



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**ESTUDIO DEL MANEJO Y UTILIZACIÓN DEL
AGUA EN EL CORREDOR SECO DE GUATEMALA**

Osman Gerardo Polanco Durán

Asesorado por la Inga. Nora Leonor Elizabeth García Tobar

Guatemala, abril de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO DEL MANEJO Y UTILIZACIÓN DEL
AGUA EN EL CORREDOR SECO DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

OSMAN GERARDO POLANCO DURÁN

ASESORADO POR LA INGA. NORA LEONOR ELIZABETH GARCÍA TOBAR

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, ABRIL DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Chistian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Juan José Peralta Dardón
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Gómez Rivera
EXAMINADORA	Inga. María Martha Wolford Estrada
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ESTUDIO DEL MANEJO Y UTILIZACIÓN DEL AGUA EN EL CORREDOR SECO DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 11 de febrero de 2015.



Osman Gerardo Polanco Durán

Guatemala, 10 de Agosto de 2015

Ingeniero
César Ernesto Urquizú Rodas
Director de la Escuela
Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

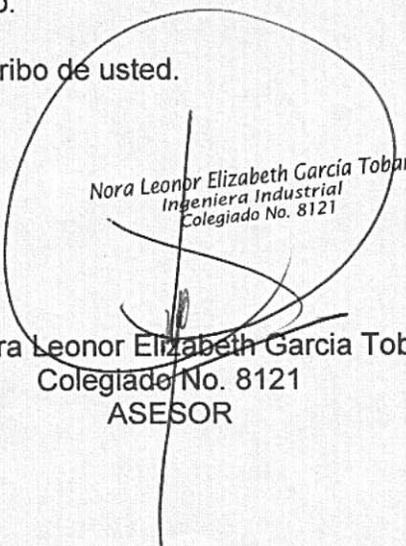
Estimado Señor Director:

Por medio de la presente informo a usted, que he asesorado y revisado el trabajo de graduación titulado **ESTUDIO DEL MANEJO Y UTILIZACIÓN DEL AGUA EN EL CORREDOR SECO DE GUATEMALA**, elaborado por el estudiante Osman Gerardo Polanco Durán, con carné 2010-21172, previo obtener el título de Ingeniero Industrial

Habiendo determinado que dicho trabajo cumple con los requisitos establecidos de la Facultad de Ingeniería, y reconociendo la importancia del tema. Por todo lo anterior tanto el autor como el asesor somos responsables del contenido y conclusiones del presente trabajo de tesis y en consecuencia, por medio de la presente me permito APROBARLO, agregado que lo encuentro completamente satisfactorio.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

Atentamente,


Nora Leonor Elizabeth Garcia Tobar
Ingeniera Industrial
Colegiado No. 8121
Ing. Nora Leonor Elizabeth Garcia Tobar
Colegiado No. 8121
ASESOR

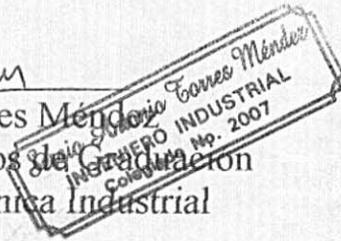


REF.REV.EMI.022.016

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ESTUDIO DEL MANEJO Y UTILIZACIÓN DEL AGUA EN EL CORREDOR SECO DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Osman Gerardo Polanco Durán**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAR A TODOS”

Ing. Sergio Antonio Torres Méndez
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, febrero de 2016.

/mgp



REF.DIR.EMI.058.016

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **ESTUDIO DEL MANEJO Y UTILIZACIÓN DEL AGUA EN EL CORREDOR SECO DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Osman Gerardo Polanco Durán**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Juan José Peralta Dardón', written over a circular stamp.

Ing. Juan José Peralta Dardón
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, abril de 2016.

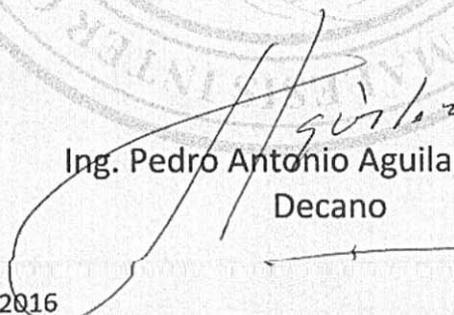
/mgp



DTG. 172.2016

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **ESTUDIO DEL MANEJO Y UTILIZACIÓN DEL AGUA EN EL CORREDOR SECO DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Osman Gerardo Polanco Durán**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, abril de 2016

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser mi fortaleza, cuidarme y acompañarme a lo largo de mi carrera.
- Mis padres** Julio Estuardo Polanco Navichoque y Blanca Luz Durán Gudiel, por su amor y apoyo incondicional.
- Mi hermano** Por ser un ejemplo para mí y por su ayuda incondicional.
- Mi familia** Por toda la ayuda a lo largo de mi carrera, de una u otra forma.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por permitirme pasar por sus aulas, además de enseñarme a valorar el esfuerzo y el trabajo duro.

Facultad de Ingeniería

Por brindarme los conocimientos necesarios para ser un buen profesional.

Inga. Nora García

Por su ayuda y asesoría en la elaboración del presente trabajo de graduación.

**Mis amigos y
compañeros**

Por compartir conmigo en los momentos más importantes de mi carrera.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XIII
GLOSARIO.....	XV
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS	XXI
INTRODUCCIÓN.....	XXIII
1. ANTECEDENTES GENERALES.....	1
1.1. Corredor Seco de Guatemala	1
1.1.1. Definición	2
1.1.2. Características.....	3
1.1.3. Historia.....	4
1.2. Departamentos que conforman el Corredor Seco de Guatemala.....	6
1.2.1. El Progreso	7
1.2.2. Jalapa	8
1.2.3. Jutiapa	9
1.2.4. Zacapa.....	10
1.2.5. Chiquimula.....	11
1.2.6. Huehuetenango	12
1.2.7. Quiché	14
1.2.8. Totonicapán	15
1.2.9. Chimaltenango.....	16
1.2.10. Baja Verapaz	17
1.2.11. Guatemala	18

1.3.	Entidad del gobierno	19
1.3.1.	Participación.....	20
1.3.2.	Beneficio/costo	21
1.4.	Entidades del sector privado	23
1.4.1.	Fundación para el Desarrollo de Guatemala.....	23
1.4.2.	Inversión de mejora de la calidad del agua.....	24
2.	MARCO TEÓRICO	27
2.1.	Buenas prácticas en el Corredor Seco	27
2.1.1.	Prácticas de conservación del suelo.....	27
2.1.1.1.	Labranza.....	28
2.1.1.2.	Sistemas combinados de labranza y cultivo	30
2.1.2.	Cobertura del suelo	32
2.1.3.	Abonos verdes	33
2.1.3.1.	Funciones	34
2.1.3.2.	Características.....	35
2.1.3.3.	Principales tipos.....	35
2.2.	Manejo integrado de cultivos para riego y humedad	36
2.2.1.	Control de plagas	37
2.2.1.1.	Controles físicos	37
2.2.1.2.	Controles químicos	39
2.2.1.3.	Controles biológicos	41
2.2.2.	Cultivos trampa	44
2.2.3.	Riego.....	46
2.2.3.1.	Riego por goteo	46
2.2.3.2.	Riego por aspersión.....	48
2.3.	Protección de manantiales	49

2.3.1.	Asociación de Reservas Naturales Privadas de Guatemala	50
2.3.2.	Cobertura boscosa.....	51
2.3.3.	Fauna	52
2.4.	Protección de fuentes de agua	53
2.5.	Uso sostenible del agua.....	56
2.5.1.	Formas de uso del agua	57
2.5.2.	Abastecimiento del recurso hídrico	57
2.5.3.	Caudal disponible	58
3.	ESTUDIO TÉCNICO	61
3.1.	Consumo humano	61
3.1.1.	Sustancias para el tratamiento del agua	62
3.1.2.	Norma NGO 29001 de Coguanor.....	64
3.2.	Consumo industrial	66
3.2.1.	Norma Propuesta Catie.....	66
3.3.	Consumo agrícola.....	67
3.3.1.	Desarrollo de riego y drenajes	68
3.3.1.1.	Riego estatal	71
3.3.1.2.	Riego privado	73
3.3.1.3.	Miniriego	74
3.4.	Consumos públicos	75
3.5.	Cambio climático y seguridad hídrica.....	77
3.5.1.	Sequía e inundaciones.....	80
3.6.	Marco legal e institucional del uso hídrico del Corredor Seco de Guatemala	84
3.6.1.	Caracterización del recurso hídrico en el Corredor Seco de Guatemala	88
3.6.2.	Oferta hídrica en el Corredor Seco de Guatemala ..	89

