadas por el proyecto.

### **5.2.06. Instituciones financieras locales**

Durante el proceso de diagnóstico, las cooperativas financieras COOSANJER y BANRURAL manifestaron su interés en facilitar el acceso a tecnologías de riego sostenible para pequeños agricultores. Ambas instituciones se comprometieron a:

- Participar en procesos de capacitación técnica sobre tecnologías de bombeo solar.
- Colaborar en el diseño de productos financieros adaptados al contexto rural.
- Integrarse en espacios de diálogo interinstitucional que promuevan modelos de financiamiento inclusivos.

Esta participación será clave para fortalecer el ecosistema de apoyo financiero y viabilizar la adopción de soluciones sostenibles de riego en el Corredor Seco.

#### **Construyendo bases para la resiliencia local**

Las alianzas estratégicas construidas, basadas en confianza, colaboración genuina y fortalecimiento de capacidades locales, permitirán consolidar un ecosistema territorial de apoyo al pequeño productor.

La participación de actores nacionales, comunitarios e internacionales como la FAO, y la integración de mecanismos de sostenibilidad, garantizarán la transición hacia sistemas agrícolas más resilientes, sostenibles y eficientes en el uso del agua y la energía.

## **5.3. OTROS ACTORES POTENCIALES**

Se han identificado otros actores potenciales para ampliar y fortalecer el ecosistema de colaboración necesario para la implementación exitosa y sostenible del proyecto de Riego Sostenible.

En esta sección se presentan los actores que, aunque no han expresado su participación en la etapa inicial, han sido identificados por su alto potencial de colaboración en áreas clave como asistencia técnica, fortalecimiento comunitario, financiamiento, innovación tecnológica y sostenibilidad ambiental.

### **5.3.01. Instituciones públicas**

#### **5.3.01.1. Ministerio de Desarrollo Social (MIDES)**

A través de sus programas de asistencia rural y fortalecimiento de capacidades, podría colaborar en el impulso de actividades de seguridad alimentaria y generación de ingresos para pequeños productores.

#### **5.3.01.2. Ministerio de Finanzas Públicas (MINFIN)**

El MINFIN desempeñaría un rol fundamental para crear un entorno habilitante que facilite la adopción de tecnologías sostenibles a través de:

- **Promoción de incentivos fiscales:** Diseño de políticas que reduzcan impuestos sobre la importación o adquisición de tecnologías de riego solar y agricultura sostenible.
- **Asignación presupuestaria estratégica:** Impulso de líneas específicas dentro del presupuesto nacional para cofinanciar proyectos rurales de resiliencia climática.
- **Desarrollo de instrumentos de financiamiento verde:** Facilitación del acceso a fondos climáticos internacionales o emisión de bonos verdes para proyectos agrícolas sostenibles.
- **Participación en mesas de diálogo interinstitucional:** Construcción de estrategias de financiamiento inclusivo en conjunto con entidades como MICOOPE, MAGA, INACOP y FAO.

La participación activa del MINFIN permitiría integrar las necesidades de los pequeños productores en las políticas fiscales y presupuestarias, contribuyendo así a la sostenibilidad financiera y escalabilidad del proyecto.

#### 5.3.01.3. INACOP (Instituto Nacional de Cooperativas):

El INACOP, como ente rector del movimiento cooperativo, tiene el potencial de fortalecer los procesos de organización económica rural y apoyar la adopción de tecnologías sostenibles. Potenciales contribuciones de INACOP:

- **Promoción y sensibilización:** Difusión de tecnologías sostenibles en cooperativas agrícolas del Corredor Seco.
- **Asistencia técnica:** Capacitación a grupos cooperativos en operación, gestión y mantenimiento de sistemas de riego eficiente.
- **Articulación financiera:** Facilitación de acuerdos con entidades como MICOOPE y Banrural para acceso a financiamiento.
- **Formalización organizativa:** Apoyo a la formalización legal de grupos rurales como cooperativas agrícolas sostenibles.
- **Monitoreo y sistematización:** Documentación de experiencias de adopción tecnológica para retroalimentar procesos de escalamiento.

Impulsar estrategias de fortalecimiento organizativo en las áreas de intervención, integrar a INACOP en espacios de planificación territorial, y fomentar la colaboración en procesos de capacitación y monitoreo.

#### 5.3.02. Organismos internacionales

Diversos organismos internacionales pueden desempeñar un papel clave en la promoción y adopción de tecnologías de bombeo solar para riego (SPIS) en Guatemala, tanto por su experiencia técnica como por su capacidad de financiamiento, incidencia política y articulación con actores nacionales.

La **FAO** destaca por su liderazgo en agricultura sostenible y su trabajo en sistemas de riego eficiente, además de su cercanía con instituciones como el MAGA. Por su parte, el **FIDA** representa una fuente estratégica de financiamiento para pequeños productores, con modelos de intervención centrados en la agricultura familiar resiliente y equitativa.

La **GIZ**, con amplia experiencia en energías renovables y desarrollo rural, puede apoyar el diseño e implementación de pilotos, así como el fortalecimiento de capacidades institucionales. El PNUD y la Unión Europea pueden facilitar la incorporación de SPIS en planes de desarrollo territorial y estrategias de adaptación climática, además de apoyar con recursos técnicos y financieros.

El **Fondo Verde del Clima** (GCF) representa una oportunidad clave para cofinanciar proyectos de SPIS en territorios altamente vulnerables al cambio climático, siempre que se articulen con planes nacionales como la ENCC o la estrategia REDD+. De igual forma, instituciones financieras multilaterales como el **Banco Interamericano de Desarrollo** (BID) y el Banco Mundial pueden impulsar el escalamiento de estas tecnologías mediante programas de crédito rural, garantías y asistencia técnica estructurada.

La **USAID**, con trayectoria en energías limpias y desarrollo agrícola, puede apoyar la adopción de SPIS a través de alianzas público-privadas, modelos de negocio innovadores y fortalecimiento de cadenas de valor. Finalmente, **ONU Mujeres** puede contribuir a garantizar que el acceso a estas tecnologías sea inclusivo y promueva el liderazgo de mujeres rurales en la gestión de recursos productivos.

El trabajo conjunto con estos actores internacionales será esencial para construir un ecosistema habilitante que permita la adopción sostenible y equitativa de tecnologías SPIS en el país.

### 5.3.03. Sector académico y de investigación

#### 5.3.03.1. Universidad Regional de Guatemala (URregional) – Sede Salamá

La URregional ofrece la carrera de **Ingeniería en Sistemas de Producción Agrícola**, altamente pertinente para el fortalecimiento de la sostenibilidad agrícola en el Corredor Seco. Potenciales contribuciones de la URregional al proyecto:

- **Formación técnica:** Apoyo en la capacitación de agricultores y extensionistas locales sobre técnicas de producción sostenible, riego eficiente y manejo agroecológico de suelos.
- **Investigación aplicada:** Generación de estudios y validación de prácticas agrícolas adaptadas al cambio climático local.
- **Innovación local:** Participación en el diseño de tecnologías agrícolas apropiadas al contexto territorial.
- **Articulación comunitaria:** Integración de estudiantes en prácticas profesionales y proyectos de servicio comunitario para reforzar procesos locales de adopción tecnológica.

Establecer convenios de colaboración para formación técnica, implementar pilotos de innovación en campo, e impulsar tesis de grado vinculadas a las tecnologías promovidas en el proyecto.

### 5.3.04. Organizaciones comunitarias y ONGs

#### 5.3.04.1. Asociación para el Desarrollo Integral de las Mujeres Achi' (ADIMA):

ADIMA es una organización comunitaria que trabaja directamente en los municipios de Rabinal y San Miguel Chicaj, con una trayectoria sólida en el fortalecimiento de liderazgos de mujeres indígenas Achi', la promoción de derechos humanos, y el impulso de iniciativas productivas y resilientes. Potenciales contribuciones de ADIMA al proyecto:

- Fortalecimiento del liderazgo femenino rural: A través de procesos de formación, organización y empoderamiento comunitario de mujeres productoras.
- Participación en actividades de resiliencia climática: Integrando a mujeres en procesos de capacitación, adopción de tecnologías de riego sostenible y gestión comunitaria del agua.
- Articulación comunitaria: Facilitar la aceptación social y la apropiación culturalmente pertinente de las tecnologías promovidas.
- Difusión de buenas prácticas productivas: Enfocadas en mejorar la seguridad alimentaria, la diversificación productiva y el ingreso de familias rurales.

Establecer alianzas de colaboración para impulsar procesos de formación dirigidos a mujeres rurales, promover su participación activa en los comités de gestión de agua, y fortalecer capacidades locales de liderazgo y sostenibilidad.

### 5.3.05. Sector privado y financiero

#### 5.3.05.1. Confederación Guatemalteca de Federaciones de Cooperativas de Ahorro y Crédito:

MICOOPE es una red nacional integrada por más de 25 cooperativas federadas, con más de 400 agencias, principalmente en zonas rurales. Su experiencia en inclusión financiera rural la convierte en un socio estratégico para el proyecto. Potenciales contribuciones de MICOOPE:

- **Diseño de productos financieros especializados:** Créditos para adquisición de sistemas de riego solar, bombeo eficiente y tecnologías agroecológicas, incluyendo modalidades como pagos escalonados o leasing.
- **Alianzas para formación y educación financiera:** Capacitación del personal de cooperativas sobre tecnologías sostenibles y difusión de educación financiera entre asociados.
- **Movilización de fondos verdes y uso de garantías:** Implementación de líneas de financiamiento con apoyo de fondos de garantía para reducir riesgos de crédito.
- **Identificación y canalización de beneficiarios:** Uso de su red territorial para identificar y priorizar productores con necesidad e interés en tecnologías sostenibles.
- **Monitoreo y escalabilidad:** Seguimiento del desempeño de los créditos y del impacto en la producción agrícola, aportando datos para la mejora y replicabilidad del modelo.

Desarrollar pilotos de crédito verde en cooperativas locales de Rabinal y San Miguel Chicaj, fortalecer capacidades internas, facilitar acceso a garantías financieras y organizar mesas técnicas de trabajo conjunto.

#### **5.3.05.2. Empresas de energías renovables locales:**

Proveedores de tecnologías solares que podrían integrarse como socios técnicos para la implementación de sistemas de riego sostenible.

### **5.4. Estrategia para incorporación progresiva**

Los actores identificados en el proyecto aportan una serie de fortalezas clave que enriquecerán significativamente la adopción tecnológica de SPIS. Entre ellas se destacan la transferencia de conocimientos técnicos y académicos, que permitirá elevar la calidad de las intervenciones, así como la movilización de recursos financieros y materiales necesarios para su ejecución. Además, contribuyen al fortalecimiento de capacidades organizativas y comunitarias, favoreciendo la sostenibilidad a largo plazo. Su participación también impulsa prácticas agrícolas sostenibles y resilientes al cambio climático, promueve políticas públicas inclusivas y habilitantes, y facilita la articulación entre sectores público, privado, académico y comunitario, generando sinergias que potenciarán los resultados del proyecto.

La incorporación de estos actores se plantea de manera gradual y estratégica, respetando los tiempos de consolidación de la confianza territorial y priorizando intereses comunes y necesidades emergentes.

## 6. DIAGNÓSTICO DE PRÁCTICAS DE RIEGO

El presente capítulo describe de manera detallada las prácticas de riego actuales, los sistemas utilizados por los pequeños productores y las limitaciones técnicas, económicas y climáticas que enfrentan en los municipios de Rabinal y San Miguel Chicaj. A través de datos recolectados en campo y entrevistas técnicas, se analizan los tipos de infraestructura existentes, los patrones de uso del agua y energía, y la eficiencia de los sistemas empleados.

Este análisis técnico constituye un insumo fundamental para el diseño de un modelo de negocio que promueva la adopción de tecnologías de riego sostenibles, eficientes y accesibles, el cual será desarrollado en un capítulo siguiente. La caracterización de las condiciones actuales permitirá identificar oportunidades reales de mejora y definir propuestas que respondan tanto a las capacidades como a las aspiraciones de los productores rurales.

### 6.1. Perfil de los productores encuestados

**Se entrevistaron nueve pequeños productores seleccionados con el apoyo de la FAO, MAGA y las municipalidades.** Estos casos fueron identificados como representativos de pequeños productores de Rabinal y San Miguel Chicaj. Todos pertenecen al pueblo Maya Achí, hablan español y trabajan en parcelas familiares, excepto uno que opera una biofábrica comunitaria que además de producir insumos biológicos utilizados en agricultura sostenible, es un capacitador nacional reconocido en técnicas ancestrales y agroecológicas.

Esta selección previa, optimizó la eficiencia del trabajo en campo. Las entrevistas tomaron entre 1.5 y 4 horas.

En San Miguel Chicaj se entrevistaron a cinco pequeños productores y en Rabinal a cuatro, de los cuales uno fue mujer. Los niveles educativos reportados incluyen primaria, secundaria, bachillerato y ausencia de estudios formales.

Respecto a su participación en organizaciones locales, una productora es líder del CADER del Guachipilín, conformado por 15 mujeres y un hombre, quienes también son socias de la Asociación ACPC. Asimismo, dos productores forman parte del CADER El Llano, integrado por 20 mujeres organizadas que reciben asistencia técnica del MAGA. Esta participación refleja vínculos activos con estructuras comunitarias orientadas a la producción agrícola y el fortalecimiento de capacidades locales.

### 6.2. Análisis de la producción agrícola en pequeños productores

#### Tipos de cultivos

Los productos agrícolas cultivados por los pequeños productores entrevistados son principalmente maíz, manía (cacahuate), frijol y limón, con nueve, siete y seis productores respectivamente. Además,

se registraron cultivos como mango, banano, plátano, güicoy (calabaza), mandarina, cebolla, café, nance, papaya, aguacate, ayote, melón y sandía, aunque en menores proporciones. Esta diversidad refleja una combinación entre cultivos de granos básicos, frutales y algunas hortalizas, contribuyendo tanto a la seguridad alimentaria como a la generación de ingresos complementarios.

### **Cultivos principales**

Respecto al producto principal declarado por los productores, se identificó que el **maíz** ocupa una posición predominante, siendo seleccionado como el cultivo principal por cinco de los productores encuestados. El café y el frijol también fueron seleccionados como cultivo principal por un productor cada uno. Esta tendencia confirma que el maíz sigue representando el eje central de la producción agrícola en las unidades productivas analizadas, aunque existe una presencia incipiente de cultivos comerciales como el café.

### **Cultivos secundarios y hortalizas**

En relación con los cultivos secundarios, los productores señalaron principalmente el **frijol** y, en menor medida, la manía y la cebolla. Es importante destacar que dentro de los cultivos secundarios también se incluyen las **hortalizas**, tales como cebolla, güicoy y ayote, que desempeñan un papel estratégico en la seguridad alimentaria y en la generación de ingresos. A diferencia de los cultivos principales como el maíz, el frijol y la manía, las hortalizas se siembran en temporadas diferentes, lo que permite a los productores, especialmente a las mujeres organizadas en CADER, generar ingresos durante todo el año. **Esta estrategia de diversificación ha sido promovida activamente por la FAO para fortalecer los medios de vida rurales y apoyar el empoderamiento económico de grupos de mujeres.**

### **Disponibilidad de agua y riego**

La producción agrícola en las unidades analizadas depende altamente de la disponibilidad de agua, tanto de la lluvia estacional como de fuentes locales. La mayoría de los productores utiliza pozos artesanales de baja profundidad, los cuales presentan limitaciones importantes para una recarga adecuada, especialmente en épocas secas. Esta escasez de agua impacta la continuidad y la estabilidad de la producción agrícola, particularmente en cultivos que requieren suministro de agua constante como las hortalizas. Actualmente, el abastecimiento de agua proveniente de los pozos se realiza mediante bombeo eléctrico, ya que hay una alta cobertura de electrificación en Baja Verapaz. Sólo uno de los pequeños productores no tiene acceso, por lo que utiliza una bomba de gasolina para extraer agua lo que incrementa sus costos de operación.

### **Tamaño de parcelas**

En cuanto a la superficie destinada al cultivo principal, se registró un promedio de aproximadamente 0.55 manzanas por productor. Este dato refleja la pequeña escala de las parcelas agrícolas de los productores visitados, consistente con un sistema de producción familiar enfocado en el autoconsumo, con excedentes eventuales comercializados en mercados locales o regionales. La reducida extensión de tierra sugiere limitaciones en la capacidad de alcanzar economías de escala y aumentar significativamente los ingresos derivados de la actividad agrícola. Sólo uno de los

productores tiene la capacidad de producir suficiente como para vender hortalizas todos los días en el mercado local, ya que tiene un invernadero y ha recibido asistencia técnica importante a través de MAGA y CARITAS.



Figura 8. Visita técnica a parcelas de maíz en el corredor seco Guatemalteco.