3.6.3.	Salud y ambiente.....	91
4.	DIAGNÓSTICO SITUACIONAL	97
4.1.	Agua	97
4.1.1.	Ríos.....	98
4.1.2.	Drenaje superficial en el Corredor Seco	105
4.1.3.	Kilómetros lineales de red hidrográfica del Corredor Seco	106
4.1.4.	Potencial de agua subterránea del Corredor Seco.....	107
4.1.5.	Precipitaciones	113
4.2.	Suministro de agua y calidad de los suelos.....	114
4.2.1.	Erosión y sedimentos	115
4.2.2.	Otros contaminantes del agua	117
4.3.	Demanda	119
4.3.1.	Hogares.....	119
4.3.2.	Industria	120
4.3.3.	Agrícola.....	122
4.3.4.	Otros	124
4.4.	Producción alimentaria en el Corredor Seco de Guatemala ..	125
4.4.1.	Salario mínimo y derecho a alimentación	126
4.4.2.	Situación nutricional	130
4.4.3.	Situación productiva y alimentaria	132
4.5.	Desaparición de fuentes de agua en el Corredor Seco de Guatemala	138
4.6.	Análisis fisicoquímico del agua en los diferentes ríos del área del Corredor Seco de Guatemala.....	142
4.6.1.	Química del agua	144
4.6.2.	Calidad del agua.....	144

	4.6.2.1.	Calidad del agua para consumo humano	145
	4.6.2.2.	Calidad del agua para uso agrícola	145
	4.6.2.3.	Calidad del agua para uso industrial ..	146
5.		PROPUESTA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA	147
5.1.		Tecnologías del uso eficiente del agua	147
	5.1.1.	Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (Fonacyt).....	147
	5.1.2.	Biofiltros	149
	5.1.3.	Humedales artificiales	151
5.2.		Prácticas para la adaptación del cambio climático	153
	5.2.1.	Uso eficiente de riegos y microriegos.....	155
	5.2.2.	Zonas de recarga	160
5.3.		Tecnologías para la captación de agua	162
	5.3.1.	Esponja biológica-hídrica para recolección de agua de lluvia.....	164
	5.3.2.	Captación de agua a partir de techos o de superficies impermeables	165
	5.3.3.	Micropresas desmontables	167
	5.3.4.	Lagunetas, reservorios o embalses.....	169
5.4.		Tecnologías para el almacenamiento del agua	172
	5.4.1.	Cisterna tipo tinaja	173
		5.4.1.1. Condiciones agroecológicas y climáticas	175
	5.4.2.	Pila de agua	176
5.5.		Tecnologías para fines agropecuarios	177
	5.5.1.	Riego por aspersión	178
	5.5.2.	Riego por aspersión con sistema Microjet.....	180

5.6.	Sistemas de bombeo.....	182
5.6.1.	Bomba Rochfer	184
5.6.1.1.	Aporte a la adaptación al cambio climático.....	184
5.6.2.	Bombas de mecate o de sogas	186
5.6.2.1.	Aporte a la adaptación al cambio climático.....	188
5.6.3.	Bomba Flexi EMAS	189
5.6.3.1.	Aporte a la adaptación al cambio climático.....	191
CONCLUSIONES		193
RECOMENDACIONES		195
BIBLIOGRAFÍA		197
ANEXOS		199

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa del Corredor Seco de Guatemala	2
2.	Propuesta básica para la inversión de mejora de la calidad del agua	26
3.	Forma de realizar la labranza mínima en surcos	29
4.	Forma de realizar la labranza mínima en huecos	30
5.	Distribución de los pesticidas en el medioambiente	41
6.	Ejemplo del funcionamiento del control biológico	44
7.	Forma de humedecimiento del riego por goteo en la superficie.....	48
8.	Instalación típica de una planta purificadora de agua	64
9.	Regiones del país con muy alta necesidad de riego.....	70
10.	Distribución porcentual de hogares en locales de habitación particulares por área urbana y rural, según servicio de agua	75
11.	Desembolso de personas particulares y porcentaje de usuarios con acceso a agua	77
12.	Ciclos de gestión de riesgos gestión de crisis ante el cambio climático	79
13.	Mapa de amenaza por sequía, República de Guatemala	81
14.	Mapa de zonas inundables, humedales o con problema de drenajes	83
15.	Esquema de los sistemas agrícolas y naturales en la mayoría del Corredor Seco de Guatemala	94
16.	Sistemas que se interrelacionan en el Corredor Seco	96
17.	Mapa de cuencas hidrográficas de Guatemala	99

18.	Laguneta El Carrizo	140
19.	Laguneta La Ciénega	141
20.	Laguna Toquiá.....	141
21.	Laguna Piol.....	142
22.	Laguna Istinajab	142
23.	Ríos elegidos para el estudio químico	143
24.	Elementos básicos de un biofiltro	151
25.	Humedal artificial	153
26.	Precipitación promedio mensual en Guatemala en el período de 1990 a 2009.....	158
27.	Esquema de un sistema de microriego de baja presión	160
28.	Representación de una zona de recarga y sus componentes	162
29.	Elementos del sistema de captación de agua de lluvia en techos.....	167
30.	Micropresa de sacos de arena y plástico	169
31.	Reservorio revestido con plástico	171
32.	Laguneta	172
33.	Lugar de construcción de una cisterna tipo tinaja	175
34.	Elementos principales de una pila de agua.....	177
35.	Esquema general de un sistema de riego por aspersión	180
36.	Sistema de riego por aspersión con Microjet instalado y funcionando.....	182
37.	Sistema de bomba Rochfer	186
38.	Elementos de la bomba de mecate.....	188
39.	Elementos de una bomba Flexi EMAS.....	190

TABLAS

I.	Hogares por tipo de servicio de agua, El Progreso	8
----	---	---

II.	Hogares por tipo de servicio de agua, Jalapa.....	9
III.	Hogares por tipo de servicio de agua, Jutiapa.....	10
IV.	Hogares por tipo de servicio de agua, Zacapa	11
V.	Hogares por tipo de servicio de agua, Chiquimula	12
VI.	Hogares por tipo de servicio de agua, Huehuetenango.....	13
VII.	Hogares por tipo de servicio de agua, Quiché	14
VIII.	Hogares por tipo de servicio de agua, Totonicapán.....	15
IX.	Hogares por tipo de servicio de agua, Chimaltenango	16
X.	Hogares por tipo de servicio de agua, Baja Verapaz.....	18
XI.	Hogares por tipo de servicio de agua, Guatemala.....	19
XII.	Atribuciones asignadas por la ley en materia de aguas a Instituciones	20
XIII.	Inversión en el sector agua (en miles de quetzales).....	22
XIV.	Efecto del tipo de uso del suelo sobre las pérdidas de suelo por erosión	33
XV.	Lista de las principales especies usadas como abonos verdes	36
XVI.	Comparación de sistemas de riego	46
XVII.	Cobertura boscosa en el Corredor Seco de Guatemala	52
XVIII.	Longitud y caudal medio de las cuencas del Corredor Seco de Guatemala	59
XIX.	Propiedades básicas del cloro.....	62
XX.	Principales propiedades físicas y químicas del dióxido de cloro	63
XXI.	Propiedades destacables del ozono.....	63
XXII.	Fincas agropecuarias que aplican riego	68
XXIII.	Tierras de vocación agrícola dentro de la región de muy alta necesidad de riego.....	71
XXIV.	Inversión del gobierno	72
XXV.	Categorías de usuarios en el país.....	76