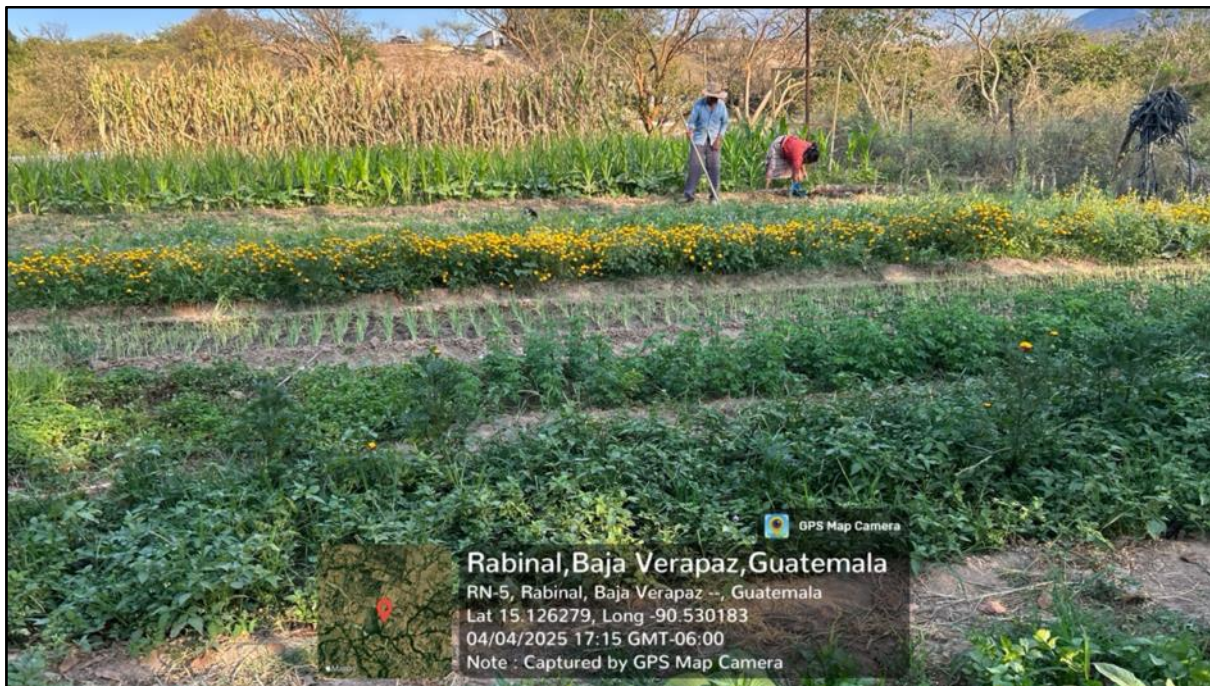


Figura 9. Visita técnica a parcela de hortalizas en el corredor seco Guatemalteco.

### 6.3. Comparación de temporadas de cultivo en Guatemala: hortalizas vs. granos básicos

En Guatemala, la planificación agrícola depende de las dos principales estaciones climáticas: la época lluviosa (mayo a octubre) y la época seca (noviembre a abril). Cada grupo de cultivos presenta requerimientos específicos de temperatura, humedad y manejo agronómico que determinan su época óptima de siembra.

#### **Cultivos en temporada de lluvias (mayo a octubre)**

Durante la época de lluvias, la abundancia de agua y las temperaturas más cálidas favorecen principalmente a cultivos de ciclo largo o aquellos que requieren humedad constante para su desarrollo.

##### *Principales cultivos:*

- **Maíz:** Se siembra principalmente en mayo o junio, dependiendo de la llegada de las primeras lluvias. Es un cultivo de alta demanda de agua, especialmente en su fase de floración y llenado de grano.
- **Frijol:** Generalmente se siembra junto al maíz o como cultivo sucesivo en la misma parcela (sistema milpa). El frijol requiere humedad en su fase inicial, pero tolera mejor una ligera reducción de lluvias en etapas posteriores.
- **Manía (Cacahuete):** Aunque tolera sequías cortas, el cacahuete necesita lluvias moderadas durante su establecimiento y floración. Se siembra entre mayo y julio en suelos bien drenados.

##### *Condiciones ideales:*

- Lluvias constantes pero no excesivas.
- Suelos con buena capacidad de retención de agua y buen drenaje.
- Temperaturas cálidas, entre 20°C y 30°C.

#### **Cultivos en temporada seca (noviembre a abril)**

La época seca es ideal para cultivos de hortalizas que requieren control de humedad y temperaturas más frescas. Con riego planificado, se puede lograr alta productividad y calidad.

##### *Principales cultivos:*

- **Cilantro:** Prefiere climas frescos y suelos húmedos pero bien drenados. Se cultiva idealmente entre noviembre y febrero.
- **Cebollín:** Requiere temperaturas templadas y riego regular. La siembra se realiza desde finales de la época lluviosa (septiembre-octubre) y durante toda la época seca.
- **Rábano:** De ciclo corto (20-40 días), se adapta bien a la época seca, donde la baja humedad ambiental reduce riesgos de enfermedades.

- Zanahoria: Necesita suelos sueltos y temperaturas frescas. Se siembra entre noviembre y marzo, para evitar deformaciones y mejorar la calidad de las raíces.

*Condiciones ideales:*

- Clima seco con disponibilidad de riego.
- Suelos sueltos, ricos en materia orgánica y bien aireados.
- Temperaturas frescas a templadas, entre 15°C y 25°C.

Mientras los cultivos de maíz, frijol y maní dependen directamente de la humedad natural de la época lluviosa para su establecimiento y crecimiento, el cilantro, cebollín, rábano y zanahoria requieren de un manejo hídrico más controlado y se desarrollan óptimamente en la época seca, cuando el riesgo de enfermedades fúngicas es menor y la calidad del producto final es superior.

Esta diferencia resalta la importancia de adaptar las prácticas agrícolas al comportamiento climático anual para lograr sistemas de producción más eficientes, sostenibles y resilientes. Además, la diversificación estacional de cultivos contribuye a fortalecer la seguridad alimentaria de las familias rurales y a mejorar su capacidad de adaptación frente a la variabilidad climática.

## 6.4. Rotación de cultivos

La rotación de cultivos es una práctica agrícola reconocida entre los pequeños productores visitados, quienes destacaron múltiples beneficios derivados de su implementación (Figura 10). De acuerdo con los resultados obtenidos, nueve productores señalaron que la rotación contribuye principalmente a mejorar la fertilidad del suelo, mientras que otros beneficios reportados incluyen el incremento del rendimiento de los cultivos, la reducción de plagas y enfermedades y el aumento en la variedad de cultivos disponibles para el autoconsumo. Asimismo, algunos productores mencionaron que la rotación ayuda a mejorar la retención de agua en el suelo y prevenir la erosión, lo que contribuye a la sostenibilidad de las parcelas a largo plazo. También, se identificaron menciones puntuales a beneficios como la reducción en el uso de agroquímicos y la generación de mayores ingresos mediante la diversificación de cultivos, aunque en menor proporción.

Aunque no todos los productores detallaron los esquemas específicos de rotación utilizados, los resultados reflejan una conciencia generalizada sobre la importancia de esta práctica como mecanismo para mejorar las condiciones productivas, optimizar el manejo de los recursos naturales y fortalecer la seguridad alimentaria de los hogares rurales.

En el caso específico del cultivo de maíz, se observó un enfoque particular de rotación que no consiste en cambiar de cultivo, sino en alternar entre diferentes semillas híbridas, como las variedades H3 y HB. Esta estrategia permite aprovechar las fortalezas genéticas específicas de cada híbrido, tales como una mayor resistencia a enfermedades, tolerancia climática y eficiencia en el uso de nutrientes, lo cual contribuye a romper ciclos de plagas propias del maíz, mitigar el agotamiento del suelo y mantener altos niveles de productividad.

Además, el uso rotativo de híbridos favorece un mayor llenado de grano, mejor composición nutricional (almidón, proteína, minerales) y una mejor calidad del producto final. Esta práctica, combinada con un manejo agronómico adecuado, constituye una estrategia clave para lograr una producción de maíz sostenible, de alto rendimiento y valor nutricional.

Estos hallazgos sugieren que la promoción de programas de capacitación técnica y acompañamiento para fortalecer tanto la rotación entre cultivos como la rotación genética dentro del mismo cultivo podría representar una estrategia efectiva para mejorar la resiliencia productiva y económica de los pequeños productores en las zonas evaluadas.

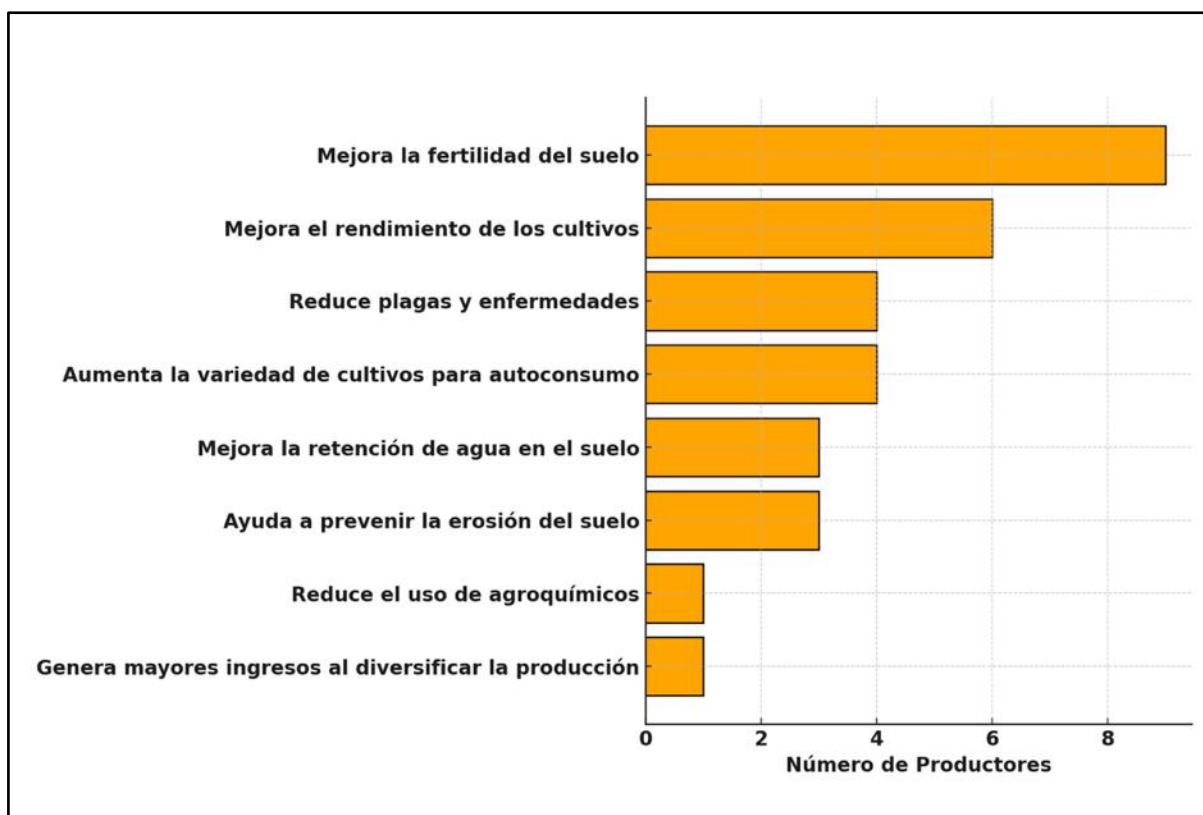


Figura 10. Beneficios reportados de la rotación de cultivos.

## 6.5. Canales de comercialización y principales barreras

Todos los pequeños productores entrevistados indicaron que destinan su producción principalmente al consumo propio. Adicionalmente, cuatro productores reportaron realizar ventas en mercados locales, principalmente cuando cuentan con excedentes. Una excepción relevante corresponde a una familia productora, que, gracias a la operación de un invernadero, mantienen una producción constante que les permite vender de forma diaria en el mercado local.

Mediante respuestas abiertas, se identificaron otros mecanismos de comercialización, incluyendo la distribución de productos para escuelas, la venta directa en la parcela y la venta de excedentes a vecinos y compradores locales.

Respecto a las principales barreras en la comercialización, la baja producción fue identificada como la limitante más importante por cinco productores, mientras que un productor señaló la falta de certificaciones. Adicionalmente, se identificaron restricciones institucionales para la creación de cooperativas, la variabilidad de precios según la oferta y la demanda, y la dependencia de condiciones externas para lograr mejores ventas.

Estos resultados reflejan una estrategia de comercialización basada predominantemente en el autoconsumo, complementada por ventas locales informales, y evidencian limitaciones estructurales y de escala que restringen la inserción de los pequeños productores en los mercados.



Figura 11. Mercado local en San Miguel Chicaj.

## 6.6. Fuentes principales de agua para riego

La mayoría de los pequeños productores entrevistados utilizan agua proveniente de pozos artesanales, extraída mediante bombas, como su principal fuente para el riego agrícola. Siete productores señalaron esta modalidad como su fuente de abastecimiento. Adicionalmente, un productor indicó utilizar un nacimiento de agua, mientras que otro productor depende directamente de la lluvia para la disponibilidad de agua de riego.

En todos los casos de pozos artesanales, se reportó que la capacidad de recarga es insuficiente para cubrir las necesidades de riego. Los tiempos de recarga varían desde medio día hasta cinco días, lo que limita gravemente su uso continuo. Asimismo, todos los productores manifestaron que sus pozos requieren mayor profundidad para incrementar la disponibilidad de agua.

En general, los tiempos de bombeo efectivos son de media hora a una hora utilizando bombas de 1 HP. Solo un pozo presenta condiciones favorables que permiten una extracción continua de hasta cuatro horas también con una bomba de 1 HP.

Cabe señalar que ninguno de los pozos ha sido aforado, por lo que no se dispone de información técnica precisa sobre su capacidad de extracción o recarga.

Durante el trabajo de campo **se constató que los ríos de la zona presentan un alto nivel de contaminación** y caudales reducidos debido a las condiciones de sequía. Como resultado, **se concluye que el agua de río no debe considerarse como una fuente viable para el proyecto**, especialmente si se busca sostenibilidad a mediano y largo plazo.



Figura 12. Río contaminado en San Miguel Chicaj.

Este hallazgo fue discutido durante las reuniones iniciales en ambos municipios y también abordado en la reunión sostenida con el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), realizada en sus instalaciones después del trabajo de campo.

La situación tiene implicaciones directas en varias dimensiones del proyecto:

- **Técnica**, por la limitación de fuentes accesibles y confiables,
- **Ambiental**, por el riesgo de agravar la presión sobre cuerpos de agua ya degradados,
- **Social**, por la preocupación comunitaria frente al deterioro de los ríos, y
- **Sanitaria**, debido al riesgo asociado a la calidad de los productos agrícolas. Actualmente no existe ningún sistema de monitoreo que garantice la inocuidad de los alimentos producidos.

Durante las reuniones en los municipios y con la Dirección Municipal de Planificación (DMP), se señaló que muchas de las descargas que contaminan los ríos provienen de hospitales, sistemas municipales y letrinas domiciliarias.

Estos resultados reflejan una alta dependencia de fuentes subterráneas de agua de limitada disponibilidad, sin mediciones técnicas formales, y una vulnerabilidad significativa en el abastecimiento y calidad del agua para la producción agrícola.

## 6.7. Tipo de riego utilizado

La totalidad de los pequeños productores encuestados depende de la lluvia directa como principal fuente de riego. Adicionalmente, se registran estrategias complementarias: cuatro productores utilizan sistemas de riego por gravedad, cuatro emplean riego directo con manguera, cinco productores han implementado o están en proceso de transición hacia sistemas de riego por goteo, y uno utiliza riego por aspersión.

También se identificaron iniciativas relevantes orientadas a mejorar la eficiencia en el uso del agua para riego, como la transición progresiva hacia el riego por goteo, y la implementación de tecnologías de bajo consumo adaptadas a la producción orgánica de hortalizas. Asimismo, se observó un impulso al fortalecimiento de grupos comunitarios, destacando el acompañamiento brindado por la FAO y el MAGA para promover la participación de mujeres organizadas, a través de los CADER, en actividades productivas vinculadas al cultivo de hortalizas.

## 6.8. Frecuencia de riego y disponibilidad de agua

La frecuencia de riego entre los pequeños productores encuestados varía de acuerdo con el tipo de cultivo, la disponibilidad de agua y las condiciones climáticas.

Dos productores reportaron realizar riego diario, asociado principalmente al cultivo de hortalizas, mientras que dos productores indicaron regar varias veces por semana.

Las respuestas abiertas revelan prácticas diferenciadas: cultivos de hortalizas requieren riego diario o incluso dos veces al día, mientras que frijol y maíz son regados cada tres a ocho días, dependiendo de la temporada.