XXVI.	Población vulnerable a las inundaciones en el Corredor Seco de Guatemala	82
XXVII.	Traslapes institucionales en el tema del agua.....	88
XXVIII.	Kilómetros lineales de cuencas y ríos	89
XXIX.	Área y caudal medio de las cuencas que drenan el Corredor Seco	90
XXX.	Porcentaje de cobertura del agua potable en el Corredor Seco de Guatemala	91
XXXI.	Cobertura forestal en el Corredor Seco de 1991 a 2011	93
XXXII.	Área, longitud y caudal medio de las cuencas que drenan el Corredor Seco	106
XXXIII.	Kilómetros lineales de cuencas y ríos.....	107
XXXIV.	Precipitación promedio anual en el área del Corredor Seco de Guatemala.....	114
XXXV.	Niveles de degradación y superficie de las cuencas en el área del Corredor Seco.....	116
XXXVI.	Cantidad de hogares y demanda de agua en el Corredor Seco.....	120
XXXVII.	Cantidad de industrias/empresas y su demanda de agua en el Corredor Seco	122
XXXVIII.	Cantidad de fincas regables y su demanda de agua en el Corredor Seco	123
XXXIX.	Salario mínimo diario 2014-2015	126
XL.	Salario mínimo mensual 2014-2015	126
XLI.	Salario mínimo diario más bonificación incentivo 2014-2015.....	127
XLII.	Salario mínimo mensual más bonificación incentivo 2014-2015	127
XLIII.	Indicadores de desnutrición para niños y niñas de 3 a 59 meses de edad, y tasa de mortalidad por desnutrición por cada 100 000 habitantes	132
XLIV.	Producción de frijol por departamento en el Corredor Seco	133

XLV.	Producción de arroz por departamento en el Corredor Seco.....	133
XLVI.	Producción de maíz por departamento en el Corredor Seco	134
XLVII.	Producción de tomate por departamento en el Corredor Seco.....	134
XLVIII.	Producción de melón por departamento en el Corredor Seco	135
XLIX.	Producción de papa por departamento en el Corredor Seco.....	135
L.	Producción de pepino por departamento en el Corredor Seco	136
LI.	Producción de repollo por departamento en el Corredor Seco	136
LII.	Producción de sandía por departamento en el Corredor Seco	137
LIII.	Producción de zanahoria por departamento en el Corredor Seco.....	137
LIV.	Producción de trigo por departamento en el Corredor Seco.....	138
LV.	Química del agua en los ríos de Guatemala.....	144
LVI.	Substancias químicas con sus correspondientes límites máximos aceptables	145
LVII.	Substancias químicas con sus correspondientes límites máximos aceptables	146
LVIII.	Parámetros químicos del agua según la norma propuesta Catie.....	146
LIX.	Análisis de costos aproximado del comportamiento de los sistemas de riego por goteo y aspersión	156
LX.	Resultado de estimaciones promedio de generación de empleo por hectárea regada.....	156
LXI.	Balance hídrico mensual promedio en cuencas del Corredor Seco de Guatemala 2011.....	161
LXII.	Relación entre la afinidad de uso, tipo de captación y estructura de almacenamiento.....	173

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
°C	Grados centígrados
ha	Hectárea
Km	Kilómetro
Km²	Kilómetros cuadrados
Lt	Litro
L/s	Litros por segundo
m	Metro
m³/s	Metros cúbicos por segundo
MSNM	Metros sobre el nivel del mar
mg	Miligramos
mm	Milímetro
t	Tonelada

GLOSARIO

Aluvial	Que se ha formado a partir de materiales arrastrados y depositados por corrientes de agua.
Amenaza	Cosa que constituye una posible causa de riesgo o perjuicio para alguien o algo.
AP&S	Agua potable y saneamiento.
Aridez	Falta de humedad.
Biofiltro	Filtro provisto de microorganismos aerobios que elimina el mal olor en gases y otras materias.
Canícula	Período más caluroso del año.
Captar	Recoger algo mediante algún mecanismo del exterior para poder usarlo.
Cuenca	Extensión de terreno más ancha y menos profunda que un valle.
Déficit	Escasez de alguna cosa que se necesita y se considera como imprescindible.

Densidad	Relación entre la masa y el volumen de una sustancia.
Derogar	Dejar sin efecto una norma jurídica o cambiar parte de ella.
Eficiencia	Capacidad para realizar o cumplir adecuadamente una función.
Erosión	Desgaste y modelación de la corteza terrestre causados por la acción de los elementos climáticos.
Freático	Agua que está bajo tierra acumulada sobre una capa de tierra impermeable.
Fundesa	Fundación para el Desarrollo de Guatemala.
Gestión	Acción o trámite que, junto con otros, se lleva a cabo para conseguir o resolver una cosa.
Hito	Acontecimiento puntual y significativo que marca un momento importante en el desarrollo de un proceso.
Insivumeh	Instituto Nacional de Meteorología, Vulcanología e Hidrología.
Jornal	Trabajo que una persona realiza en el día.
MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.

ODM	Objetivos del milenio.
PIB	Producto interno bruto.
Semiárido	Dícese del clima propio de las regiones próximas a un desierto.
Sequía	Falta de lluvias durante un período prolongado, que produce sequedad en los campos.
Susceptible	Que tiene las condiciones necesarias para que suceda o realice aquello que se indica.
Xerófilo	Comunidad vegetal que vive en ambientes secos.

RESUMEN

El Corredor Seco de Guatemala es el área del país en donde se presenta el fenómeno de forma cíclica de déficit de lluvia causado por una distribución anormal de la precipitación en el período de lluvia.

El Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (Insivumeh) confirmó el crecimiento del Corredor Seco a 11 departamentos. Actualmente está conformado por los departamentos de El Progreso, Jalapa, Jutiapa, Zacapa, Chiquimula, Huehuetenango, Quiché, Totonicapán, Chimaltenango, Baja Verapaz y Guatemala.

El Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología es conocido como el mecanismo financiero que le permite al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología obtener recursos para la dirección, coordinación y financiamiento de forma eficaz del desarrollo científico y tecnológico nacional, el cual apoya el desarrollo de tecnologías para mejorar el uso del agua en todo el territorio nacional y más aún en el Corredor Seco.

Tanto el gobierno como entidades privadas inciden en un esfuerzo actual por mejorar el manejo y utilización del recurso hídrico en el país, esto ha dado como resultado buscar tecnologías que se adapten al cambio climático y aporten elementos necesarios para esto.

Tecnologías para el uso eficiente del agua, tanto para la captación y almacenaje del agua, así como el uso de la misma para riego o consumo

humano, deben ser objetivos primordiales al momento de pensar en prácticas que ayuden a la conservación del recurso hídrico nacional.

OBJETIVOS

General

Realizar el estudio acerca del manejo y la utilización del agua del corredor seco de Guatemala.

Específicos

1. Determinar las características principales que posee el agua en la región del Corredor Seco de Guatemala.
2. Conocer cuál es la disponibilidad del recurso hídrico con que cuenta el Corredor Seco de Guatemala.
3. Identificar los impactos que generan las sequías y la falta del recurso hídrico en la región del Corredor Seco de Guatemala.
4. Definir cuál es el papel que juega el recurso hídrico en la economía nacional.
5. Conocer cuál es la distribución general que se le da al agua en el departamento más afectado del Corredor Seco.
6. Definir cuál es la demanda de agua en los departamentos que conforman el Corredor Seco de Guatemala.

7. Determinar la relación de los servicios hídricos con la salud, nutrición, educación y pobreza dentro del Corredor Seco de Guatemala.

INTRODUCCIÓN

Se define al Corredor Seco como una región que se caracteriza por ser semiárida y que está en constante riesgo de sequías. El Corredor Seco de Guatemala está conformado por trece de los veintidós departamentos, con un total de nueve mil seiscientos treinta y dos kilómetros cuadrados de extensión, que conforman la República.

El Corredor Seco de Guatemala lo constituyen los departamentos de Quiché, Baja Verapaz, Guatemala, Jutiapa, Jalapa, Chiquimula, El Progreso, Zacapa, Huehuetenango, Retalhuleu, y Santa Rosa. El total de superficie aproximada de las zonas del país con alta y mediana susceptibilidad a sequía es de 49 430 kilómetros cuadrados, equivalente al 45,45 % del territorio nacional.

De forma histórica, la disponibilidad y el aprovechamiento que se da a los recursos hídricos en Guatemala ha significado una fuente de conflicto entre los interesados, dado que el país posee un gran potencial en cuanto a la producción de agua por encima de las necesidades de la población.

Una evidencia de esto es que más del 22 % de la población no tiene acceso a alguna fuente mejorada de agua, es decir, agua potable, mientras que aproximadamente un 40 % de los recursos hídricos presentan algún porcentaje de contaminación. La inversión que hace el Estado de Guatemala por habitante, en cuanto a abastecimiento de agua y saneamiento se refiere, es menor de Q 75,00 al año.

En los últimos 40 años, la disponibilidad de agua superficial ha disminuido de un 60 a un 70 %, esto se debe principalmente a la deforestación y al incremento de la población. Muchos ríos, inclusive los principales, están secos durante marzo y abril.

Como resultado de la disminución en el suministro de agua superficial y debido a la contaminación, se confía en el agua subterránea para que pueda llegar a proporcionar más cantidad de agua en el futuro.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Corredor Seco de Guatemala

Es el área del país en donde se presenta el fenómeno de forma cíclica de déficit de lluvia causado por una distribución anormal de la precipitación en el período de lluvia.

“Tanto las autoridades, los medios y toda la población guatemalteca conoce como Corredor Seco a los departamentos de El Progreso, Jalapa, Jutiapa, Zacapa, Chiquimula, Huehuetenango, Quiché, Totonicapán, Chimaltenango, Baja Verapaz y Guatemala.”¹

Se le dio este nombre a esta zona en específico debido a que en estos departamentos las precipitaciones suelen ser escasas. Dicha situación se observa con mayor fuerza durante los períodos de sequía, así como otros trastornos climáticos que afectan al país.

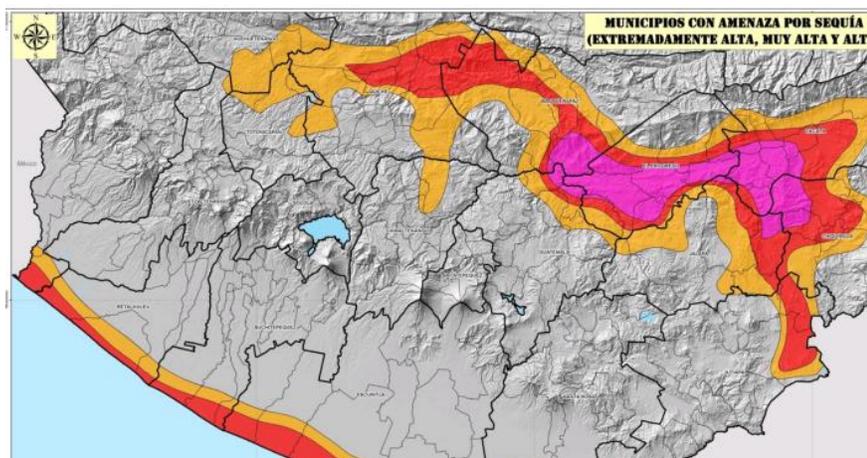
Este fenómeno desértico o semiárido, como a algunas personas les gusta llamarlo, se extiende de tal forma, que ha llegado a ser una frontera en el entorno agrícola. Todo esto es consecuencia de la tala ilegal, tanto popular como comercial, que incide en la deforestación de los bosques, así como los incendios forestales y la degradación de los suelos por el cambio de uso o por técnicas inapropiadas en el cultivo y uso del agua en este sector.

¹ MAGA. *Diagnóstico a nivel macro y micro del Corredor Seco y definición de las líneas estratégicas de acción*. p. 1.

“La superficie aproximada total de las zonas en el país con media y alta susceptibilidad a sequía es de 49 430 kilómetros cuadrados, equivalente al 45,4 % del territorio nacional.”²

“El crecimiento del área del corredor seco se atribuye principalmente a los efectos del cambio climático, generado por el aumento de la temperatura global, lo cual ha provocado variabilidad en el clima, lo cual se refleja con inundaciones o sequías, como la ocurrida en el período 2009-2010, uno de los más secos en los últimos 60 años en Guatemala.”³

Figura 1. **Mapa del Corredor Seco de Guatemala**



Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA)

1.1.1. Definición

La definición que se puede dar del corredor seco es variada, debido a los intereses de las distintas instituciones y personalidades interesadas o ya hayan realizado un estudio, no importando el fin del este. Para el presente trabajo de

² RUANO, Evelyn. Corredor Seco se extiende, pasa de 5 a 11 departamentos. *Siglo 21*. p. 8.

³ RUANO, Evelyn. Entre 2 y 2.5 millones viven en el Corredor Seco. *Siglo 21*. p. 10.

graduación se utilizará la definición conceptual que ha hecho el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) que define el Corredor Seco como una región caracterizada por ser semiárida y con riesgo de sequías.

Se le llama Corredor Seco por ser el área con mayor peligro de amenaza por sequía que puede ser alta, muy alta y extremadamente alta. Esta clasificación se obtuvo combinando la aridez de las regiones climáticas con la probabilidad de ocurrencia de sequías.

1.1.2. Características

El Corredor Seco posee una muy marcada y pronunciada época seca que es responsable de situaciones de crisis y desastres, tanto en términos sociales y ambientales, productivos económicos en el ámbito nacional y el regional.

“El clima seco comúnmente se divide en clima semiárido, es el caso del Corredor Seco. Semiárido es una expresión regularmente utilizada para designar el clima de una región del planeta donde las lluvias anuales están entre los 200 y los 400 mm. Una cantidad de lluvia inferior a los 200 mm anuales caracteriza a los desiertos.”⁴ De acuerdo al MAGA (2003), el 59 % del área del corredor seco está desprovista de bosques y dedicada a usos diferentes a la actividad forestal (de producción o conservación).

“El 20 % de la zona está cubierta con bosque, dentro del cual se incluye bosque de coníferas, latifoliadas y mixto, el 16 % está destinado a granos básicos y el 5 % restante dedicado a otros usos.”⁵ En su mayoría es bosque

⁴ ALARCÓN ZÚÑIGA, Baldomero. *Características de los climas*. www.buenastareas.com. Consulta: 10 de octubre 2015.

⁵ Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. *Evaluación de bienestar humano y ambiente 26 en el Corredor Seco oriental de Guatemala*. p. 26.

tropical seco, en este tipo de bosque la vegetación se adapta a largos períodos de aridez, durante los cuales la evaporación es muy activa.

Los paisajes vegetales se empobrecen poco a poco y las formas xerófilas (adaptadas a la aridez) adquieren una importancia creciente a medida que se van aproximando a los dos trópicos o a las zonas ecuatoriales con escasa lluvias.

La demarcación geográfica que el Corredor Seco presenta en toda su extensión es imprecisa y cambiante, debido a la diversidad que se encuentra Guatemala. A manera de resumen y para agrupar de alguna manera las características que el corredor seco muestra, se hace el siguiente listado:

- Riesgo de sequías recurrentes
- Entrada tardía de las lluvias
- Prolongación de la canícula
- Suspensión prematura del invierno

1.1.3. Historia

El proceso de desertificación en el denominado corredor seco se debe principalmente a la deforestación, a los incendios forestales y al cambio de uso del suelo, ya que, al desaparecer la cobertura boscosa, la tierra fértil se lava con la lluvia y las tormentas.

El corredor seco comenzó a escucharse con mayor fuerza cuando Guatemala, como varios países de Centroamérica, experimentó abril a agosto de 2001 una variabilidad o anomalía climática reflejada en forma de sequía, en

la cual se presentaron lluvias intensas de corta duración seguidas por semanas sin una gota de lluvia.

Esta condición, que se manifestó durante la siembra y crecimiento de cultivos como el maíz, propició una pérdida o una merma en la producción agrícola en múltiples sectores del país. Como resultado de dicho fenómeno, el gobierno de Guatemala se vio forzado a decretar un estado de calamidad pública a nivel nacional a partir de agosto de 2001.

Los años posteriores a este fenómeno fueron irregulares con respecto a la precipitación pluvial en todo el territorio nacional, pero no fue hasta el 2009 que se vivió una de las mayores sequías que se ha visto en Guatemala en los últimos 30 años.

En junio y julio de 2012 hubo un déficit de lluvias, el cual fue estudiado y analizado por el Instituto Nacional de Meteorología, Vulcanología e Hidrología (Insivumeh), quien calificó este fenómeno como sequía meteorológica, siendo el grado de afectación el siguiente:

- Sequía severa: más de 15 días consecutivos sin lluvia en cuatro departamentos, El Progreso, Zacapa, Guatemala y Sololá.
- Sequía fuerte: de 11 a 15 días consecutivos sin lluvia en diez departamentos Huehuetenango, Quiché, Baja Verapaz, Totonicapán, Jalapa, Santa Rosa, Sacatepéquez, Chimaltenango, sur de Alta Verapaz y algunas partes de Escuintla.
- Sequía leve: de 5 a 10 días consecutivos sin lluvia en ocho departamentos, Retalhuleu, Suchitepéquez, Escuintla, Jutiapa,

Chiquimula, norte de Quiché y Alta Verapaz, así como sectores dispersos de Petén.

En resumen, los años que han sido hito con respecto al Corredor Seco con 3, 2001 con la primer sequía grave de la década, el 2009 con el fenómeno del niño que afectó en su mayor parte al oriente del país y el más reciente, en 2012 con la sequía más fuerte del país.