La frecuencia de riego suele ajustarse según la necesidad del cultivo y la capacidad de extracción del pozo.

Respecto a la pregunta sobre si el agua disponible es suficiente para cubrir la demanda agrícola, tres productores respondieron afirmativamente y seis indicaron que no lo es.

Entre quienes señalaron que el agua es suficiente, se destacan condiciones particulares:

- uno de ellos depende solo parcialmente de la agricultura como ingreso familiar,
- otro utiliza técnicas agroecológicas como los microorganismos de montaña, que reducen significativamente la necesidad de agua,
- y un tercero cuenta con infraestructura adecuada (invernadero y tanque elevado), y ha recibido acompañamiento técnico por parte de organizaciones como CARITAS y MAGA.

Por el contrario, los productores que manifestaron no contar con agua suficiente describieron una serie de limitaciones:

- tiempos de bombeo muy reducidos (ej. 40 minutos),
- pozos con lenta recarga (hasta cinco días),
- interrupciones del suministro eléctrico,
- y la necesidad de complementar el riego con cubetas desde charcas.

Además, varios productores coincidieron en que su verdadera necesidad de riego es mayor que la actualmente practicada, pero se ven restringidos por la baja disponibilidad de agua.

Estos resultados evidencian una discrepancia significativa entre la frecuencia de riego practicada y la frecuencia óptima para ciertos cultivos, reflejando una limitación estructural en el acceso y disponibilidad de agua para riego, especialmente en condiciones de sequía.

## 6.9. Horarios de riego y compatibilidad con los cultivos

Los horarios de riego reportados por los pequeños productores encuestados reflejan una adaptación práctica a las condiciones climáticas, la disponibilidad de agua y la rutina diaria de trabajo.

Siete de los nueve productores riegan en la mañana, tres lo hacen en la tarde, y dos indicaron realizar riego nocturno. Algunos productores combinan más de un horario según el tipo de cultivo o la disponibilidad de agua en el pozo.

Las principales razones para elegir estos horarios incluyen:

- La **reducción de la evaporación** y mejor aprovechamiento del agua en el suelo,

- La **menor intensidad del sol**, que reduce el estrés térmico tanto para las plantas como para los agricultores,
- La **conveniencia operativa**, como la disponibilidad del sistema o el tiempo libre luego de las labores diarias,
- Y la **optimización del rendimiento** en función de las rutinas productivas.

Entre los productores que riegan en horas de la tarde, se encuentran cultivos diversos como **frijol, ayote, limón, aguacate, plátano y cebolla**, así como hortalizas de hoja como **lechuga, cilantro, acelga y rábano**.

Aunque se recomienda evitar el riego durante las horas centrales del día debido a la alta evaporación, el riego en la tarde, especialmente a partir de media tarde, **no representa un riesgo significativo de enfermedades** ni tiene efectos negativos sobre la productividad, **siempre que se evite mojar el follaje de forma prolongada**, en particular en cultivos sensibles como el frijol.<sup>1,2,3,4</sup> En síntesis, los horarios de riego observados entre los entrevistados son técnicamente válidos y no presentan inconvenientes para los cultivos reportados. Por el contrario, reflejan una capacidad de adaptación basada en la experiencia local, las condiciones del entorno y la incorporación gradual de buenas prácticas agrícolas.

Este análisis es fundamental para verificar la viabilidad de utilizar sistemas de bombeo solar directo para riego agrícola. Dado que el bombeo solar directo depende de la disponibilidad de radiación solar, es decir, se realiza exclusivamente mientras el sol está brillando, resulta crucial confirmar que los horarios de riego practicados por los productores (mañana y tarde) son compatibles con el funcionamiento de un sistema solar sin baterías.

## 6.10. Participación por género en las jornadas de riego

Aunque la muestra es pequeña, se considera altamente representativa de la realidad de la pequeña agricultura en ambos municipios. La selección de los productores encuestados se realizó de manera dirigida, con el acompañamiento de especialistas técnicos del MAGA y de la FAO, quienes mantienen una relación directa y continua con los agricultores locales.

---

<sup>1</sup> EnergyPedia. (2023). SPIS Toolbox - Riego eficiente con energía solar.

[https://energypedia.info/images/3/3e/9.0\\_Modulo\\_RIEGA\\_SPIS\\_Toolbox\\_Spanish.pdf](https://energypedia.info/images/3/3e/9.0_Modulo_RIEGA_SPIS_Toolbox_Spanish.pdf)

<sup>2</sup> Casa Planta Vigo. (2023). ¿A qué hora es mejor regar las plantas? <https://casaplantavigo.com/blog/a-que-hora-es-mejor-regar-plantas>

<sup>3</sup> EOS Data Analytics. (2023). Cultivo de frijol: guía práctica para agricultores. <https://eos.com/es/blog/cultivo-de-frijol/>

<sup>4</sup> Bascomex. (2023). ¿Cuál es el mejor momento para regar las plantas?

<https://bascomex.com/blogs/news/cual-es-el-mejor-momento-para-regar-las-plantas>

Por esta razón, los resultados son presentados en porcentajes, permitiendo una mejor interpretación de las tendencias de participación y asegurando que las conclusiones reflejen de manera confiable las prácticas comunitarias.

La participación en las jornadas de riego muestra una tendencia hacia la corresponsabilidad entre mujeres y hombres.

- El 55.6% de los productores encuestados indicó que tanto mujeres como hombres participan en las labores de riego.
- El 22.2% señaló que únicamente las mujeres se encargan de estas actividades, y el 11.1% indicó que solo los hombres participan.
- Un 11.1% adicional corresponde a productores que dependen exclusivamente del agua de lluvia, por lo que no realizan jornadas organizadas de riego.

Estos datos reflejan que, en el contexto de la agricultura a pequeña escala, las mujeres desempeñan un rol activo en las labores relacionadas con el manejo del agua, ya sea de forma exclusiva o en conjunto con los hombres.

Este hallazgo subraya la importancia de incorporar un enfoque de género en el diseño e implementación de sistemas de riego, asegurando que tanto mujeres como hombres reciban formación técnica y acceso equitativo a los recursos necesarios para fortalecer la productividad agrícola.

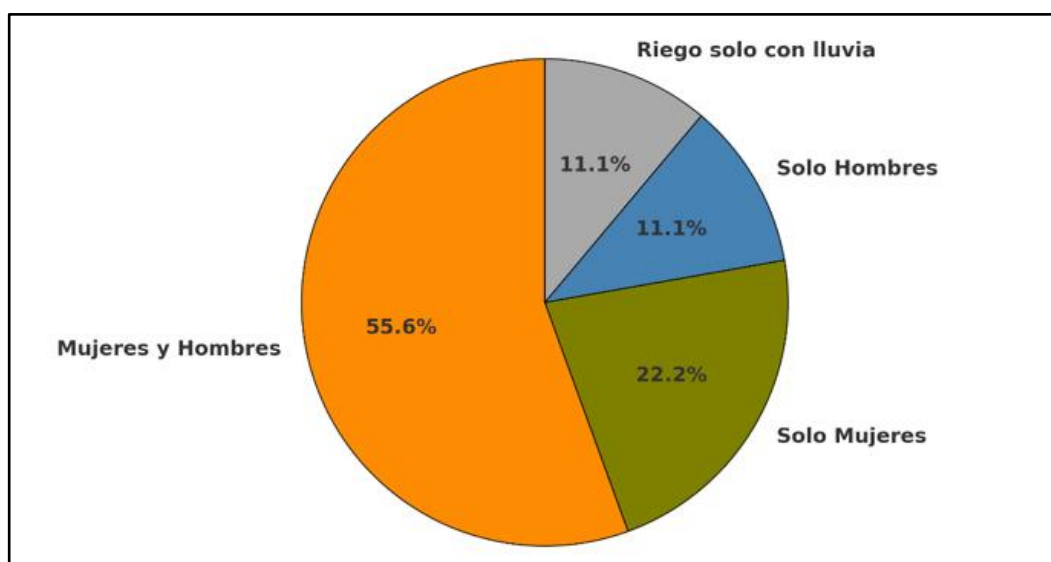


Figura 13. Participación por género en jornadas de riego (Agricultura a pequeña escala en Rabinal y San Miguel Chicaj).

## 6.11. Acceso a asistencia técnica y capacitación en gestión del agua y riego

En cuanto a la asistencia técnica, cinco productores reportaron haber recibido apoyo en temas de gestión del agua y riego. Las instituciones que ofrecen esta asistencia son principalmente la **FAO**, **MAGA** y **CARITAS**, en algunos casos de forma conjunta.

Respecto a la inclusión de género, todos los productores que recibieron asistencia técnica señalaron que esta se dirige a hombres y mujeres por igual. En cuanto a la capacitación, cuatro productores indicaron haber participado en procesos formativos sobre gestión del agua y riego, mientras que cinco no han recibido este tipo de acompañamiento. Las capacitaciones fueron brindadas principalmente por FAO y MAGA.

De los productores que recibieron capacitación, todos afirmaron que esta ha estado dirigida a hombres y mujeres por igual, aunque tres señalaron que, en su experiencia, las capacitaciones han beneficiado en mayor medida a las mujeres.

Tres productores mencionaron específicamente que la FAO ha brindado capacitación práctica en parcelas modelo sobre el funcionamiento de sistemas de riego, incluyendo aspectos de instalación, operación y mantenimiento, lo cual ha sido valorado como un aporte relevante para fortalecer capacidades técnicas locales.

Además, se identificó que uno de los grupos de mujeres participantes es miembro activo de la Asociación de Comités de Producción Comunitaria (ACPC). Este grupo recibe acompañamiento técnico continuo y formación especializada para la **adopción de técnicas ancestrales mejoradas, particularmente mediante el uso innovador de microorganismos de montaña**, ya descrito en el capítulo correspondiente al análisis de actores clave.

## 6.12. Principales dificultades en el acceso al agua para riego y problemas recurrentes en la infraestructura

En relación con el acceso al agua para riego, seis productores señalaron que enfrentan dificultades. Las principales limitaciones reportadas fueron:

- Escasez de agua, mencionada por seis productores,
- Falta de infraestructura adecuada para extracción y conducción de agua, señalada por cuatro productores,
- Alto costo del acceso al agua para riego, reportado por dos productores.

Además, algunos productores especificaron dificultades particulares, como la necesidad de contar con pozos de mayor profundidad y la carencia de insumos para el tratamiento y filtrado del agua utilizada en charcas de producción mixta (riego y acuicultura).

En cuanto a la infraestructura de riego, varios problemas recurrentes fueron identificados:

- Fugas en tuberías o mangueras (tres casos),
- Obstrucción o taponamiento de líneas (un caso),
- Daños por animales o personas (un caso),
- Equipos dañados o desgastados como bombas, aspersores y cintas de goteo (un caso),
- Falta de repuestos e insumos para mantenimiento (un caso),
- Falta de capacitación técnica para el uso y mantenimiento de los sistemas (un caso),
- Cortes frecuentes de energía eléctrica que afectan el funcionamiento de bombas (tres casos).

Solo un productor indicó no experimentar ningún problema relevante en su infraestructura de riego.

En los comentarios abiertos, los productores resaltaron que la interrupción del servicio eléctrico genera serias limitaciones para bombear agua. Se reportaron casos donde los **cortes de electricidad se prolongan por varios días**, afectando la disponibilidad inmediata de agua para el riego y aumentando la vulnerabilidad de los cultivos, especialmente para quienes dependen de charcas. También se señaló la necesidad de contar con reservorios de mejor calidad.

Estos hallazgos reflejan la vulnerabilidad de los sistemas actuales y la necesidad urgente de mejorar tanto las fuentes de agua como la infraestructura básica de riego para asegurar su funcionamiento sostenible.

### 6.13. Costos asociados al riego

Durante las encuestas no se encontró ningún patrón de costos generados por los agricultores de producción similar. Se observó que, para productores con acceso a la energía eléctrica distribuida, el recibo mensual puede variar de 160 a 300 quetzales al mes. A estos productores, usuarios nuevos de servicio eléctrico, a los cuales se les impone un recibo mensual aunado a sus limitados ingresos, la tarifa eléctrica les resulta excesiva.

### 6.14. Uso de agua vs. lo que realmente necesitan los cultivos

El análisis del consumo diario de agua para riego entre pequeños productores revela que, en la mayoría de los casos, el volumen actualmente aplicado está **muy por debajo del requerido por los cultivos establecidos**. Aunque se reportan entre 9,000 y 15,800 litros por día, estos valores reflejan más bien las **limitaciones físicas del sistema de bombeo y extracción** (capacidad instalada, carga dinámica total, horas de operación), que una programación técnica de riego basada en las necesidades agronómicas.

Los cálculos se realizaron a partir de **información fragmentada y de carácter estimativo** obtenida directamente de los productores, incluyendo datos sobre el diámetro de la tubería, tipo y potencia de bomba instalada, carga dinámica total (CDT) observada en el sitio, horas de operación estimadas y el tipo de cultivos presentes en las parcelas. Si bien los datos no provienen de mediciones directas con

instrumentos de precisión, permiten establecer una **línea base suficientemente sólida** para identificar tendencias y tomar decisiones orientadas a mejorar la eficiencia.

Para este análisis se utilizaron como referencia los cultivos de **hortalizas de alta demanda de agua** que actualmente están siendo cultivados por los correspondientes productores. Las hortalizas son de presencia generalizada en las parcelas cuando no se cultiva maíz o frijol. Estas además pueden asegurar ingresos para las familias. Además, este criterio técnico responde a la necesidad de **estimar la demanda máxima posible de agua para cada parcela**, lo cual es fundamental para asegurar que el diseño de los sistemas de bombeo y distribución no esté sub-dimensionado. Esta es la lógica generalmente utilizada para el dimensionamiento de sistemas solares, ya que permite prever el funcionamiento del sistema incluso en períodos de máxima exigencia climática o productiva.

**Tabla 3. Relación entre agua efectiva disponible y demanda de riego estimada por productor.**

Nombre	Área (mz)	Cultivo de referencia	Agua bombeada (L/día)	Eficiencia de riego	Agua efectiva (L/día)	Demanda mínima (L/día)	Demanda máxima (L/día)
Productor 1	1	Hortalizas (ej. lechuga, acelga)	10,800	70%	7,560	25,000	35,000
Productor 2	1	Hortalizas (ej. acelga, zuquini)	10,560	60%	6,336	25,000	35,000
Productor 5	0.5	Güicoy (hortaliza)	13,500	60%	8,100	12,500	17,500
Productor 6	0.5	Cilantro y zanahoria (hortalizas)	11,880	55%	6,534	12,500	17,500
Productor 7	2.3	Sandía	9,000	50%	4,500	57,500	80,500

Para estimar cuánta agua necesita realmente cada parcela, no basta con revisar cuánta agua se está extrayendo o regando hoy en día. Es necesario considerar varios factores que, combinados, permiten proyectar la **demanda máxima de agua que podría necesitar un productor en condiciones reales de trabajo**. Estos factores incluyen:

- (1) El tipo de cultivos que se siembran, en este caso, principalmente hortalizas como lechuga, cilantro, o cebolla, que requieren más agua que otros cultivos como los frutales;
- (2) La eficiencia del sistema de riego, por ejemplo, si se riega con manguera o cubetas, gran parte del agua se pierde y no llega a las raíces;
- (3) El clima local, en zonas con altas temperaturas, viento y poca humedad, las plantas necesitan más agua para no secarse;
- (4) La forma en que se aplica el riego, si se hace “por horario” sin sensores o programación técnica, es común que se riegue de más o de menos; y
- (5) El tipo de suelo, si es muy arenoso o con mala estructura, no retiene bien el agua y se necesita aplicar más volumen para que llegue a las raíces.

Con base en estos factores y en estándares técnicos de la FAO (1998)<sup>5</sup>, y ajustes con datos regionales del CATIE (2008)<sup>6</sup> y CIRAD (2015)<sup>7</sup>, se justifica el uso de un rango de **25,000 a 35,000 litros diarios por manzana** como una estimación de diseño precautoria. Este rango deriva del concepto agronómico de **evapotranspiración del cultivo (ETc)**, que indica cuánta agua necesita una planta para crecer saludablemente en determinadas condiciones. La ETc se calcula multiplicando la **evapotranspiración de referencia (ETo)**, una medida del agua que se evapora y transpira desde una superficie de pasto bien regado bajo condiciones climáticas estándar, por un **coeficiente de cultivo (Kc)** que varía según el tipo de planta y su etapa de crecimiento. Para hortalizas como lechuga, cebolla o cilantro, bajo condiciones calurosas y secas, la FAO establece valores de Kc entre 0.9 y 1.1, y una ETo de entre 5 y 6 mm/día, lo que da una ETc de 5 a 6.6 mm/día en condiciones ideales.