1.2. Departamentos que conforman el Corredor Seco de Guatemala

“Durante los últimos cinco años un área seca, que al inicio se ubicaba en Jutiapa, Chiquimula, Baja Verapaz, El Progreso y Zacapa, calculada en 10 mil 200 km² hasta 2007, aumentó de un 25 % a 30%, según estimaciones de expertos.”⁶

El Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (Insivumeh) confirmó el crecimiento del Corredor Seco a 11 departamentos. Actualmente el denominado Corredor Seco de Guatemala está conformado por los departamentos de El Progreso, Jalapa, Jutiapa, Zacapa, Chiquimula, Huehuetenango, Quiché, Totonicapán, Chimaltenango, Baja Verapaz y Guatemala.

El total de población es de 522 903 personas, de las cuales alrededor de 65 500 familias han sido severamente afectadas por la sequía.

⁶ MAGA. *Diagnóstico a nivel macro y micro del Corredor Seco y definición de las líneas estratégicas de acción*. p. 11.

1.2.1. El Progreso

El departamento de El Progreso se encuentra situado en el nororiente del país, tiene una extensión territorial de 1 922 kilómetros cuadrados y la cabecera departamental es Guastatoya.

- Demografía

El Progreso posee una población de 150 826 habitantes, de estos un 41,8 % vive en pobreza, (63 024 personas) y el 8,1 % vive en pobreza extrema (12 262 personas) según la Encuesta Nacional de Condiciones de Vida en 2006.

- Hidrografía

La más importante fuente de abastecimiento de agua que atraviesa este departamento es el río Grande o Motagua, el cual, durante su recorrido, permite formar acequias para irrigar terrenos para la siembra de algunos productos agrícolas. Además, existen otros ríos como Plátanos, Hato, Morazán, Sanarate, Las Ovejas, Huyús y Huija. La única laguna que tiene registrada el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología es la laguna de Retana.

Tabla I. **Hogares por tipo de servicio de agua, El Progreso**

Tipo de servicio	Total de hogares
Chorro de uso exclusivo	24 042
Chorro para varios hogares	442
Chorro público (fuera del local)	1 009
Pozo	2 312
Camión o tonel	240
Río, lago o manantial	1 301
Otro tipo	692

Fuente: INE. *XI Censo de población y VI de vivienda, 2002*. p. 20.

1.2.2. Jalapa

El departamento de Jalapa se encuentra situado en la región oriental del país, tiene una extensión territorial de 2 063 kilómetros cuadrados, la cabecera departamental es el municipio de Jalapa.

- Demografía

Jalapa posee una población de 279 242 personas, de los cuales un 61,2 % vive en pobreza (171 004 personas) y un 22,7 % es considerado dentro de la pobreza extrema (63 287 personas), según la Encuesta Nacional de Condiciones de Vida de 2006.

- Hidrografía

El departamento de Jalapa es atravesado por varios ríos entre estos se encuentra Jalapa, Grande o Guastatoya, Monjas, Colorado, Ostúa, y Plátanos, así como otros de menor importancia. Asimismo, se encuentran las lagunas: Escondida en Mataquescuintla y Del Hoyo en Monjas.

Tabla II. **Hogares por tipo de servicio de agua, Jalapa**

Tipo de servicio	Total de hogares
Chorro de uso exclusivo	32 400
Chorro para varios hogares	1 443
Chorro público (fuera del local)	3 127
Pozo	6 597
Camión o tonel	60
Río, lago o manantial	2 037
Otro tipo	595

Fuente: INE. *XI Censo de población y VI de vivienda, 2002*. p. 21.

1.2.3. **Jutiapa**

El departamento de Jutiapa situado en la región suroriental del país. Tiene una extensión territorial de 3 219 kilómetros cuadrados y su cabecera departamental es el municipio de Jutiapa.

- **Demografía**

Jutiapa tiene una población de 426 497 personas, de los cuales un 47,3 % vive en pobreza (201 701 personas) y un 11,1 % es considerado en pobreza extrema (47 228 personas), según la Encuesta Nacional de Condiciones de Vida de 2006.

- **Hidrografía**

Esta ciudad es atravesada por el río Salado y el río de la Virgen, el agua que se obtiene proviene principalmente de la precipitación pluvial.

Los ríos poseen corriente durante la época lluviosa, mientras que durante la seca se ve el manto; entre estos están Valencia, ubicado en la región montañosa del norte que provee de agua durante todo el año. Morán y Salado que son tributarios del Tamasulapa, que cubre una distancia de nueve kilómetros e irriga las aldeas Nueva Esperanza y Ánimas Lomas, ubicadas ambas en el noreste, región que es la menos poblada. Hoyos, que es fuente de agua para el caserío del mismo nombre.

Tabla III. **Hogares por tipo de servicio de agua, Jutiapa**

Tipo de servicio	Total de hogares
Chorro de uso exclusivo	50,325
Chorro para varios hogares	1,509
Chorro público (fuera del local)	6,217
Pozo	13,842
Camión o tonel	248
Río, lago o manantial	6,264
Otro tipo	1,569

Fuente: INE. *XI Censo de población y VI de vivienda, 2002*. p. 22.

1.2.4. Zacapa

El departamento de Zacapa se encuentra situado en la región nororiente del país. Tiene una extensión territorial de 2 690 kilómetros cuadrados, la cabecera departamental es el municipio de Zacapa.

- Demografía

Zacapa posee una población de 215 050 personas, de las cuales un 53,9 % vive en pobreza (115 998 personas) y un 18,9 % está considerado en pobreza extrema (40 541 personas), según el Instituto Nacional de Estadística en 2006.

- **Hidrografía**

El municipio de Zacapa es una de las partes más importante de la cuenca del Río Motagua, donde la región posee un área de captación directa de éste río; el río Grande que atraviesa el municipio de sur a norte, es tributario del río Motagua, el cual es alimentado por los ríos Punilá, el Riachuelo y Jumuzna que nacen en la montaña de las Granadillas, así como las quebradas de San Juan y El Jute.

La microcuenca del río Carí también es tributaria directa del Río Motagua, es la segunda en importancia en el municipio.

Tabla IV. Hogares por tipo de servicio de agua, Zacapa

Tipo de servicio	Total de hogares
Chorro de uso exclusivo	33 002
Chorro para varios hogares	1 872
Chorro público (fuera del local)	2 333
Pozo	2 388
Camión o tonel	99
Río, lago o manantial	1 965
Otro tipo	1 180

Fuente: INE. *XI Censo de población y VI de vivienda, 2002*. p. 23.

1.2.5. Chiquimula

El departamento de Chiquimula se encuentra situado en la región nororiente del país, tiene una extensión territorial de 2 376 kilómetros cuadrados, la cabecera departamental es el municipio de Chiquimula.

- Demografía

Chiquimula posee una población de 342 681 habitantes, de los cuales un 59,5 % vive en pobreza (203 881 personas) y un 27,7 % vive en pobreza extrema (94 961 personas), según el Instituto Nacional de Estadística en 2006.

- Hidrografía

Los ríos principales del departamento son Tacó y San José, así como al riachuelo Shusho. Además de los ríos citados, el departamento cuenta con una laguna en el municipio de Ipala, específicamente en el cráter del volcán del mismo nombre y la laguna de Tuticopote, que se localiza en el municipio de Olopa.

Tabla V. **Hogares por tipo de servicio de agua, Chiquimula**

Tipo de servicio	Total de hogares
Chorro de uso exclusivo	38,057
Chorro para varios hogares	1,756
Chorro público (fuera del local)	5,950
Pozo	8,026
Camión o tonel	128
Río, lago o manantial	4,208
Otro tipo	1,747

Fuente: INE. *XI Censo de población y VI de vivienda, 2002*. p. 24.

1.2.6. Huehuetenango

El departamento de Huehuetenango se encuentra situado en la región noroccidental del país. Tiene una extensión territorial de 7 403 kilómetros cuadrados, la cabecera departamental es el municipio de Huehuetenango.

- Demografía

Huehuetenango tiene una población de 986 224 personas, de los cuales un 71,3 % vive bajo la línea de pobreza (703 293 personas) y un 22,0 % es considerado dentro de la categoría de pobreza extrema (217 289 personas), según el Instituto Nacional de Estadística en 2006.