Al convertir estos valores en volumen por manzana y ajustarlos por ineficiencias comunes en los sistemas de riego, múltiples cultivos simultáneos y condiciones climáticas adversas, se obtiene un rango ampliado de 35 a 50 mm/día, que equivale a 25,000 a 35,000 litros por manzana por día.

- Un ejemplo de este cálculo detallado puede consultarse en el Anexo C, donde se presenta el caso del Productor 1.

Este rango de lámina diaria<sup>8</sup> de riego es coherente con lo reportado para cultivos hortícolas bajo condiciones tropicales en Centroamérica y zonas áridas, particularmente en parcelas sin cobertura vegetal ni aporte de lluvia (FAO; CATIE, CIRAD).

Para los demás productores, se estimó la eficiencia de sus sistemas de riego en base al tipo de tecnología empleada (gravedad, aspersión, goteo, etc.), con coeficientes de eficiencia que varían entre el 50% y el 75% según estándares agronómicos (FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56, 1998). A partir de estas eficiencias, se calculó el volumen **realmente disponible para las raíces de los cultivos**.

Como se puede observar, **ningún productor alcanza la cobertura de la demanda mínima estimada**, y mucho menos la demanda máxima. Esto valida los testimonios recogidos en campo sobre pérdidas de calidad, necesidad de agua para los cultivos, y reducción de ciclos productivos. La deficiencia **no se**

---

<sup>5</sup> FAO. (1998). *Crop Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements* (FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56). Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/3/x0490e/x0490e00.htm>

<sup>6</sup> CATIE. (2008). *Manejo eficiente del agua en la horticultura de pequeña escala en América Central*. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Disponible en: <https://www.catie.ac.cr>

<sup>7</sup> CIRAD. (2015). *Fiches techniques sur les besoins en eau des cultures maraichères sous climat tropical*. Montpellier, Francia: Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD). Información general en: <https://www.cirad.fr>

<sup>8</sup> La profundidad de agua (en milímetros) que se aplica sobre una superficie agrícola en un día determinado.  $1 \text{ mm/día} = 1,000 \text{ L/ha/día}$  y como  $1 \text{ manzana} \approx 0.7 \text{ ha}$ , por lo tanto,  $1 \text{ mm/día} = 700 \text{ L/mz/día}$ .

**origina en el volumen total bombeado**, sino en un conjunto de factores técnicos: recarga lenta de pozos, baja presión, sistemas ineficientes, y cortes frecuentes de energía eléctrica.

Para la determinación precisa de la demanda de agua en cada sistema de bombeo, es fundamental realizar análisis específicos que consideren los cultivos realmente establecidos y las tecnologías de riego utilizadas. Esta evaluación debe integrar aspectos técnicos como eficiencia de aplicación, condiciones del suelo, clima local y prácticas de manejo. Asimismo, es necesario incluir criterios de diversificación agrícola con cultivos más resistentes a la sequía y de menor consumo hídrico. Por ejemplo, variedades de maíz adaptadas a condiciones secas, tomate y pimiento con alta demanda comercial y buena tolerancia al estrés hídrico, o incluso el cultivo de naranja en zonas como Rabinal, que históricamente ha mostrado buen comportamiento en climas secos. Esta diversificación no solo puede optimizar el uso del agua, sino también mejorar la sostenibilidad y rentabilidad de los sistemas productivos rurales.

### 6.15. Consumo de electricidad para bombeo y uso doméstico

El análisis del gasto en electricidad mensual de los hogares encuestados se basa en una estimación técnica del consumo energético requerido para el bombeo de agua, combinada con una suposición sobre el uso compartido del sistema eléctrico entre actividades agrícolas y domésticas. A partir de información fragmentada pero representativa recopilada en campo (potencia de bomba, diámetro de tubería, carga dinámica total, horas de operación diaria y frecuencia de riego mensual) se calculó el consumo mensual de energía destinado al bombeo.

Dado que los hogares rurales suelen utilizar un solo sistema eléctrico para bombeo y riego, se aplicó un factor correctivo del 50% adicional, considerando que el consumo total de electricidad es igual a 1.5 veces la energía calculada para el bombeo. Es decir, se atribuye una porción significativa al uso doméstico (iluminación, entretenimiento, comunicaciones, cocina).

Esta suposición se apoya en observaciones de campo: se contrastaron los costos eléctricos mensuales estimados por este modelo con los recibos reales de tres productores. En todos los casos, el costo total estimado se aproximó notablemente al monto real pagado para un mes, lo que sugiere que la proporción utilizada refleja adecuadamente la realidad operativa de estos hogares.

En términos de estructura tarifaria, los hogares analizados se encuentran bajo el esquema de tarifas sociales aplicado por DEOCSA<sup>9</sup> en Baja Verapaz. Este incluye subsidios para consumos mensuales de hasta 100 kWh, distribuidos en tramos:

- 0–60 kWh → Q0.89 por kWh
- 61–88 kWh → Q1.33 por kWh
- 89–100 kWh → Q1.45 por kWh

---

<sup>9</sup> Datos actualizados a abril 2025.

- Más de 100 kWh → Q2.27 por kWh (Tarifa 4, sin subsidio)

Al aplicar esta estructura tarifaria al consumo estimado, se observó que el costo mensual exclusivamente atribuible al bombeo se encuentra entre Q12 y Q55, dependiendo del nivel de uso. No obstante, los recibos reales reportados por los productores oscilan entre Q81 y Q336 al mes, reflejando no solo el consumo eléctrico total, sino también la carga de otros factores como el cargo fijo por conexión (Q26.38), el aporte al alumbrado público (Q30 y Q20 en San Miguel Chicaj y Rabinal, respectivamente) y posibles pérdidas o ineficiencias en la red eléctrica doméstica.

En todas las visitas de campo se encontró que los productores con acceso a electricidad reciben cargos mensuales por alumbrado público, a pesar de que sus comunidades no cuentan con este servicio. Este cobro injustificado, aunque de monto aparentemente bajo, representa una carga adicional para hogares con ingresos estacionales o limitados. Esta situación debería ser revisada a nivel institucional, ya que contradice principios básicos de equidad en la prestación de servicios públicos.

**Tabla 4. Estimación de consumo de energía eléctrica y costo mensual.**

Nombre del productor	Potencia	Horas/día	Días/mes	Energía	+50% para	Tarifa	Costo
Productor 1	1	2	15	37.3	55.95	Tarifa 1	Q106.28
Productor 2	1.25	1.3	30	62.17	93.25	Tarifa 3	Q170.50
Productor 6	1	2.5	15	46.63	69.94	Tarifa 3	Q149.50
Productor 7	1	2	22	27.35	41.03	Tarifa 2	Q83.00
Productor 8	2	2	8	39.79	59.68	Tarifa 3	Q109.60
Productor 9	1	2.2	15	41.03	61.55	Tarifa 3	Q138.33

## 6.16. Percepción de costos y necesidades de inversión en infraestructura de riego

Más allá de los valores reportados en quetzales, los testimonios recogidos durante las entrevistas muestran que los productores son plenamente conscientes de las limitaciones actuales de sus sistemas de riego, y reconocen la necesidad de realizar mejoras progresivas para asegurar la sostenibilidad de su producción agrícola.

Un hallazgo consistente en todas las parcelas visitadas es que los pozos existentes presentan recargas muy lentas, lo cual impide cubrir adecuadamente la demanda diaria de agua. Esto ha llevado a los productores a identificar como prioridad la profundización de los pozos para garantizar un volumen de extracción más estable. Aunque la inversión requerida es elevada, todos los entrevistados expresaron su disposición a realizar estas mejoras gradualmente, conforme sus ingresos lo permitan.

Algunos casos reflejan con claridad esta situación: se reportaron montos de inversión estimados de hasta Q12,000 y Q50,000 para habilitar o completar sus sistemas de riego. Esta claridad demuestra no

solo un entendimiento técnico básico de los requerimientos, sino también una actitud proactiva frente al desafío económico, aunque actualmente no cuentan con los recursos necesarios.

En otros casos, los costos mensuales asociados al uso de bombas eléctricas se mencionan con precisión, reflejando un seguimiento constante del gasto. Un productor señaló que durante los meses más calurosos su factura de energía se incrementa considerablemente. Estas respuestas evidencian que, aunque no siempre exista un desglose técnico, los productores comprenden el peso que el riego tiene sobre su economía familiar.

En conjunto, esta información muestra que las decisiones de inversión no están guiadas únicamente por la disponibilidad de recursos, sino también por una evaluación realista de las mejoras necesarias. La mayoría indicó que realizará las inversiones por etapas, lo cual refuerza la necesidad de acompañar estos procesos con apoyo técnico especializado y mecanismos de financiamiento progresivo.

### 6.17. Disposición hacia la adopción de tecnologías de riego eficientes

Los resultados muestran una alta apertura por parte de los productores a mejorar sus sistemas de riego, así como un nivel significativo de conocimiento previo sobre tecnologías más eficientes como el goteo o la aspersión tecnificada. De los nueve productores encuestados, ocho afirmaron haber escuchado sobre estas tecnologías y todos manifestaron interés en mejorar sus sistemas actuales.

Este interés se ve limitado principalmente por barreras económicas. La mitad de los productores identificaron el alto costo como el principal obstáculo para adoptar tecnologías más eficientes. Otros mencionaron la falta de información técnica como una barrera relevante, especialmente en los casos en los que no han tenido experiencia previa con sistemas más avanzados.

A pesar de las limitaciones económicas, el alto nivel de interés manifestado por los productores sugiere que existe un terreno fértil para la adopción progresiva de nuevas tecnologías de riego, siempre que vayan acompañadas de mecanismos de financiamiento accesibles y asistencia técnica continua. Algunos productores ya han recibido apoyo institucional concreto: el MAGA y la FAO han brindado asistencia, incluyendo proyectos en curso orientados a fortalecer capacidades para el manejo eficiente del agua; la ACPC ha apoyado procesos de adopción de tecnologías sostenibles con enfoque agroecológico; y la municipalidad ha facilitado insumos y materiales para la infraestructura de riego. Estas experiencias demuestran que, cuando hay acompañamiento técnico y organizativo, los productores están dispuestos a incorporar mejoras tecnológicas incluso en contextos de bajos ingresos.

### 6.18. Formas de financiamiento utilizadas para sistemas de riego

Los datos recolectados muestran que los productores han recurrido a distintas estrategias para financiar la instalación o mejora de sus sistemas de riego, con una prevalencia de financiamiento

propio a través de ahorros personales. Cuatro de los nueve productores encuestados indicaron haber financiado sus sistemas exclusivamente con recursos propios, sin recurrir a créditos ni apoyo institucional externo.

Dos casos reportan el uso de créditos formales a través de Banrural, aunque con condiciones notablemente distintas. Uno correspondió a un crédito de Q3,500 con un plazo de 5 años plazo, a una tasa de interés del 30%, utilizando su salario como garantía. Y el otro crédito fue de Q50,000 a 4 años, con una tasa del 16% y con el respaldo de un fiador.

Se destaca un caso adicional por su enfoque comunitario: Una productora accedió a un crédito informal gestionado por el grupo de mujeres al que pertenece, a partir de un sistema de ahorro interno promovido y fortalecido con capacitación técnica de CARITAS. Este esquema permitió el otorgamiento de un crédito a tres meses con una tasa de interés simbólica del 5%, sin necesidad de colateral.

Estos resultados reflejan una realidad común en la agricultura familiar: la limitada presencia de financiamiento accesible, adaptado a las capacidades económicas y operativas de los pequeños productores. Al mismo tiempo, evidencian que, cuando existen mecanismos comunitarios de ahorro o instituciones dispuestas a asumir riesgos razonables, los productores pueden acceder al crédito y asumir compromisos financieros para mejorar sus condiciones productivas.

## 6.19. Sistemas de almacenamiento de agua y suficiencia para el riego

La mayoría de los productores entrevistados cuenta con algún tipo de infraestructura de almacenamiento de agua, aunque su tipología, capacidad y nivel de adecuación técnica varían significativamente entre parcelas. Esta diversidad refleja tanto los esfuerzos individuales de adaptación como las limitaciones económicas y técnicas para implementar soluciones más robustas.

Entre los sistemas más comunes se encuentran los huecos o charcas en el suelo, con o sin revestimiento. Las capacidades de los sistemas de almacenamiento oscilan entre los 2.5 y 280 m<sup>3</sup>. La biofábrica, es un caso especial pero muy revelador para las capacitaciones. Este sistema aprovecha la topografía del terreno: sus siete charcas están dispuestas en distintos niveles, simulando una pequeña cascada, lo que facilita el uso del agua por gravedad y mejora la eficiencia del sistema. Cabe mencionar que el agua de este productor es un nacimiento. No obstante, en casi todos los casos, la extracción inicial del agua se realiza desde un pozo, y el uso puede ser simultáneo: parte del caudal se dirige directamente hacia los cultivos y otra parte hacia el almacenamiento. Para utilizar el agua acumulada en las charcas o huecos, los productores deben volver a bombear el agua, lo cual representa una limitación adicional cuando no se cuenta con sistemas eléctricos confiables o energía disponible.

En contraste, el grupo CADER de El Llano está construyendo un tanque a nivel del suelo, pero ubicado en un punto más alto que las parcelas cultivadas, esto podría permitir que el agua fluya por gravedad hacia el área de riego o talvez será rebombada. Tres de los productores tienen tanques de

almacenamiento elevados, ya sean construidos con materiales permanentes o Rotoplas. Estas soluciones, que incluyen tanques elevados o Rotoplas, son soluciones adecuadas por los usuarios, dentro del contexto de su escala productiva actual. Es importante señalar que en un caso, el sistema de almacenamiento fue instalado a un costo considerable (Q2700), lo que indica que incluso las soluciones más simples representan una inversión significativa para estos productores.

Solo un productor, reportó no contar con ningún tipo de almacenamiento, lo que lo obliga a depender del bombeo directo para abastecer sus cultivos, situación que representa un riesgo elevado en caso de interrupciones eléctricas o fallas del sistema.

De forma complementaria, se identificaron esfuerzos institucionales para fortalecer esta dimensión: FAO y MAGA están brindando asistencia técnica y capacitación a los productores para la construcción de huecos revestidos como forma de almacenamiento económico y adaptado a zonas rurales. Además, se reportó que muchos pequeños productores han sido beneficiados con geomembranas provistas por programas del MAGA, lo cual ha facilitado la implementación de soluciones más duraderas y seguras para el manejo del agua.

Finalmente, varios productores expresaron de forma explícita que el agua actualmente almacenada no es suficiente para cubrir sus necesidades de riego durante los ciclos agrícolas. Esta percepción, sumada a la evidencia técnica levantada en campo, subraya la urgencia de fortalecer las capacidades locales para diseñar e implementar soluciones de almacenamiento que garanticen la continuidad del riego en contextos de alta variabilidad climática y limitaciones en la recarga de pozos.



Figura 14. Huecos revestidos con geomembrana, nylon y no revestido para almacenamiento de agua para riego.

## 6.20. Percepción del cambio climático, impacto de la sequía y efectos sobre la producción

La totalidad de los productores encuestados manifestó haber escuchado sobre el cambio climático y, en su mayoría, identificaron efectos concretos en su entorno, especialmente relacionados con la disminución en la disponibilidad de agua durante los últimos años. Solo un productor señaló que su acceso al agua se ha estabilizado gracias a la instalación de un pozo, aunque incluso en ese caso se reconoce que previamente el río cercano se había secado por completo.

Ocho de los nueve productores confirmaron estar viviendo una época de sequía prolongada, con duraciones reportadas de entre 5 y 20 años. En algunos casos, se hace referencia a un cambio sostenido desde hace dos décadas. La percepción de sequía está directamente relacionada con la pérdida de fuentes de agua naturales, el agotamiento estacional de pozos, y la mayor dependencia de sistemas artificiales de abastecimiento.

En cuanto a los impactos concretos sobre la producción agrícola, los productores identificaron una amplia gama de afectaciones negativas:

- **Disminución del rendimiento:** reportada por casi todos los encuestados, indica que las plantas producen menos de lo esperado.
- **Menor calidad del producto:** los cultivos presentan menor tamaño, sabor o valor comercial, especialmente en frutas y granos.
- **Pérdida total de cultivos:** en algunos ciclos, los cultivos no logran desarrollarse o mueren prematuramente.
- **Aumento de plagas y enfermedades:** se observa una menor resistencia en las plantas, lo que incrementa la vulnerabilidad a factores bióticos.
- **Dificultad para sembrar en la siguiente temporada:** producto de la escasa humedad residual en el suelo.
- **Cambio en los tiempos de cosecha:** aunque menos común, también se reportan desajustes en los calendarios productivos.

Un productor ha implementado una estrategia adaptativa: el cultivo de calabaza para mejorar la humedad del suelo, lo que demuestra iniciativas locales de mitigación ante condiciones climáticas adversas.