- Hidrografía

La extensa sierra de los Cuchumatanes separa las vertientes del departamento en dos ramas: suroeste y noroeste, que corren en curso tortuoso, llevando sus aguas al golfo de México por dos canales principales, el río Usumacinta y el de Chiapas. De las tres corrientes que pueden considerarse principales que forman el Usumacinta, dos nacen en Huehuetenango que son: el río Chixoy o Negro y el río Lacantún.

Tabla VI. **Hogares por tipo de servicio de agua, Huehuetenango**

Tipo de servicio	Total de hogares
Chorro de uso exclusivo	99 578
Chorro para varios hogares	2 584
Chorro público (fuera del local)	6 640
Pozo	20 976
Camión o tonel	596
Río, lago o manantial	9 517
Otro tipo	4 496

Fuente: INE. *XI Censo de población y VI de vivienda 2002*. p. 25.

1.2.7. Quiché

El departamento de Quiché se encuentra situado en la región noroccidental del país. Tiene una extensión territorial de 8 378 kilómetros cuadrados, la cabecera departamental es Santa Cruz del Quiché.

- Demografía

Quiché tiene una población de 769 364 personas, de las cuales un 81,0 % vive bajo la línea de pobreza (623 282 personas), y un 25,6 % está considerado dentro de la categoría de pobreza extrema (197 241 personas), según la Encuesta Nacional de Condiciones de Vida de 2006.

- Hidrografía

El departamento de Quiché está bañado por muchos ríos. Entre los principales sobresalen el río Chixoy o río Negro (que recorre los municipios de Sacapulas, Cunén, San Andrés Sajcabajá, Uspantán y Canillá, y posee la represa hidroeléctrica Chixoy); el río Blanco y el Pajarito (en Sacapulas); el río Azul y el río Los Encuentros (en Uspantán); el río Sibacá y el Cacabaj (en Chinique); y el río Grande o Motagua en Chiché.

Tabla VII. **Hogares por tipo de servicio de agua, Quiché**

Tipo de servicio	Total de hogares
Chorro de uso exclusivo	74,831
Chorro para varios hogares	1,515
Chorro público (fuera del local)	2,499
Pozo	21,107
Camión o tonel	1,310
Río, lago o manantial	6,886
Otro tipo	3,653

Fuente: INE. *XI Censo de población y VI de vivienda 2002*. p. 25.

1.2.8. Totonicapán

El departamento de Totonicapán se encuentra situado en la región suroccidental del país. Tiene una extensión territorial de 1 060 kilómetros cuadrados, la cabecera departamental es el municipio de Totonicapán.

- Demografía

Totonicapán tiene una población de 395 324 personas, de los cuales un 71,9 por ciento vive bajo la línea de pobreza (284 059 personas) y un 20,0 por ciento es considerado dentro de la categoría de pobreza extrema (79 225 personas) según la Encuesta Nacional de Condiciones de Vida de 2006.

- Hidrografía

Totonicapán es irrigado por la vertiente de varios ríos, entre estos están el Pachac, Las Palmeras, Sajcocolaj, Patzotzil, Huacol y Pajá, y el río Samalá que es el más importante.

Tabla VIII. **Hogares por tipo de servicio de agua, Totonicapán**

Tipo de servicio	Total de hogares
Chorro de uso exclusivo	43 423
Chorro para varios hogares	894
Chorro público (fuera del local)	1 887
Pozo	9 764
Camión o tonel	51
Río, lago o manantial	2 262
Otro tipo	484

Fuente: INE. *XI Censo de población y VI de vivienda 2002*. p. 26.

1.2.9. Chimaltenango

El departamento de Chimaltenango se encuentra situado en la región central del país, tiene una extensión territorial de 1 979 kilómetros cuadrados, la cabecera departamental es el municipio de Chimaltenango.

- Demografía

Chimaltenango tiene una población de 519 667 habitantes, de los cuales un 60,5 % vive bajo la línea de pobreza (314 389 personas aproximadamente) y un 19,3 % vive en pobreza extrema (100 400 personas aproximadamente), según la Encuesta Nacional de Condiciones de Vida de 2006.

- Hidrografía

El departamento de Chimaltenango cuenta con varios ríos, siendo los principales: Coyolate, Madre Vieja, Pixcayá, Grande o Motagua y Guacalate o de la Virgen. Como secundarios están los siguientes ríos: Agua Escondida, Xayá, Santo Domingo, Pantaleón, Los Encuentros, Nicán y Guexá.

Tabla IX. **Hogares por tipo de servicio de agua, Chimaltenango**

Tipo de servicio	Total de hogares
Chorro de uso exclusivo	55 988
Chorro para varios hogares	3 016
Chorro público (fuera del local)	7 280
Pozo	12 881
Camión o tonel	569
Río, lago o manantial	1 909
Otro tipo	1 873

Fuente: INE. *XI Censo de población y VI de vivienda 2002*. p. 27.

1.2.10. Baja Verapaz

El departamento de Baja Verapaz se encuentra situado en la región norte del país. Tiene una extensión territorial de 3 124 kilómetros cuadrados, la cabecera departamental es Salamá.

- Demografía

Baja Verapaz tiene una población de 245 787 habitantes, de los cuales un 70,4 % vive bajo la línea de pobreza (173 071 personas) y un 21,2 % vive en pobreza extrema (52 030 personas) según el Instituto Nacional de Estadística de 2006.

- Hidrografía

El departamento de Baja Verapaz está bañado por muchos ríos, entre los principales sobresalen: Panimá, Concepción, Chilasco, San Isidro, Quililá, Cachil, San Miguel, Salamá, Calá, Negro, Yerbabuena, Chibalam, Chilaní, Paguezá, Poconi, Chicruz, Xolacoy, Las Vegas, Sajcap, Chirruman, Xeúl, Agua Caliente, Chirruman, Chiac, Saltán y Grande o Motagua.

- Clima

Baja Verapaz posee alturas que van desde los 900 hasta los 2 500 metros sobre el nivel del mar, con temperaturas entre 15 y 23 ° C, y un clima de época seca severa y lluviosa moderada.

Tabla X. **Hogares por tipo de servicio de agua, Baja Verapaz**

Tipo de servicio	Total de hogares
Chorro de uso exclusivo	30 450
Chorro para varios hogares	543
Chorro público (fuera del local)	1 406
Pozo	4 236
Camión o tonel	62
Río, lago o manantial	4 224
Otro tipo	961

Fuente: INE. *XI Censo de población y VI de vivienda, 2002*. p. 28.

1.2.11. Guatemala

El departamento de Guatemala se encuentra situado en la región central del país, tiene una extensión territorial de 2 253 kilómetros cuadrados, la cabecera departamental es el municipio de Guatemala

- **Demografía**

El departamento de Guatemala tiene una población de 2 975 417 habitantes, de los cuales un 16,3 % vive bajo la línea de pobreza (486 405 personas) y un 0,5 % vive en pobreza extrema (13 408 personas) (Instituto Nacional de Estadística, 2006).

- **Hidrografía**

Guatemala es irrigada por una cantidad amplia de ríos, entre ellos: Río Pixcayá (que desemboca en el río Motagua y que, hacia el norte sirve de límite con Baja Verapaz), río de las Vacas, río Plátanos, río Catzibal, río Las Cañas.

Su geografía incluye también el Lago de Amatitlán, que es alimentado por el río Villa Lobos y desagua por el río Michatoya. De las montañas de Pinula desciende el río Fraijanes, que también recibe el nombre de río Aguacapa.

Tabla XI. **Hogares por tipo de servicio de agua, Guatemala**

Tipo de servicio	Total de hogares
Chorro de uso exclusivo	425 985
Chorro para varios hogares	40 774
Chorro público (fuera del local)	16 677
Pozo	26 216
Camión o tonel	34 795
Río, lago o manantial	4 964
Otro tipo	16 442

Fuente: INE. *XI Censo de población y VI de vivienda, 2002*. p. 29.

1.3. Entidad del gobierno

Guatemala posee ciertas políticas que son públicas, además de gubernamentales, las cuales comprenden algunos aspectos que se relacionan con el agua, sin llegar a constituir una política pública de los recursos hídricos.

Hasta el momento, el gobierno ha dado soluciones de forma concreta a necesidades de usos sectoriales, en especial para fines domésticos, de pesca y mineros, mediante disposiciones contenidas en códigos y leyes sectoriales.

El Código Municipal del departamento de Guatemala faculta a los municipios para establecerlos y regularlos, así como conceder su prestación a terceros. El Código de Salud cuenta con algunos capítulos específicos con normas técnicas que regulan la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento.

1.3.1. Participación

En la Ley del Organismo Ejecutivo de 1945 se incorporaron atribuciones respecto al recurso hídrico a diversos ministerios de estado, criterio que ha sido reproducido por la ley que ahora se encuentra vigente, es decir, la del año 1997. En el caso de los códigos Municipal y de Salud, así como de las leyes especiales de pesca, minería y electricidad, estas se encuentran reguladas por textos especiales.

En la siguiente tabla aprecian las atribuciones asignadas por la ley en materia del recurso hídrico de distintas entidades, donde se evidencia que existen aspectos que no se han tomado en cuenta.

Tabla XII. **Atribuciones asignadas por la ley en materia de aguas a Instituciones**

Atribución	Entidad	Naturaleza Institucional
Formular políticas globales	Segeplan	Secretaría de la Presidencia con rango de Ministerio
Coordinar políticas generales	Segeplan Comisionado Presidencial del Agua	Permanente Temporal
Investigar	Insivumeh	Dirección, dependencia ministerial
	PARPA	Programa MAGA
	Unidad SIG	Programa MAGA
Planificación nacional	Segeplan	
Dirección general	Ninguna	
Regulación general	Ninguna	
Regulación especial	MARN, calidad del agua, cuencas y conservación	Ministerio de Estado
	MAGA, pesca	Ministerio de Estado
	MEM, uso minero, energético	Ministerio de Estado

Continuación de tabla XII.

	Micivi, obras de protección respecto efectos nocivos del agua	Ministerio de Estado
	MRE, aguas internacionales	Ministerio de Estado
	MSPAS, servicios de agua potable y aguas residuales	Ministerio de Estado
	MAGA, MARN, ordenamiento territorial Municipios, ordenamiento territorial	Ministerios de Estado Autónoma del estado
	Inguat, zonas de desarrollo turístico	Descentralizada, sin autonomía
	Conap, agua elemento y zonas recarga hídrica	Descentralizada, sin autonomía
	INAB, zonas de recarga hídrica	Bosques productores de agua
Otorgar derechos	MEM, energéticos y mineros	Ministerio de Estado
	MAGA, pesca	Ministerio de Estado
Reconocer derechos	Organismo Judicial	Organismo de Estado
Regulación de servicios públicos AP&S	Municipalidades	Autónoma del Estado
Asistencia técnica y financiera AP&S	INFOM	Descentralizada, con autonomía funcional
Regulación de los servicios de electricidad (hidro)	CNE	Descentralizada, con autonomía funcional
Asistencia técnica en electricidad	Inde	Descentralizada, sin autonomía
Ejecución de Obras	Fondos Sociales, INFOM, MAGA, MICIVI	Descentralizados con autonomía funcional Ministerios de Estado
Protección de personas y bienes de eventos extraordinarios	Conred, coordinación, estudio y declaratori	Dependencia del Ejecutivo Ministerio de Estado
Resolución de conflictos	Ninguna	
Conservación	Conap, INAB, regulación ciclo hidrológico	Descentralizados, con autonomía funcional, vía sectores

Fuente: Secretaría General de Planificación y Programación. *Estrategia para la gestión integrada de los recursos hídricos de Guatemala: diagnóstico*. p. 50.

1.3.2. Beneficio/costo

Es de suma importancia reconocer que, al momento, no existe una estructura que permita conocer información financiera y presupuestaria pública en lo que a materia del recurso hídrico en el país se refiere.

“La inversión pública en el sector agua, incluyendo agua potable y saneamiento, se describe en la tabla XIII. Para 2003, se estimó que el 60 % de la inversión pública del sector hídrico fue para agua potable y saneamiento y en 2006 llegó a alcanzar el 80 %.”⁷

Los recursos presupuestarios en AP&S se han triplicado, pareciendo ser una señal correcta. Sin embargo, estas inversiones no han sido parte de un programa nacional y no se cuenta con indicadores de impacto, por lo tanto se desconoce la eficacia de la misma y el grado de eficiencia en el uso de estos fondos públicos.

Por otro lado, es importante señalar que no existe un cambio significativo en el número de proyectos en los presupuestos anuales, lo que hace pensar que lo que se está realizando son proyectos de mayores valores unitarios.

Tabla XIII. **Inversión en el sector agua (en miles de quetzales)**

Subsector/ años	2003	2004	2005	2006
Agua potable y saneamiento	251	326	531	698
Riego	60	97	63	78
Otros	108	109	119	88
Inversión total en el sector	418	563	713	863
Inversión total nacional	9 628	10 521	8 898	10 099
Inversión en el sector/inversión nacional (%)	4,34	5,35	8,01	8,54
Proyectos en AP&S realizados por el gobierno central, sin los consejos de desarrollo	562	547	495	601
Proyectos en AP&S realizados por municipalidades	464	545	656	584

Fuente: Secretaría General de Planificación y Programación. *Estrategia para la gestión integrada de los recursos hídricos de Guatemala: diagnóstico*. p. 50.

⁷ Secretaría de planificación y programación de la presidencia. *Estrategia para la gestión integrada de los recursos hídricos de Guatemala*. p. 65.

1.4. Entidades del sector privado

Las organizaciones o entidades privadas, como la gremial de cañeros y cafetaleros, se pueden considerar como algunas de las bases de datos y sistemas de información hidrometeorológica con las que cuenta el país, pero lastimosamente su información no puede ser consultada por toda la población.

Aún cuando no forman parte de una red o sistema nacional de información de los recursos hídricos son parte importante en lo que concierne al estudio y medición de los recursos hídricos del país.

Una de las organizaciones privadas de las cuales se puede obtener alguna información y, además, ha realizado estudios sobre la realidad del agua en el país, identificando alternativas que permitan garantizar la sostenibilidad del sistema de recursos hídricos, es la Fundación para el Desarrollo de Guatemala (Fundesa).

1.4.1. Fundación para el Desarrollo de Guatemala

Se considera como una entidad privada no lucrativa, la cual está conformada por empresarios que, a título personal, han decidido unirse e invertir en Guatemala, independientemente de intereses sectoriales, gremiales o partidistas.

La Fundación para el Desarrollo de Guatemala (Fundesa) nació en 1984 por el interés de empresarios guatemaltecos de generar e implementar programas que impulsaran el desarrollo económico y social de Guatemala de manera sostenible.

La principal misión de Fundesa es trabajar para contribuir al desarrollo integral, sostenible y democrático en una economía de mercado y en un estado de derecho, mediante la consolidación de una organización independiente y representativa que tenga un enfoque propositivo, responsable y a largo plazo sobre los temas clave para el desarrollo de los guatemaltecos.

Fundesa se ha posicionado como:

- Fuente de información y conocimientos técnicos relevantes sobre Guatemala.
- Aglutinador de proyectos clave en la transformación económica y social de largo plazo.
- Interlocutor con entidades internacionales para la innovación e introducción de nuevas ideas y conceptos a Guatemala.

1.4.2. Inversión de mejora de la calidad del agua

Basándose en un análisis de sensibilidad sobre las variables que componen el manejo del agua en Guatemala, la Fundación para el Desarrollo de Guatemala ha abordado tanto el monto de recursos que actualmente se destina al abastecimiento de agua en el país (incluyendo inversión pública y desembolsos privados), como el esquema actual de uso por parte de los usuarios, empleando como unidad de análisis cada una de las 38 cuencas hidrográficas de Guatemala, distribuidas en las tres vertientes que abastecen de agua a la población.

Sin embargo, ha logrado identificar que el modelo actual de financiamiento-conservación del sistema no ha sido capaz de canalizar recursos para garantizar su sostenibilidad y reducir los costos asociados a los altos niveles de contaminación de los recursos hídricos (40 % del caudal bruto disponible cada año).

El modelo que Fundesa ha desarrollado, busca obtener una tarifa por metro cúbico de agua que garantice la sostenibilidad financiera del sistema. Entre las restricciones que se establecieron para formular el modelo están las siguientes:

- Generar recursos suficientes para cumplir con el diseño original del fabricante de abastecimiento de agua (2021).
- Compensar el daño causado por la contaminación, a través de un fondo específico que contribuya a la inversión en cuidado de bosques y tratamiento de aguas.
- Facilitar el funcionamiento de la institucionalidad del sistema (operación e inversión).
- Garantizar que ninguna de las 38 cuencas genere déficit financiero.
- Complementar la inversión pública que actualmente se realiza (0,4 % del PIB).