Otro testimonio revela impactos indirectos de la sequía sobre la seguridad alimentaria y el costo de vida: **aumento en el precio de los granos básicos, mayores gastos de producción que ingresos por cosecha, y reducción en la disponibilidad de alimentos para el hogar.**

Esta sección evidencia que la percepción local sobre el cambio climático no solo es clara, sino que está estrechamente vinculada a experiencias concretas de pérdida, riesgo y adaptación. La variabilidad climática y la prolongación de periodos secos están afectando de forma directa la productividad, la

estabilidad económica y la seguridad alimentaria de los pequeños agricultores en Rabinal y San Miguel Chicaj.

## 6.21. Estrategias de adaptación implementadas frente a la variabilidad climática

Frente a los efectos crecientes del cambio climático y la variabilidad en los patrones de lluvia y temperatura, los pequeños productores de Rabinal y San Miguel Chicaj han comenzado a aplicar diversas estrategias de adaptación, con niveles variables de implementación según su contexto técnico, económico y social.

Entre las prácticas identificadas, destacan algunas respuestas técnicas puntuales, como el **uso de invernaderos** que permiten mantener condiciones controladas de cultivo frente a lluvias intensas, sequías o cambios bruscos de temperatura. También se reporta el uso de **almacenamiento de agua de lluvia, ajuste de calendarios agrícolas, sistemas de riego más eficientes**, y la **incorporación de cultivos más resistentes a la sequía**. Estas estrategias buscan asegurar la continuidad de la producción y mitigar el impacto de la escasez hídrica.

Asimismo, algunos productores han adoptado enfoques agroecológicos, como el **uso de microorganismos de montaña y abonos orgánicos o mejoradores de suelo**, prácticas que contribuyen a conservar la fertilidad, mejorar la capacidad de retención hídrica del suelo y fortalecer la resiliencia de los cultivos. En varios casos se ha observado la decisión de **evitar la quema de broza**, reconociendo que si bien facilita la limpieza del terreno, también degrada su estructura y contenido nutricional.

Otras estrategias incluyen el **riego en horarios frescos del día** para reducir evaporación, y el **uso de charcas revestidas con geomembrana o nylon** como solución local para el almacenamiento temporal de agua durante la época seca.

Sin embargo, algunos productores no reportaron ninguna estrategia de adaptación activa, lo que refleja las limitaciones en el acceso a recursos, información o asistencia técnica.

En términos institucionales, la participación en programas de apoyo o capacitación sigue siendo limitada, aunque existen casos positivos en los que productores han recibido asistencia de entidades como FAO, MAGA o asociaciones comunitarias. Esta situación refuerza la importancia de ampliar el alcance territorial y temático de los programas de formación y acompañamiento técnico en gestión climática para pequeños productores rurales.

En conjunto, si bien las estrategias actuales demuestran una voluntad de adaptación por parte de las familias agricultoras, la adopción de medidas más estructurales y sostenidas requerirá inversión pública, coordinación institucional y fortalecimiento de capacidades a nivel comunitario.

## 7. DIMENSIONES DE ANÁLISIS DE GÉNERO

El proyecto reconoce que mujeres y hombres viven de manera diferenciada las oportunidades de acceso a recursos, asistencia técnica, participación comunitaria y toma de decisiones. En este contexto, el análisis de género se orienta no solo a identificar desigualdades, sino a promover una transición justa, en la que las mujeres rurales de Rabinal y San Miguel Chicaj puedan beneficiarse plenamente del acceso a tecnologías de riego sostenible, fortaleciendo su autonomía económica, productiva y política.

### 7.1. Dimensión económica

Las mujeres rurales combinan de forma activa sus responsabilidades domésticas con diversas actividades económicas, orientadas al autoconsumo y a la venta de excedentes. Cultivan hortalizas y otros alimentos en terrenos que habitan (propios o prestados) y, en alianza con otras mujeres, arrendan tierras para ampliar su producción (generalmente por un costo de Q2,000 a Q2,500 por manzana, dependiendo de la ubicación). Estas actividades están sujetas a los ciclos estacionales y a la vocación agrícola del suelo.

A la producción agrícola se suma la crianza de animales de corral y la elaboración de productos como tejidos, bordados, corte y confección, artesanías y manualidades. Lo producido se destina principalmente al sustento del hogar, pero también contribuye a cubrir otros gastos esenciales como salud y educación. En muchos casos, las mujeres trabajan la tierra sin poseerla formalmente (ya que suele estar a nombre de hombres de la familia o en propiedad comunal sin registro individual). Al casarse, las hijas suelen recibir un dote que no necesariamente implica derechos de propiedad.

En condiciones de mayor pobreza, las mujeres se ven obligadas a migrar por temporadas para trabajos agrícolas en municipios cercanos como Salamá o Esquipulas. Allí laboran durante 15 a 20 días por cosecha, con jornadas de entre 4 y 14 horas diarias, percibiendo entre Q80 por día o hasta Q200 cuando se les paga por libra cosechada. Esta migración temporal afecta la dinámica familiar, pues muchas madres deben dejar a sus hijos al cuidado de abuelos u otros familiares. También se ha registrado un aumento en la migración internacional femenina (principalmente hacia Estados Unidos).

Una de las estrategias más efectivas que han impulsado autonomía financiera es la organización de grupos de ahorro solidario, promovidos por CARITAS en alianza con IEPADES. Estos funcionan con aportes mensuales de las mujeres, los cuales se prestan entre ellas para cubrir emergencias o financiar emprendimientos. Las decisiones se toman en asamblea, y los préstamos tienen un interés anual del 10 % (menor al de entidades financieras formales). Estos fondos crecen también a través de rifas, sanciones por inasistencia y otras actividades, logrando montos acumulados de entre Q200,000 y Q300,000 por grupo al año. Los recursos se utilizan principalmente para salud, educación, compra de materia prima y mejoras en las viviendas.

En términos de acceso a crédito formal, instituciones como COONSAJER reportan una proporción equitativa entre mujeres y hombres. Sin embargo, los créditos solicitados por mujeres se destinan principalmente a

infraestructura y comercio (frecuentemente vinculados a remesas), mientras que los créditos agrícolas son en su mayoría solicitados por hombres.<sup>10</sup>

## 7.2. Dimensión educativa

En ambas comunidades se observa una mejora sostenida en el nivel educativo de las mujeres jóvenes respecto a generaciones anteriores. Mientras que las mujeres mayores de 40 años generalmente no concluyeron la primaria, muchas mujeres entre 20 y 40 años han completado el nivel diversificado y esperan que sus hijas accedan a estudios universitarios. Actualmente, niñas y niños asisten regularmente a la escuela.

Organizaciones como Corazón de Maíz (con apoyo de Taiwán) promovieron becas para niñas y jóvenes después de la tormenta Agatha en 2010, lo que facilitó que muchas mujeres concluyeran sus estudios. El proyecto de CARITAS también fortaleció las capacidades de las mujeres utilizando la estructura de los Centros de Aprendizaje para el Desarrollo Rural (CADER) impulsados por el MAGA, a través de cinco componentes clave:

1. Escuelas de campo para manejo agrícola (plagas, abono, mantenimiento).
2. Grupos de ahorro.
3. Red de respuesta a emergencias (COLRED y CONRED).
4. Camino de resiliencia (apoyo emocional y psicológico).
5. Casa hogar saludable (mejoras en organización y salubridad del hogar).

Desde los años 1990 hasta la actualidad, múltiples entidades (MAGA, SOSEP, SESAN, DEMI<sup>11</sup>, MIDES, Fundazúcar, DMM, Qachuu Aloom, Asociación 13 de Marzo, KfW, Plan Internacional, FAO, OIM<sup>12</sup>) han complementado el sistema educativo formal con talleres y métodos prácticos de formación. Las temáticas han incluido desde derechos de las mujeres y participación ciudadana hasta producción agropecuaria, alimentación nutritiva, ahorro, autocuidado y manipulación de alimentos.

Actualmente, el centro universitario CUNBAV en Rabinal reporta paridad de género en la matrícula de sus carreras universitarias, que incluyen pedagogía, derecho, administración e ingeniería agronómica.

## 7.3. Dimensión de salud

La salud comunitaria se ve afectada por la contaminación del agua y los alimentos. Tanto hombres como mujeres están expuestos a infecciones gastrointestinales como *helicobacter pylori*. Rabinal presenta índices más altos de desnutrición crónica que San Miguel Chicaj (según datos de la SESAN entre 2020 y 2022), aunque

---

<sup>10</sup> Entrevista con Gerente interino, COONSAJER, Agencia San Miguel Chicaj

<sup>11</sup> Defensoría de la Mujer Indígena

<sup>12</sup> <https://nortedecentroamerica.iom.int/es/news/alterna-y-la-oim-se-unen-en-una-alianza-estrategica-para-fortalecer-el-desarrollo-economico-sostenible-y-la-inclusion-social>

esfuerzos como el programa de refacciones escolares del MINEDUC y bonos del MIDES han contribuido a su reducción. Un informe de Oxfam (2019) reportaba una prevalencia del 67.8 % en Baja Verapaz.

Las estructuras comunitarias COMUSAN y COCOSAN permiten identificar y atender casos de desnutrición, especialmente en Rabinal, que cuenta con un mayor número de comités conformados. Aunque en años recientes la malnutrición se ha asociado al consumo de comida chatarra en zonas urbanas, hay avances en la concientización sobre alimentación saludable, cloración del agua y prácticas de higiene.

Respecto a salud sexual y reproductiva, Plan Internacional ha brindado capacitaciones en planificación familiar. Las mujeres expresaron tener entre 1 y 4 hijos y usar métodos de anticoncepción. Además, la Dirección Municipal de la Mujer (DMM) ha brindado información sobre violencia de género y rutas de denuncia, aunque el subregistro sigue siendo alto debido al miedo a represalias.

La atención médica en los centros públicos es percibida como lenta e ineficiente, lo que obliga a muchas familias a recurrir a clínicas privadas. Se estima que el gasto mensual promedio en salud para una familia de 5 miembros asciende a Q1,000. En este contexto, los grupos de ahorro son una fuente clave para financiar gastos médicos.

#### 7.4. Dimensión sociocultural y política

Las mujeres participan activamente en la producción agrícola, en el cuidado del ganado y en la comercialización, aunque su involucramiento en la gestión del agua y de la energía para riego es todavía limitado. Esto no responde a falta de capacidades, sino a barreras estructurales como la baja tenencia de tierra y los roles tradicionales asignados por género.

Las mujeres organizan la producción para el autoconsumo desde sus hogares, combinando el cultivo con la crianza de animales y la preparación de alimentos. Esta intensa carga de trabajo, mayoritariamente doméstica, limita su disponibilidad para participar en procesos públicos o espacios de toma de decisión.

Aunque muchas están organizadas a través de CADER, COCOSAN y grupos de ahorro, su participación en instancias de decisión municipal sigue siendo baja. En los municipios visitados nunca ha habido una alcaldesa, y las mujeres candidatas enfrentan barreras como el alto costo de las campañas. A nivel institucional, aún predominan hombres en cargos superiores, incluso en la academia (a pesar de la paridad estudiantil). La DMM de San Miguel Chicaj, sin embargo, destaca que varias entidades públicas locales como el centro de salud, el MIDES, el juzgado y el TSE son lideradas por mujeres.

Se ha identificado un “techo de cristal” que limita el ascenso de las mujeres a cargos de mayor poder. No obstante, destacan casos de liderazgo femenino en asociaciones como Qachuu Aloom y 13 de Marzo, que promueven la agroecología y la economía alternativa, y cuyas juntas directivas están conformadas mayoritariamente por mujeres.

Además, Rabinal cuenta desde 2021 con una Política Pública Municipal de Promoción y Desarrollo Integral de las Mujeres, que brinda una base normativa para seguir fortaleciendo su participación política.

## 7.5. Contexto del proyecto de riego sostenible

El análisis de género en el contexto del proyecto de riego sostenible revela que las mujeres rurales de Rabinal y San Miguel Chicaj desempeñan un papel fundamental en la producción agrícola, la seguridad alimentaria y la economía familiar. Sin embargo, enfrentan múltiples barreras estructurales que limitan su acceso a recursos productivos, a la tierra, al crédito agrícola y a espacios de decisión comunitaria.

A pesar de estas limitaciones, las mujeres han desarrollado estrategias resilientes de organización, como los grupos de ahorro, y han incrementado su participación educativa y técnica a través de programas impulsados por entidades públicas y organizaciones locales. Estas capacidades instaladas constituyen una base sólida para su inclusión activa en los procesos de innovación tecnológica, particularmente en la adopción y gestión de sistemas de riego sostenible.

Para que la transición tecnológica sea equitativa y sostenible, es imprescindible promover la participación plena de las mujeres en todas las etapas del proyecto: diagnóstico, planificación, capacitación, implementación y seguimiento. Esto implica no solo diseñar espacios formativos adecuados a sus tiempos y responsabilidades, sino también fortalecer sus capacidades en áreas técnicas y de liderazgo, y generar condiciones institucionales que favorezcan su acceso a tierra, financiamiento y representación política.

El reconocimiento de las mujeres como agentes estratégicos en la gestión del agua, la tierra y la energía no solo contribuye a cerrar brechas de género, sino que también refuerza la sostenibilidad ambiental, social y económica del proyecto en su conjunto.

## 8. MODELOS DE NEGOCIO

### 8.1. Marco conceptual del modelo de negocio

La formulación del modelo de negocio para la adopción de tecnologías de riego solar debe sustentarse en un análisis integral de múltiples dimensiones interrelacionadas. La Figura 15 presenta un marco conceptual que guía este proceso, articulando factores técnicos, económicos, ambientales e institucionales que influyen directamente en la viabilidad, sostenibilidad y escalabilidad del modelo.

El punto de partida es la identificación de condiciones mínimas necesarias para la sostenibilidad del sistema, como la disponibilidad de agua subterránea y la existencia de pozos con profundidades adecuadas. Estos factores se complementan con un análisis ambiental, que considera la estacionalidad del recurso hídrico y los límites ecológicos del entorno.

En paralelo, se evalúan la rentabilidad económica del riego, la capacidad de los productores para acceder a financiamiento, y el entorno normativo que puede habilitar o limitar la adopción de la tecnología.

Asimismo, el acceso a equipos, servicios técnicos y repuestos, a través de una cadena de suministro tecnológica robusta, resulta esencial para garantizar la operatividad del sistema a largo plazo. La participación de proveedores certificados y la articulación de capacidades locales fortalecen la sostenibilidad operativa del modelo.

La propuesta de valor debe responder a las características de los beneficiarios en el territorio, considerando el tamaño de parcela, nivel de organización, acceso a red eléctrica, y disposición para contribuir en el uso, mantenimiento y eventual pago del sistema.

Finalmente, el éxito del modelo depende de la capacidad institucional para establecer una estructura de gobernanza funcional, que articule actores clave a nivel nacional, local y comunitario, y que permita coordinar adecuadamente el uso de los recursos financieros.

Solo al considerar de manera integrada estas variables es posible diseñar un modelo de negocio realista, adaptable, sostenible y escalable, especialmente en contextos rurales como los de Rabinal y San Miguel Chicaj.



Figura 15. Marco conceptual para el desarrollo de modelo de negocios para SPIS.

## 8.2. Descripción del modelo

El modelo de negocio propuesto busca facilitar el acceso de pequeños productores agrícolas a tecnologías de riego solar, entendidas como el conjunto integrado de componentes que permiten el funcionamiento de sistemas de bombeo alimentados por energía solar y de sistemas de riego eficiente, como el riego por goteo, junto con los elementos técnicos requeridos para su instalación, operación y mantenimiento.

Se plantea un enfoque modular, participativo y escalable, que puede adaptarse a distintos niveles de organización y capacidad de pago de los productores, y que responde a las condiciones técnicas y climáticas observadas en los municipios de Rabinal y San Miguel Chicaj.

Este modelo se enfoca exclusivamente en sistemas que emplean agua subterránea extraída mediante pozos artesanales o perforados, y excluye el uso de agua superficial como ríos, debido a los altos niveles de contaminación registrados en estas fuentes.

Durante el trabajo de campo se identificó que todos los pozos visitados requerían ser profundizados para garantizar una extracción adecuada, lo cual influye directamente en los criterios de elegibilidad y en el diseño técnico del sistema. Asimismo, se observó que muchas comunidades cuentan con acceso a la red eléctrica, aunque esta suele ser inestable y percibida como costosa. Por ello, el modelo contempla también configuraciones híbridas (solar + red eléctrica) que priorizan el uso de energía solar, pero permiten respaldo desde la red.

### 8.2.01. Criterios de elegibilidad propuestos

Para asegurar la viabilidad técnica, económica y organizativa del modelo, se plantean tres conjuntos de criterios de elegibilidad. La Opción A establece condiciones prioritarias para implementación inmediata en productores con infraestructura básica adecuada. La Opción B permite ampliar el alcance hacia quienes requieren mejoras técnicas, y la Opción C contempla casos donde el sistema solar puede atender simultáneamente el riego agrícola y las necesidades básicas de electrificación doméstica, sin requerir organización formal.

#### Opción A: Criterios prioritarios (implementación inmediata)

1. Contar con un pozo aforado, con capacidad adecuada para satisfacer la demanda de agua para riego de la parcela objetivo.
2. Tener una parcela agrícola de hasta 2 hectáreas con cultivos en producción, preferentemente hortalizas o frutales.
3. Tener o estar en condiciones de instalar un sistema de almacenamiento de agua, ya sea tanque elevado o hueco revestido con geomembrana.
4. Estar organizados en estructuras comunitarias reconocidas por el MAGA, como los CADER u otras formas de organización local formalizadas.
5. Mostrar interés en participar activamente en la instalación, formación técnica y uso responsable del sistema.

6. Disposición para adoptar tecnologías de riego eficiente y asumir parte del costo mediante mecanismos de crédito, subsidio parcial o cofinanciamiento.

**Opción B: Criterios ampliados (incorporación con apoyo técnico)**

1. Contar con un pozo existente de al menos 15 metros de profundidad, con potencial para ser mejorado o profundizado técnicamente, según evaluación del proyecto.
2. Tener una parcela agrícola de hasta 2 hectáreas con cultivos en producción, preferentemente hortalizas o frutales.
3. Tener o estar en condiciones de instalar un sistema de almacenamiento de agua, ya sea tanque elevado o hueco revestido con geomembrana.
4. Estar organizados en estructuras comunitarias reconocidas por el MAGA, como los CADER u otras formas de organización local formalizadas.
5. Mostrar interés en participar activamente en la instalación, formación técnica y uso responsable del sistema.
6. Disposición para adoptar tecnologías de riego eficiente y asumir parte del costo mediante mecanismos de crédito, subsidio parcial o cofinanciamiento.

**Opción C: Criterios combinados (riego + electrificación doméstica individual)**

1. Contar con un pozo aforado, con capacidad adecuada para satisfacer la demanda de agua para riego de la parcela objetivo, o bien con un pozo existente de al menos 15 metros de profundidad, con potencial para ser mejorado o profundizado técnicamente, según evaluación del proyecto.
2. No contar con conexión a la red eléctrica.
3. Tener o estar en condiciones de instalar un sistema de almacenamiento de agua, ya sea tanque elevado o hueco revestido con geomembrana.
4. Tener una parcela agrícola de hasta 2 hectáreas con cultivos en producción, preferentemente hortalizas o frutales.
5. Mostrar interés en participar activamente en la instalación, formación técnica y uso responsable del sistema.
6. Disposición para adoptar tecnologías de riego eficiente y asumir parte del costo mediante mecanismos de crédito, subsidio parcial o cofinanciamiento.

Esta opción está dirigida a productores que no necesariamente están organizados formalmente, pero cuyas condiciones técnicas y sociales justifican la instalación de un sistema solar que atienda tanto las necesidades de riego como las de consumo energético básico del hogar, incluyendo iluminación, refrigeración y carga de dispositivos.

Los sistemas serán dimensionados específicamente para cada caso, de acuerdo con la profundidad del pozo, el caudal requerido y el tipo de cultivo. Se podrá utilizar bombas solares de corriente directa (CD) o bombas eléctricas convencionales (CA) alimentadas por sistemas solares a través de inversores, según la configuración más adecuada. En comunidades donde ya existan bombas eléctricas AC en funcionamiento, se evaluará su incorporación mediante esquemas híbridos.

Los componentes del sistema incluirán paneles fotovoltaicos, inversores o controladores, tuberías, válvulas, sistemas de almacenamiento de agua, y, cuando sea pertinente, sistemas de riego por goteo o microaspersión. Para reducir costos y simplificar la operación, se priorizarán configuraciones sin baterías, siempre que las condiciones técnicas lo permitan.

### 8.3. Población objetivo y propuesta de valor

El modelo de negocio está dirigido a pequeños productores agrícolas de los municipios de Rabinal y San Miguel Chicaj que enfrentan limitaciones para acceder a tecnologías de riego sostenibles, energéticamente asequibles y adaptadas a sus condiciones climáticas, económicas y territoriales.

#### Beneficiarios del modelo

Se han definido tres perfiles principales de beneficiarios, alineados con los criterios de elegibilidad establecidos en la sección anterior:

- **Opción A – Productores organizados con infraestructura adecuada:** productores que ya cuentan con un pozo aforado, sistema de almacenamiento, y organización formal (como CADER). Están en condiciones de implementar de forma inmediata soluciones de riego solar eficiente.
- **Opción B – Productores organizados con infraestructura parcial:** productores que poseen pozos existentes con necesidad de mejora técnica. Tienen disposición organizativa y cultivan de forma activa, pero requieren asistencia técnica para adecuar el sistema.
- **Opción C – Productores individuales sin acceso a la red eléctrica:** productores que no están organizados formalmente, pero cuentan con un pozo (aforado o con potencial de mejora), cultivan hasta 2 hectáreas y no tienen conexión a la red eléctrica. En estos casos, se plantea la instalación de un sistema solar que atienda tanto el riego como las necesidades básicas de electrificación doméstica (iluminación, carga de dispositivos, refrigeración, etc.).

Este enfoque diferenciado permite al modelo atender tanto a productores organizados en zonas con cierto desarrollo técnico, como a hogares rurales aislados que requieren soluciones integrales.

#### Propuesta de valor

El modelo ofrece una solución técnica, económica y socialmente adaptada al contexto rural del Corredor Seco de Baja Verapaz. Los beneficios clave que aporta a los distintos tipos de beneficiarios incluyen:

- **Acceso a tecnologías limpias y eficientes,** que eliminan la dependencia de gasolina, diésel o redes eléctricas costosas e inestables.
- **Reducción de costos operativos,** al disminuir el gasto en energía y aumentar la eficiencia del uso del agua mediante riego por goteo o microaspersión.
- **Aumento en la productividad agrícola,** al permitir mayor control y frecuencia del riego, incluso durante épocas secas.
- **Mejora en la resiliencia climática** y en la autonomía hídrica y energética de las familias rurales.
- **Electrificación básica para uso doméstico** (Opción C), en hogares sin conexión a la red, mejorando la calidad de vida, la seguridad, la salud y la conectividad digital.

- **Acceso a mecanismos de financiamiento adaptados** a los ciclos agrícolas, combinando crédito con subsidios parciales, pago por servicio o leasing, según el perfil del productor.
- **Acompañamiento técnico continuo**, incluyendo capacitación, instalación, seguimiento y fortalecimiento de capacidades locales para garantizar la sostenibilidad del sistema.

Adicionalmente, el modelo de negocio propuesto es coherente con los criterios de elegibilidad establecidos en el Marco de Financiamiento Sostenible de la República de Guatemala (2024), lo que lo posiciona como un proyecto apto para ser financiado mediante instrumentos verdes, sociales o sostenibles. Desde la dimensión ambiental, el modelo se alinea con la categoría de **Gestión Sostenible de Recursos Naturales y Uso del Suelo**, al incorporar prácticas agrícolas sostenibles, tecnologías de riego con alta eficiencia hídrica y producción agropecuaria de bajo impacto ambiental. También contribuye a la categoría de **Adaptación al Cambio Climático**, al fortalecer la resiliencia frente a sequías, variabilidad estacional y fenómenos extremos mediante soluciones tecnológicas apropiadas. En el ámbito social, el modelo responde directamente a las categorías de **Seguridad Alimentaria y Sistemas Alimentarios Sostenibles, al contribuir a mejorar el acceso a agua para la producción de alimentos en comunidades rurales**. El proyecto está enfocado a **poblaciones desatendidas, personas en situación de pobreza y pueblos indígenas**, en particular del pueblo Maya Achi en los municipios de Rabinal y San Miguel Chicaj. En conjunto, el modelo no solo responde a criterios técnicos, ambientales y comunitarios, sino que también cumple de forma explícita con las categorías de elegibilidad definidas por el Ministerio de Finanzas Públicas en el marco nacional de financiamiento sostenible.

En conjunto, el modelo busca contribuir a un desarrollo rural más inclusivo, equitativo y sostenible, al tiempo que promueve una transición energética justa para los pequeños agricultores del territorio.

#### 8.4. Flujo de ingresos y mecanismos financieros

El modelo de negocio se estructura como un fondo revolvente, diseñado para garantizar su sostenibilidad financiera y permitir un escalamiento progresivo. El capital semilla puede ser aportado de manera independiente o compartida por el gobierno, la cooperación internacional u otros actores estratégicos y se utilizará para otorgar créditos a los productores beneficiarios con el fin de cubrir parcialmente la inversión inicial. A medida que estos créditos sean devueltos, los recursos se reintegrarán al fondo para ser reutilizados en nuevos ciclos de financiamiento, beneficiando a más productores sin necesidad de nuevas inyecciones externas de capital.

Para que el modelo financiero propuesto funcione adecuadamente, es fundamental asegurar la recuperación del financiamiento, es decir, que se cumpla con el mecanismo de pago de los créditos otorgados. Esto evitará que el fondo se descapitalice y garantizará su operatividad a largo plazo.

Este enfoque combina inclusión financiera con sostenibilidad institucional, y es aplicable a todos los perfiles definidos (opciones A, B y C), mediante mecanismos adaptados a sus condiciones técnicas, organizativas y económicas.

Asimismo, el modelo permite combinar, de manera flexible, un subsidio no reembolsable con otros mecanismos financieros —como el crédito rural adaptado al ciclo agrícola o el arrendamiento con opción a compra— dependiendo del perfil técnico, organizativo y socioeconómico del productor. En las opciones A, B

y C, el subsidio cubre parcialmente el costo del sistema y se complementa con un crédito o arrendamiento. En casos de alta vulnerabilidad, se podrá aplicar un subsidio más elevado, no reembolsable, sin necesidad de crédito ni pago periódico, acompañado de aportes no financieros por parte del productor. Esta flexibilidad garantiza soluciones adaptadas a cada situación, manteniendo la sostenibilidad del fondo y el principio de corresponsabilidad.

#### **8.4.01. Crédito rural adaptado al ciclo agrícola (desde el fondo revolvente)**

1. El fondo revolvente podrá canalizar recursos a través de instituciones financieras (como Banrural, cooperativas u otras), mediante:
  - Reducción directa de tasas de interés,
  - Cobertura parcial del capital,
  - Bonificaciones por cumplimiento del pago.
2. La cobertura parcial del capital será definida caso por caso, con base en un estudio económico individual que evalúe la capacidad de pago del productor y las condiciones productivas. Para facilitar la adopción en las primeras fases del programa, se aplicará una estrategia de subsidio decreciente:
  - En el primer año, los subsidios podrán cubrir hasta un 60% del costo total del sistema.
  - En el segundo año, el porcentaje máximo se reducirá a 50%.
  - A partir de entonces, el subsidio continuará descendiendo progresivamente hasta alcanzar un porcentaje mínimo que será definido con base en la evaluación económica del fondo revolvente, de forma que permita sostener nuevos ciclos de financiamiento sin comprometer su viabilidad financiera.
3. El crédito será otorgado por entidades con experiencia en financiamiento agrícola, con atención territorial.
4. Los plazos de repago serán de 3 a 5 años, con cuotas adaptadas a los ciclos productivos, conforme a las condiciones que usualmente manejan las entidades financieras rurales. Aunque estos plazos responden a criterios bancarios de recuperabilidad, también se procurará que estén alineados con los tiempos estimados de retorno de inversión del sistema, los cuales varían entre 3 y 6 años dependiendo del uso, la fuente de energía sustituida y el nivel de subsidio recibido. Considerando que la vida útil del sistema solar es considerablemente mayor (15 a 20 años), los productores podrían beneficiarse de importantes ahorros en energía incluso después de haber completado el repago. El análisis económico detallado será desarrollado en etapas posteriores del proyecto.
5. Puede implementarse bajo esquemas de garantía solidaria, especialmente entre productores organizados en CADER u otras estructuras locales.
6. Aplicable a todas las opciones de beneficiarios (A, B y C), con condiciones diferenciadas según nivel de organización, capacidad de pago y tipo de sistema adoptado.
7. Asistencia técnica asociada al crédito: Cada otorgamiento de crédito estará acompañado obligatoriamente por un paquete de asistencia técnica integral, que incluye: diseño e instalación del sistema, capacitación inicial en operación y mantenimiento, y acompañamiento técnico continuo durante el periodo de repago. Este componente será coordinado con proveedores certificados o entidades técnicas especializadas, y será financiado total o parcialmente como parte del crédito o

mediante apoyo complementario del programa. Esta condición busca asegurar la sostenibilidad técnica del sistema, optimizar su desempeño productivo y proteger la inversión realizada con recursos del fondo revolvente.

#### **Ejemplo ilustrativo del uso combinado de capital semilla, subsidio y crédito**

Supongamos que el costo total del sistema de riego solar para un productor es de Q30,000. En el primer año del programa, el modelo permite aplicar un subsidio decreciente de hasta el 60%, lo que equivale a Q18,000. Este monto sería cubierto con capital semilla, aportado al fondo revolvente por el gobierno, la cooperación internacional o ambos.

El 40% restante del costo (Q12,000) se financia mediante un crédito rural adaptado al ciclo agrícola, otorgado por una entidad financiera local (como una cooperativa o Banrural), utilizando recursos del mismo fondo revolvente.

El productor devolverá este crédito en cuotas ajustadas a su ciclo productivo. Con cada cuota pagada, una parte del capital se reintegra al fondo, permitiendo financiar a nuevos beneficiarios sin necesidad de nuevos aportes externos. No es necesario esperar al pago completo del crédito: el fondo se regenera progresivamente conforme se recuperan los pagos.

A medida que el programa avance, el porcentaje de subsidio máximo para nuevos sistemas disminuirá (por ejemplo, al 50% en el segundo año), y se ajustará gradualmente hasta alcanzar un porcentaje mínimo que será definido con base en evaluaciones periódicas del desempeño financiero del fondo. Esto garantizará que los recursos disponibles puedan sostener nuevos ciclos de financiamiento sin comprometer la viabilidad del mecanismo, manteniendo el equilibrio entre accesibilidad para los productores y sostenibilidad a largo plazo.

#### **8.4.02. Pago por servicio o arrendamiento con opción a compra (leasing rural)**

Este mecanismo permite que el productor utilice el sistema sin necesidad de endeudamiento directo, mediante el pago periódico por su uso. El pago se realiza por el uso de la infraestructura de riego, no por el recurso del agua en sí. Puede estructurarse bajo una modalidad similar al modelo Pay-As-You-Go (PAYG), adaptada a contextos rurales, en la que se paga por el servicio o arrendamiento del equipo con opción a compra. Esta modalidad resulta especialmente útil en zonas rurales con acceso limitado al crédito formal o con ingresos agrícolas variables.

### Esquema de funcionamiento:

1. Se establece un registro de proveedores calificados, previamente evaluados y certificados por el proyecto o una entidad delegada, con criterios como:
  - Experiencia comprobada en instalación de SPIS,
  - Personal técnico capacitado,
  - Cumplimiento de estándares de calidad definidos,
  - Compromiso con el mantenimiento postventa.
2. Los proveedores firman un convenio con la entidad gestora del fondo, que define:
  - El tipo de sistemas autorizados,
  - La forma de financiamiento inicial desde el fondo,
  - Las condiciones del contrato de uso con el productor,
  - El seguimiento técnico y financiero.
3. El productor firma un contrato de arrendamiento con opción a compra, donde paga una tarifa periódica (mensual o estacional), que cubre:
  - El uso del sistema,
  - El mantenimiento básico,
  - Eventualmente, la transferencia de propiedad tras cierto período.
4. El fondo revolvente puede financiar a los proveedores de dos formas:
  - **Adelantando los recursos** antes de la instalación, una vez aprobado el contrato con el productor, o
  - **Reembolsando el monto** después de verificar que el sistema fue correctamente instalado y está en funcionamiento.

En ambos casos, el fondo recupera su inversión con los pagos periódicos realizados por el productor.

### Mecanismos de pago y recuperación del fondo:

En comunidades rurales con acceso limitado a infraestructura bancaria, el proyecto deberá establecer mecanismos locales de cobro confiables y adaptados al contexto, como por ejemplo:

- Pagos en efectivo mediante agentes comunitarios validados (como promotores técnicos o estructuras locales).
- Recaudación a través de cooperativas rurales o asociaciones con presencia en la comunidad.
- Uso de plataformas móviles básicas, como Tigo Money o Banrural Mi Banco, en casos donde el productor esté familiarizado con su uso.

En todos los casos, los convenios con proveedores deberán garantizar que el pago del productor sea transferido total o parcialmente al fondo revolvente, para asegurar la sostenibilidad del modelo. Se deberán establecer protocolos de verificación, trazabilidad y conciliación de pagos, con participación de la entidad gestora.

Controles y reglas para el funcionamiento del sistema:

El fondo podrá definir:

- Un límite de sistemas por proveedor, para evitar concentración de recursos o dependencia de un único actor.
- Condiciones de rendimiento mínimo, como caudal diario, disponibilidad operativa, o estándar de servicio técnico.
- Requisitos de reporte y monitoreo técnico, que incluyen documentación de la instalación, visitas técnicas, informes de desempeño y evidencia fotográfica.

Este esquema es particularmente adecuado para productores de la Opción C, así como para grupos comunitarios que desean compartir un sistema sin adquirirlo de forma inmediata.

#### Rentabilidad esperada para el productor

Este esquema puede ser particularmente rentable para productores que no tienen acceso a crédito formal o prefieren evitar el endeudamiento directo. Aunque las tarifas periódicas pueden ser ligeramente mayores que las cuotas de un crédito convencional, incluyen servicios de mantenimiento y soporte técnico, reduciendo los riesgos operativos. Además, una vez completado el período de pago, el productor puede adquirir el sistema y beneficiarse de su uso durante toda la vida útil restante del equipo, que puede extenderse por 15 a 20 años. Esto significa que, si el arrendamiento se completa en 5 a 7 años, el productor podría generar ahorros netos durante más de una década. Por lo tanto, esta opción representa una vía accesible, gradual y financieramente razonable para avanzar hacia la autonomía energética y la resiliencia productiva.

### **8.4.03. Subsidio directo o cofinanciamiento no reembolsable**

- El fondo podrá asignar una fracción de su capital a subsidios directos para productores en situación de alta vulnerabilidad o exclusión financiera, que no están en condiciones de asumir deuda ni de participar en esquemas de pago por servicio.
- El subsidio cubrirá entre 70% y 80% del costo total del sistema, de acuerdo con la evaluación técnica, productiva y socioeconómica del caso.
- El porcentaje restante deberá ser cubierto por el productor mediante aportes no financieros, como mano de obra, adecuación del terreno, apoyo en la instalación o contribución en especie. Estos aportes suelen representar entre el 20% y 30% del valor del sistema, dependiendo del contexto local.
- Este esquema está reservado para casos excepcionales, en los que se busca garantizar inclusión productiva y justicia territorial.

#### **Para evitar abusos y garantizar transparencia:**

- Cada beneficiario que califique por su condición de vulnerabilidad podrá acceder a un único subsidio directo, aplicado a una unidad productiva.
- Se establecerá un porcentaje máximo del fondo revolvente destinado a este tipo de subsidios (por ejemplo, 20–30%), evitando que se conviertan en la modalidad principal del programa.
- La asignación deberá estar sustentada en criterios técnicos claros, con procesos de evaluación, validación y participación comunitaria e institucional.

Este mecanismo no constituye un crédito ni una forma de arrendamiento, sino una herramienta de inclusión social estratégicamente limitada, orientada a hogares rurales que de otro modo quedarían excluidos del acceso a sistemas sostenibles de riego y energía.

#### **Justificación y rentabilidad social del subsidio directo:**

Aunque este mecanismo no genera retornos financieros directos para el fondo, representa una inversión social estratégica en contextos de alta exclusión y pobreza rural. Al permitir que hogares en situación de vulnerabilidad accedan a tecnologías que de otro modo serían inalcanzables, el subsidio directo contribuye a la reducción de brechas territoriales, la resiliencia climática de familias marginadas y la equidad en la transición energética. Además, al requerir aportes no financieros por parte del productor, se fomenta el compromiso comunitario y la corresponsabilidad en la gestión del sistema. En términos de impacto, estos casos pueden ser altamente rentables desde una perspectiva social, ambiental y productiva, especialmente cuando permiten activar la producción agrícola en zonas con fuerte dependencia de lluvias, altos niveles de inseguridad alimentaria o nula electrificación.

#### **8.4.04. Flujo de ingresos del productor**

Los productores generarán ingresos principalmente a partir de la venta de hortalizas durante la época de sequía y, maíz y frijol durante la época de lluvias, cuyos rendimientos mejorarán gracias al uso de tecnologías de riego eficiente. En la Opción C, además, habrá ahorro en energía doméstica (iluminación, carga, refrigeración), lo cual reduce gastos y mejora el bienestar del hogar.

Estos flujos de ingreso —combinados con la mejora de la productividad, la reducción de pérdidas por sequía y el ahorro en combustibles— permitirán cubrir progresivamente las cuotas del crédito o del arrendamiento, fortaleciendo así la recuperación del fondo revolviente y asegurando su continuidad.

La estructuración del modelo como fondo revolviente, acompañada de una estrategia de subsidios decrecientes, mecanismos de control y proveedores certificados, permite combinar impacto inmediato con sostenibilidad a largo plazo, fortaleciendo la autonomía energética y el acceso de agua para riego de los pequeños productores rurales.

### **8.5. Actores involucrados y esquema de gobernanza**

El éxito del modelo de negocio propuesto requiere una estructura de gobernanza clara y colaborativa, que garantice la transparencia en el uso del fondo revolviente, el cumplimiento técnico de los sistemas, y la participación activa de los actores clave en el territorio. A continuación, se describen los principales actores involucrados y sus funciones dentro del modelo:

#### **a) Entidad gestora del fondo revolviente**

La administración del fondo revolviente requiere una entidad sólida, con capacidad técnica, operativa y financiera para gestionar recursos públicos y de cooperación, celebrar convenios con terceros, y rendir cuentas de forma transparente. A continuación, se describen opciones viables, según el marco institucional de Guatemala:

1. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) – Dirección de Coordinación Regional y Extensión Rural (DICORER)
  - Ejecuta proyectos productivos con financiamiento compartido (donación + contrapartida).
  - Tiene presencia territorial y experiencia con tecnologías agrícolas, incluyendo sistemas de riego.
  - Podría asumir el rol de entidad operativa en coordinación con unidades técnicas departamentales.
2. Programa de Incentivos para Pequeños Productores (PIPP)
  - Operado por el MAGA o en alianza con otras instituciones.
  - Ofrece asistencia técnica y apoyo económico bajo modalidad de fondo concursable.
  - Podría ampliar su mandato para asumir funciones de administración financiera simplificada, con enfoque territorial y criterios técnicos de elegibilidad.
3. FONAGRO (Fondo Nacional para la Reactivación y Modernización de la Actividad Agropecuaria)
  - Aunque ha tenido bajo dinamismo institucional, fue concebido como un fondo para apoyar la inversión productiva rural.
  - Su estructura permitiría evolucionar hacia una figura fiduciaria moderna para administración de fondos mixtos (públicos + cooperación).

La elección de la entidad gestora dependerá del diseño institucional del programa, la capacidad de ejecución local y la voluntad política para consolidar un modelo transparente y sostenible. También puede considerarse una combinación de actores, donde el MAGA supervise, una entidad fiduciaria administre, y actores financieros operen los desembolsos.

#### **b) Instituciones financieras (bancos o cooperativas)**

- Canalizan los créditos del fondo a los productores organizados.
- Evalúan la capacidad de pago y gestionan los contratos crediticios.
- Participan en convenios con tasas preferenciales, líneas verdes o garantías compartidas.
- También pueden administrar el cobro de pagos periódicos en esquemas de leasing, si están formalmente vinculadas al programa.

#### **c) Proveedores certificados de sistemas SPIS**

- Instalan, operan y mantienen los sistemas según estándares técnicos definidos.
- Participan en esquemas de leasing o pago por servicio, bajo convenios supervisados por la entidad gestora del fondo.
- Presentan reportes técnicos, documentación completa y verificaciones post-instalación.
- Son seleccionados e inscritos en un registro oficial, con base en criterios de experiencia, capacidad técnica y cumplimiento contractual.

#### **d) Gobiernos municipales y estructuras comunitarias**

- Apoyan la identificación de beneficiarios y la validación local de condiciones técnicas y sociales.
- Pueden actuar como facilitadores del cobro, validadores técnicos o garantes sociales.

- Participan en comités locales de seguimiento y transparencia, especialmente en esquemas comunitarios o donde se implementan subsidios directos.
- Su rol es clave para garantizar la legitimidad territorial del modelo.

#### **e) Productores y organizaciones rurales (CADER, asociaciones)**

- Son los beneficiarios directos del modelo, responsables del uso adecuado y sostenido de los sistemas.
- En el caso de usuarios individuales: firman contratos, reciben capacitación, realizan los pagos correspondientes o aportes no financieros.
- En el caso de sistemas colectivos: establecen normas internas de uso, turnos de riego, mantenimiento compartido y gestión organizativa.
- Deben ser parte activa en el diseño de soluciones adaptadas a su contexto.

#### **f) Entidad de acompañamiento técnico**

- Diseña los sistemas y apoya en la selección de configuraciones adecuadas según la condición del pozo, parcela y tipo de cultivo.
- Capacita a los beneficiarios y actores locales.
- Realiza visitas de campo, valida condiciones técnicas y apoya en la formulación de recomendaciones para la instalación o mejora.
- Puede ser una ONG especializada, un consorcio técnico, o una unidad técnica del MAGA o de cooperación internacional.

#### **g) Entidad financiadora o de cooperación internacional**

- Aporta el capital semilla que alimenta el fondo revolvente.
- Participa en el diseño del modelo, define indicadores de desempeño y criterios de transparencia.
- Acompaña el monitoreo y puede condicionar nuevas fases de financiamiento al cumplimiento de metas técnicas, financieras y sociales.
- Su rol es clave para legitimar el modelo y asegurar su sostenibilidad institucional.

## **8.6. Tecnología para los SPIS**

La viabilidad técnica del modelo de negocio propuesto se sustenta en la adopción de tecnologías apropiadas de bombeo y riego, seleccionadas en función de las condiciones productivas, climáticas, sociales y energéticas de los municipios de Rabinal y San Miguel Chicaj. Las soluciones tecnológicas recomendadas están diseñadas para optimizar el uso de la energía solar, garantizar eficiencia en el uso del agua, y ser compatibles con las diversas capacidades de organización y pago de los pequeños productores.

### **8.6.01. Tecnologías recomendadas de riego eficiente para pequeños productores en Rabinal y San Miguel Chicaj**

Para el contexto del proyecto en Rabinal y San Miguel Chicaj, se recomienda priorizar tecnologías de riego eficiente que se adapten a las condiciones técnicas, económicas y productivas de los pequeños agricultores. El riego por goteo representa la opción más adecuada, ya que permite aplicar el agua directamente al pie de

cada planta con alta eficiencia, reduciendo el consumo de agua y mejorando la productividad, especialmente en cultivos hortícolas que predominan en la zona.

Esta tecnología puede operar de manera efectiva con sistemas solares fotovoltaicos mediante tanques elevados o reservorios con rebombeo, y es compatible con prácticas de fertirriego. Como segunda opción, el riego por microaspersión puede implementarse en parcelas donde se cultiven frutales u otros cultivos sensibles, siempre que se logre la presión mínima requerida a través de una adecuada elevación del agua o el uso de una bomba auxiliar.

Ambas tecnologías son compatibles con los esquemas de bombeo solar considerados por el modelo de negocio y ofrecen una vía concreta para mejorar la eficiencia en el uso del agua, reducir la carga de trabajo para los agricultores y aumentar la resiliencia del sistema agrícola ante los efectos del cambio climático.

**Tabla 5. Resumen comparativo de tecnologías de riego recomendadas.**

Tipo de riego eficiente	Descripción general	Condiciones técnicas necesarias	Compatibilidad con SPIS	Adecuación al proyecto
Riego por goteo	Aplica agua directamente al pie de cada planta con bajo caudal y alta eficiencia.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Filtro de partículas.</li> <li>- Regulación de presión.</li> <li>- Diseño hidráulico adecuado.</li> <li>- Mantenimiento periódico.</li> </ul>	Alta: funciona bien con tanque elevado o rebombeo.	Muy alta: ideal para hortalizas y parcelas pequeñas.
Riego por microaspersión	Distribuye agua en forma de microgotas; útil para frutales o cultivos mixtos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Presión de 0.5 a 1.5 bar.</li> <li>- Altura suficiente o bomba auxiliar.</li> <li>- Emisores de baja presión.</li> </ul>	Alta: requiere buena presión desde sistema solar.	

### 8.6.02. Configuraciones técnicas de sistemas de riego por bombeo solar fotovoltaico (SPIS)

Además del tipo de riego, el modelo contempla una diversidad de configuraciones técnicas de SPIS, según las condiciones específicas de cada comunidad y productor. Estas configuraciones permiten adaptar la solución energética a factores como el acceso a la red eléctrica, la topografía, la disponibilidad de agua subterránea y la organización local.

Tabla 6- Configuraciones técnicas de sistemas de riego por bombeo solar fotovoltaico (SPIS).

Esquema SPIS	Operación	Componentes clave	Tipo de bomba utilizada	Ventajas	Limitaciones en el contexto	Condiciones ideales	Compatibilidad con riego eficiente	Posición dentro del modelo de negocio
1. Sistema solar directo (sin almacenamiento)	Bombeea solo durante el día cuando hay sol.	Paneles solares, bomba, controlador MPPT.	Bomba solar FV (CD)	Bajo costo, simple de operar, sin baterías.	No funciona en días nublados; no permite riego temprano o tarde; requiere caudal disponible en tiempo real; no apto para cultivos sensibles.	Parcelas pequeñas ( $\leq 1$ ha), cultivos hortícolas resistentes, pozo con buena recarga, productores disponibles durante el día.	Goteo o microaspersión durante horas solares.	Opción básica; primer peldaño en la escalera tecnológica. <b>No está considerado en el modelo de negocio.</b>
2A. Con almacenamiento en tanque elevado	Bombeea durante el día a un tanque elevado; el riego se hace por gravedad.	Paneles solares, bomba, controlador, tanque elevado.	Bomba solar FV (CD)	Riego sin consumo energético adicional; buena presión.	Construcción costosa; requiere altura y espacio suficientes; posible resistencia comunitaria por manejo técnico.	Terreno con posibilidad de construcción en altura, usuarios con riego frecuente, buena radiación solar.	Goteo, aspersión, microaspersión por gravedad.	Alternativa sólida y replicable; opción prioritaria en comunidades con condiciones adecuadas.

Esquema SPIS	Operación	Componentes clave	Tipo de bomba utilizada	Ventajas	Limitaciones en el contexto	Condiciones ideales	Compatibilidad con riego eficiente	Posición dentro del modelo de negocio
2B. Con reservorio con geomembrana	Bombee durante el día hacia un reservorio; se riega después por gravedad o rebombeo.	Paneles solares, bomba, controlador, reservorio con geomembrana, (opcional: segunda bomba).	Bomba solar FV (CD) + opcional eléctrica (CA)	Menor costo que tanque elevado; buena capacidad de almacenamiento.	Evaporación; posible contaminación; requiere rebombeo si no hay pendiente; mantenimiento del revestimiento.	Terreno con espacio disponible, cultivos con riego posterior al almacenamiento, comunidades con apoyo técnico.	Goteo o aspersión con rebombeo.	Solución intermedia adaptable; útil para ampliar cobertura con menor inversión inicial.
3. Sistema híbrido solar + red eléctrica	Usa energía solar como prioridad; recurre a la red cuando no hay suficiente sol.	Paneles, inversor híbrido, bomba, conexión a red.	Bomba eléctrica (CA) o híbrida	Alta confiabilidad; reduce costos de energía.	Requiere acceso a red estable; percepción de alto costo eléctrico; dependencia de energía externa.	Zonas con acceso a red eléctrica, cultivos con requerimientos de riego constantes, usuarios dispuestos a asumir costo	Compatible con todos los tipos de riego eficiente.	Modelo mixto viable en zonas con red; balance entre costo y confiabilidad.
4. Sistema solar con baterías	Bombee en cualquier momento gracias a energía almacenada en baterías.	Paneles, controlador de carga, baterías, inversor, bomba.	Bomba eléctrica (CA) o CD con inversor	Riego flexible (mañana/noche).	Alto costo inicial; vida útil limitada de las baterías; necesidad de gestión técnica del banco de baterías.	Productores con necesidad de riego fuera de horas solares, capacidad para financiar baterías, cultivos sensibles.	Goteo y microaspersión, buena opción por baja presión.	Opción avanzada y flexible; requiere análisis financiero detallado.

Esquema SPIS	Operación	Componentes clave	Tipo de bomba utilizada	Ventajas	Limitaciones en el contexto	Condiciones ideales	Compatibilidad con riego eficiente	Posición dentro del modelo de negocio
5. Sistema solar comunitario o colectivo	Sistema compartido entre varios usuarios con turnos o válvulas de distribución.	Paneles solares, bomba de mayor capacidad, red hidráulica comunal, sistema de control.	Bomba solar FV (CD) o eléctrica (CA) según diseño	Economía de escala; acceso colectivo.	Requiere organización comunitaria sólida; gestión equitativa del uso; posible conflicto por distribución.	Comunidades organizadas, parcelas cercanas, manejo colectivo viable, cultivos diversificados.	Goteo, aspersión o combinaciones según diseño local.	Modelo estratégico para escalabilidad; requiere gobernanza y acuerdos sólidos.

## 8.7. Capacidad institucional y condiciones para la implementación

La implementación efectiva y sostenible del modelo de negocio propuesto requiere más que un diseño técnico y financiero robusto; también depende de la capacidad institucional existente para coordinar actores, administrar recursos y sostener procesos a largo plazo. Esta capacidad institucional se expresa tanto a nivel nacional como local, y debe evaluarse considerando aspectos administrativos, técnicos, normativos y de articulación interinstitucional.

### Capacidad administrativa y operativa

Entidades como el MAGA y sus direcciones desconcentradas, incluyendo DICORER, han demostrado experiencia en la ejecución de proyectos productivos, manejo de contrapartidas, y articulación con actores comunitarios. Programas como el PIPP cuentan con estructuras funcionales que podrían adaptarse al manejo de un fondo revolvente, aunque requieren fortalecimiento en herramientas de seguimiento financiero, evaluación de impacto y trazabilidad.

### Capacidad normativa y de gestión financiera

Existen programas y estructuras que permiten habilitar formas mixtas de gestión financiera, incluyendo convenios con cooperativas o asociaciones locales. Para operar bajo un fondo revolvente con subsidios condicionados, será necesario establecer normativas claras de operación, criterios de elegibilidad y mecanismos de control que puedan ser aplicados por instituciones públicas o socios implementadores.

### Articulación territorial y multisectorial

Una de las mayores fortalezas del territorio es la presencia de estructuras comunitarias organizadas (como los CADER y asociaciones locales), así como la cercanía de los gobiernos municipales con los productores. Estas instancias pueden facilitar la implementación del modelo si se articulan adecuadamente con los actores nacionales y con el acompañamiento técnico adecuado. La articulación interinstitucional a nivel local (MAGA, municipalidades, asociaciones, proveedores, cooperativas) es clave para asegurar la gobernanza del sistema y resolver desafíos operativos en campo.

### Condiciones mínimas para una implementación efectiva

Para que el modelo funcione de forma sostenida, se recomienda asegurar las siguientes condiciones institucionales:

- Existencia o habilitación de una unidad responsable del fondo revolvente, con personal capacitado en administración, seguimiento y rendición de cuentas.
- Capacidad técnica instalada o contratada para validar condiciones de elegibilidad, dimensionar sistemas y supervisar instalaciones.
- Mecanismos de coordinación formal entre niveles institucionales (nacional, departamental, municipal, comunitario).
- Establecimiento de protocolos de gobernanza local, especialmente en sistemas comunitarios.

- Inclusión de herramientas de monitoreo, evaluación y ajuste del modelo según aprendizajes en su implementación.

En resumen, Guatemala cuenta con capacidades institucionales clave para implementar el modelo, pero será necesario fortalecer ciertas funciones críticas y establecer una arquitectura operativa que combine recursos públicos, acompañamiento técnico y estructuras locales funcionales.

## 8.8. Escalabilidad y sostenibilidad

El modelo de negocio ha sido diseñado con mecanismos que favorecen su escalamiento progresivo y sostenibilidad financiera, técnica e institucional, adaptándose a las capacidades y condiciones cambiantes del territorio.

### Factores clave de escalabilidad:

- El uso de un fondo revolvente permite multiplicar el impacto del capital semilla, beneficiando a nuevos productores a medida que se recuperan los recursos iniciales.
- La existencia de tres opciones diferenciadas (A, B y C) permite adaptar el modelo a distintos niveles de organización, infraestructura y acceso a la red eléctrica, lo cual facilita su replicabilidad en otras regiones rurales del país.
- La incorporación de proveedores certificados, bajo estándares técnicos y convenios de servicio, habilita la participación del sector privado en la expansión del modelo.

### Condiciones de sostenibilidad:

- La estrategia de subsidios decrecientes, basada en estudios económicos caso por caso, fortalece la corresponsabilidad financiera y promueve un cambio cultural hacia la valoración de la inversión productiva.
- El diseño contempla límites explícitos para subsidios directos, evitando que el modelo se distorsione o se vuelva dependiente de transferencias permanentes.
- La estructura de gobernanza territorial, que involucra al MAGA, gobiernos municipales, organizaciones comunitarias y actores financieros, garantiza legitimidad local, transparencia y viabilidad institucional.
- La flexibilidad para incorporar mecanismos de cobro adaptados al entorno rural, incluyendo agentes comunitarios o plataformas móviles simples, fortalece la operatividad en contextos aislados.

En conjunto, estos elementos permiten que el modelo no solo sea viable en el corto plazo, sino que se consolide como una estrategia estructural para la transformación del riego en la pequeña agricultura, con potencial de expansión nacional bajo una lógica de eficiencia, inclusión y resiliencia.

## 9. CONCLUSIONES

### 9.1.01. Conclusiones principales

El análisis técnico, económico, ambiental e institucional realizado en los municipios de Rabinal y San Miguel Chicaj ha permitido definir un modelo de negocio adaptado a las condiciones reales del territorio y de los pequeños productores agrícolas. A partir del diagnóstico participativo, la caracterización de los sistemas de riego existentes, y la evaluación de alternativas tecnológicas y financieras, se han alcanzado las siguientes conclusiones clave:

1. Existe una demanda real y justificada de soluciones de riego eficientes alimentadas por energía solar, motivada por la creciente irregularidad climática, la insuficiencia de métodos tradicionales de riego y el alto costo de alternativas como generadores a gasolina.
2. Los sistemas de bombeo solar fotovoltaico (SPIS) son técnicamente viables en la mayoría de los casos estudiados, siempre que se disponga de un pozo existente con al menos 20 metros de profundidad o se contemple su mejora.
3. La propuesta tecnológica debe combinarse con tecnologías de riego eficientes (goteo y microaspersión), compatibles con energía solar y adaptadas al tipo de cultivo y condiciones de presión.
4. Para responder a la heterogeneidad de los productores, el modelo de negocio se basa en tres opciones diferenciadas (A, B y C), que definen criterios de elegibilidad según la condición del pozo, el acceso a red eléctrica, el nivel de organización y la necesidad de energía doméstica.
5. El modelo se estructura como un fondo revolvente, que combina crédito rural, arrendamiento con opción a compra y subsidios directos con aportes no financieros. Este mecanismo permite recuperar recursos e invertirlos en nuevos beneficiarios, garantizando sostenibilidad financiera.
6. Se establece una estrategia de subsidios decrecientes según año de incorporación y evaluación de capacidad de pago, con límites claros para evitar dependencia o uso indiscriminado de recursos públicos.
7. La implementación del modelo requiere de una estructura institucional robusta y articulada, donde el MAGA (a través de DICORER o el PIPP) puede asumir un rol operativo en coordinación con gobiernos municipales, organizaciones comunitarias y actores técnicos y financieros.
8. La escalabilidad del modelo dependerá de la capacidad de replicar el esquema en otras zonas del corredor seco, respetando las condiciones técnicas mínimas, promoviendo la participación comunitaria y fortaleciendo la cadena de suministro tecnológica.

En conjunto, el modelo propuesto representa una vía realista, sostenible y adaptable para promover el acceso a tecnologías de riego solar entre pequeños productores rurales, contribuyendo a su seguridad hídrica, resiliencia climática y estabilidad económica.

### 9.1.02. Recomendaciones para la institucionalización del modelo

Para asegurar que el modelo de negocio propuesto no se limite a una intervención puntual, sino que se consolide como una estrategia pública sostenible y escalable, es necesario avanzar hacia su institucionalización

progresiva en el marco de políticas nacionales, estructuras existentes y alianzas intersectoriales. A continuación, se presentan recomendaciones clave para avanzar en ese proceso:

#### **a) Formalización institucional del modelo**

- Designar una unidad responsable dentro del MAGA, como DICORER o el PIPP, para liderar la operación del modelo de negocio con enfoque territorial.
- Establecer un marco normativo y operativo específico para la administración del fondo revolvente, incluyendo los mecanismos financieros (crédito, leasing, subsidios), criterios de elegibilidad, y roles de los actores asociados.
- Incluir la adopción de tecnologías de riego solar en los instrumentos de planificación sectorial, como políticas de agricultura resiliente al clima, programas de transición energética rural o planes de adaptación al cambio climático.

#### **b) Articulación con la cooperación internacional**

- Promover alianzas con agencias de cooperación, fondos climáticos o bancos de desarrollo, que puedan aportar capital semilla, asistencia técnica o apoyo institucional a través de acuerdos de largo plazo.
- Establecer convenios con socios implementadores especializados (ONG, universidades, consorcios técnicos) para apoyar en la fase piloto y la validación del modelo en campo.

#### **c) Fortalecimiento de la institucionalidad local**

- Capacitar a los gobiernos municipales y estructuras comunitarias (como CADER) en la gestión de sistemas de riego, seguimiento de beneficiarios y mecanismos de gobernanza local.
- Establecer comités locales de validación y monitoreo, que aseguren transparencia, legitimidad y participación comunitaria en la implementación del modelo.
- Garantizar que el modelo incorpore mecanismos de aprendizaje y retroalimentación, para su ajuste progresivo en función de los resultados obtenidos.

#### **d) Integración con otras políticas públicas**

- Vincular el modelo con programas existentes de acceso a crédito, incentivos agrícolas o electrificación rural, para aprovechar sinergias institucionales y ampliar el impacto.
- Promover su inclusión como componente transversal en políticas de seguridad alimentaria, gestión del agua y adaptación al cambio climático, especialmente en territorios del Corredor Seco.

La institucionalización del modelo no implica replicarlo de forma rígida, sino establecer una base normativa, técnica y organizativa que permita adaptarlo a distintos contextos, ampliando su alcance sin perder su enfoque territorial y su orientación hacia pequeños productores vulnerables.

## 10.ANEXOS

### 10.1. Listado de actores clave y miembros del Grupo de Trabajo.

Listado adjunto.

### 10.2. Anexo C. Cálculo detallado de demanda de agua para el Productor 1

Este anexo ilustra, paso a paso, el procedimiento utilizado para estimar la demanda de riego y la cobertura alcanzada en una de las parcelas evaluadas. El caso corresponde al productor 1, cuya parcela se ubica en el municipio de San Miguel Chicaj.

#### 1. Datos de campo y condiciones operativas

- **Tamaño de la parcela:** 1 manzana (aproximadamente 0.7 ha)
- **Tipo de cultivos principales:** lechuga, acelga, maíz (se consideró hortalizas como referencia)
- **Volumen de agua bombeada por día:** 10,800 litros
- **Tipo de riego utilizado:** gravedad, aspersión (sistema mixto en transición a goteo)
- **Horas de bombeo diarias:** 2.0 horas
- **Potencia seleccionada para cálculo:** 0.5 HP
- **Eficiencia de riego estimada:** 70% (por combinación de gravedad y aspersión en sistemas parcialmente tecnificados)

#### 2. Demanda de agua por parte del cultivo

La demanda de agua se estimó según el concepto de **evapotranspiración del cultivo (ETc)**:

- **Evapotranspiración de referencia (ETo):** 5–6 mm/día
- **Coefficiente de cultivo (Kc):** 1.0 (valor promedio para hortalizas en etapa de desarrollo)
- **ETc estimada:**  $ETo \times Kc = 5\text{--}6$  mm/día

 *Conversión utilizada:*

- $1 \text{ mm/día} = 1,000 \text{ L/ha/día} \rightarrow 1 \text{ mm/día} = 700 \text{ L/mz/día}$
- Entonces:  $5 \text{ mm/día} = 3,500 \text{ L/mz/día}$  (valor técnico base)

Para adaptar la demanda base a condiciones reales, se aplicaron los siguientes factores:

Factor de ajuste	Multiplicador aplicado
Eficiencia de riego (70%)	×1.43
Múltiples cultivos y siembras intensivas	×2.0

Clima seco, suelos livianos (baja retención de humedad)	×1.5
Riego sin sensores, basado en tiempo	×1.3
Total acumulado	×7.0

Demanda ajustada = 3,500 L/mz/día × 7 = **24,500 L/mz/día** (aprox dentro del rango de 25,000–35,000 L/día establecido como referencia de diseño)

Evaluación de cobertura de demanda

Indicador	Valor calculado
Agua bombeada (L/día)	10,800
Eficiencia del sistema	70%
Agua efectiva disponible	7,560
Demanda mínima estimada	25,000
Demanda máxima estimada	35,000

El sistema de riego actual del productor 1 está subdimensionado frente a la demanda real de agua requerida por su parcela bajo producción hortícola intensiva. A pesar de operar con una eficiencia superior al promedio de la muestra, **el volumen efectivo disponible solo cubre entre el 20% y 30% de la demanda estimada**, confirmando la necesidad de reforzar el sistema de captación, almacenamiento o distribución para garantizar sostenibilidad productiva.

### 10.3. Anexo D. Metodología para la estimación de la demanda mínima y máxima de agua para riego

Este anexo detalla los parámetros utilizados para estimar la demanda mínima y máxima de agua requerida para la irrigación de cultivos hortícolas en parcelas de pequeños productores en el municipio de San Miguel Chicaj y Rabinal, Guatemala. La finalidad es establecer un rango técnico de referencia que permita evaluar si los sistemas de bombeo y riego actualmente operativos están en capacidad de cubrir las necesidades agronómicas de los cultivos, especialmente bajo condiciones de alta exigencia climática.

Fundamento técnico: evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) y del cultivo (ET<sub>c</sub>)

La demanda de agua de un cultivo se estima con base en la fórmula:

$$ET_c = ET_o \times K_c$$

Para hortalizas como lechuga, acelga, cilantro o cebolla:

- **ET<sub>o</sub> promedio regional:** 5–6 mm/día (zonas cálidas y secas)
- **K<sub>c</sub> promedio en etapa de desarrollo:** 0.9–1.1
- **ET<sub>c</sub> estimada:** entre 5 y 6.6 mm/día

### Conversión a volumen diario:

- 1 mm/día = 1,000 L/ha/día
- 1 mm/día = 700 L/mz/día (1 manzana ≈ 0.7 ha)

### Tipos de demanda considerados

Para efectos del diseño técnico y evaluación de cobertura, se distinguen tres niveles de demanda:

- **Demanda agronómica base:** Corresponde a la ETC sin ajustes por pérdidas o condiciones de campo. Ej.: 3,500–4,600 L/mz/día.
- **Demanda mínima ajustada:** Considera eficiencia del sistema de riego, clima moderadamente exigente, suelos comunes y técnicas básicas de programación.
- **Demanda máxima de diseño:** Representa un escenario crítico con múltiples factores adversos y busca evitar subdimensionamiento del sistema.

### Parámetros utilizados para estimaciones

Demanda mínima ajustada (condiciones promedio realistas). Factores aplicados:

- Eficiencia del sistema de riego: 70–80%
- Clima moderado a cálido
- Suelos con retención media
- Riego tecnificado o parcialmente controlado
- **Demanda mínima adoptada:** 18,000–25,000 L/mz/día

Demanda máxima estimada a condiciones críticas. Factores considerados:

- Producción hortícola intensiva con siembras escalonadas
- Riego manual, por cubetas o manguera (baja eficiencia)
- Suelos arenosos, compactados o erosionados
- Altas temperaturas, vientos, baja humedad relativa
- Riego sin sensores o monitoreo agronómico

### **Multiplicadores aplicados sobre la demanda base (3,500 L/mz/día):**

Factor	Multiplicador
Baja eficiencia del sistema (50–70%)	×1.4 a 2.0
Cultivos simultáneos o intensivos	×2.0
Clima extremo (viento, calor, sequía)	×1.5
Aplicación de riego sin sensores	×1.3
Total acumulado promedio	×7.0

Demanda máxima proyectada:  $3,500 \text{ L} \times 7.0 = 24,500 \text{ L/mz/día}$  (Redondeado a un rango de 25,000–35,000 L/mz/día)

Este rango equivale a una lámina de riego de 35 a 50 mm/día, valor comúnmente utilizado como parámetro de diseño en proyectos de irrigación hortícola bajo condiciones de campo sin sombra, sin lluvia y con alta demanda evapotranspirativa.

#### Resumen comparativo de parámetros

Parámetro	Demanda mínima	Demanda máxima
ETc (mm/día)	5.0–6.0	7.0–7.5
Lámina por manzana	18,000–25,000 L/mz/día	25,000–35,000 L/mz/día
Eficiencia esperada	70% o más	50% o menos
Clima y suelos	Moderadamente favorables	Críticos
Tipo de riego	Goteo/Aspersor	Manual o sin control
Coefficiente de ajuste total	4.0–4.5	7