Este modelo se basa en un ejercicio de costeo muy rudimentario, sobre todo para estimar el costo de producción de cada metro cúbico de agua en el país, pero permite hacer un análisis bastante atinado sobre los retos que debe

asumir el país. De igual forma, se han tomado en cuenta los problemas asociados a la producción de otros servicios ambientales, así como los costos asociados al cambio climático, pero estos temas merecen una especial atención que excede el análisis planteado.

Introduciendo algunas consideraciones adicionales sobre la sensibilidad de cada una de las variables en el modelo, la propuesta básica se estructura de la siguiente forma:

Figura 2. **Propuesta básica para la inversión de mejora de la calidad del agua**



Fuente: Fundesa. *Boletín núm.43, Uso del agua en Guatemala*. p. 20.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Buenas prácticas en el Corredor Seco

Los problemas ambientales, en general, han tomado una gran importancia durante los últimos años, esto ha provocado una preocupación en todos los sectores del país sobre fenómenos como la contaminación del agua, la contaminación atmosférica, problemas de deforestación, entre otros. Lo que se busca es que las personas realicen buenas prácticas respecto a todos los elementos que integran los problemas conocidos en el Corredor Seco de Guatemala.

Del 2010 a la fecha, el uso agropecuario ha experimentado un incremento de más o menos un 10 % en relación con el total del territorio. El cálculo a nivel departamental facilita verificar la dinámica de uso y de la diferenciación en cuanto a regiones, respecto al nivel de especialización de la agricultura.

2.1.1. Prácticas de conservación del suelo

La conservación del suelo se puede definir como aplicar técnicas o prácticas que contribuyen a preservar las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo, para mantener su capacidad productiva. Gracias a las técnicas de conservación de suelos se puede reducir o eliminar el arrastre y pérdida del mismo por acción de la lluvia y el viento, se mantiene o se aumenta su fertilidad y, con esto, la buena producción de los cultivos. Las prácticas de conservación de suelos se aplican principalmente en suelos inclinados o de laderas, aunque también pueden aplicarse en suelos planos.

- Técnicas de conservación del suelo

Existen muchas técnicas o prácticas de conservación de suelos que son sencillas, de relativo bajo costo, de fácil aplicación y de aceptación por los agricultores; entre ellas se tienen:

- La siembra de plantas de coberturas y abonos verdes
- El uso de estiércol y aboneras orgánicas
- La labranza conservacionista o labranza mínima
- Los sistemas agroforestales
- La siembra en curvas a nivel o siembra al contorno
- Las barreras vivas
- Las barreras o muros de piedra
- Las terrazas individuales

2.1.1.1. Labranza

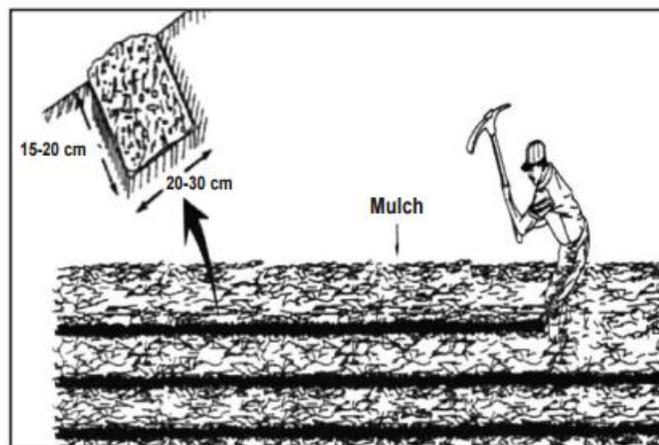
Consiste en la preparación y volteo o remoción del suelo, para permitir el desarrollo de las raíces del cultivo y combatir o eliminar malezas y ciertas plagas. La preparación del suelo puede realizarse en áreas planas y en terrenos de ladera. Sin embargo, en terrenos inclinados no se recomienda hacerla, por los severos problemas de erosión por acción del agua de lluvia, que no se logra filtrar y que se escurre por la superficie, arrastrando grandes cantidades de suelo y nutrientes, disminuyendo así su fertilidad y productividad.

En este entorno se pueden encontrar dos tipos de labranza, los cuales son los más utilizados: labranza mínima en surcos o continua y labranza mínima individual o en huecos.

- Labranza mínima en surcos o continua

Esta forma de labranza consiste en remover solamente las fajas estrechas de 20 a 30 centímetros de ancho que serán ocupadas por el cultivo, dejando la parte de tierra entre surcos sin remover. La remoción de suelo dentro de esta faja se hace a una profundidad de 15 a 30 centímetros, según el tipo de suelo y clase de cultivo. Este tipo de labranza se adapta para cultivos como maíz, arroz, frijol, maicillo y algunas hortalizas.⁸

Figura 3. **Forma de realizar la labranza mínima en surcos**



Fuente: FHIA. *Prácticas de conservación del suelo*. p. 13.

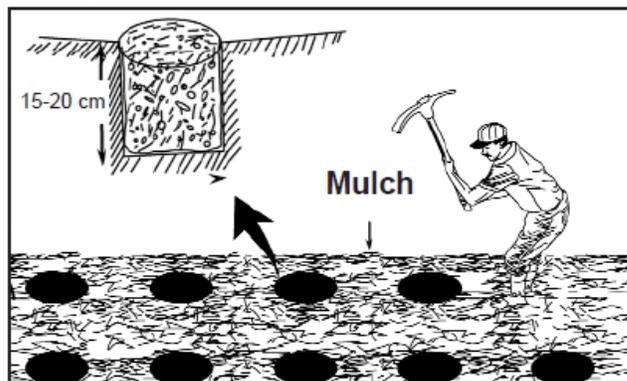
- Labranza mínima individual o en huecos

Es una forma de labranza conservacionista donde se prepara el suelo solamente alrededor de la postura de siembra. La remoción de suelo se hace de forma circular a unos 20-25 centímetros alrededor de la postura, dejándose

⁸ Fundesyram. *La cero labranza con mulc*. <http://www.fundesyrarn.info/biblioteca.php?id=497>. Consulta: 26 de septiembre de 2015.

sin remover el suelo que hay entre los surcos, al igual que el espacio entre posturas.

Figura 4. **Forma de realizar la labranza mínima en huecos**



Fuente: FHIA. *Prácticas de conservación del suelo*. p. 14.

2.1.1.2. Sistemas combinados de labranza y cultivo

Se refieren a sistemas en donde la preparación, tanto del suelo como de la siembra, se realiza al mismo tiempo. Para hacer esto se necesita un tipo de maquinaria especial. Las máquinas suelen ser grandes porque los componentes de la misma así lo requieren.

Existen tres sistemas combinados de labranza y cultivo que son los más utilizados en general, estos son: labranza en banda-siembra, labranza en camellones-siembra y labranza profunda-siembra.

- Sistema labranza en banda-siembra

“En este sistema se prepara y se siembra en bandas aproximadamente de 5 a 20 centímetros de ancho y de 5 a 10 centímetros de profundidad.”⁹ Existen varias máquinas que pueden realizar este trabajo, pero la mayoría tiene un mismo sistema de elementos: en la parte delantera poseen un disco cortador y en la parte de atrás regularmente se encuentra una unidad de siembra como la de las denominadas sembradoras directas. Entre las ventajas que posee este sistema, es que tiene un rápido establecimiento y crecimiento inicial de los cultivos, debido al aflojamiento del suelo en las bandas que este realiza. La sembradora funciona de mejor manera debido a que se pueden colocar semillas de manera más uniforme y, además, solo remueve el suelo de las bandas, no de su alrededor.

- Labranza en camellones-siembra

Lo que se busca con este tipo de labranza es remover el suelo y los residuos de los surcos angostos hechos en la siembra anterior, luego se colocan las semillas dentro de las hileras ya limpias.

Una o dos veces, como máximo, se realiza un control de las malezas y gracias a esto también se pueden reconstruir los surcos con las máquinas utilizadas, lo que se debe de tener en cuenta es que las llantas de las máquinas deben pasar siempre por el mismo lugar, para no echar a perder lo que se realizó en el cultivo anterior.

⁹ Fundesyram. *La cero labranza con mulc*. <http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=497>. Consulta: 26 de septiembre de 2015.

- Labranza profunda-siembra

Este sistema se parece mucho al conocido como labranza cero, con la diferencia de que la sembradora para este tipo de labranza tiene un subsolador entre el disco cortador de enfrente y los discos abresurcos del final. Este sistema se ha definido como que tiene todas y cada una de las ventajas de la labranza cero y se ha desarrollado especialmente para suelos muy duros y compactos.

2.1.2. Cobertura del suelo

Desde inicio del siglo se han realizado varios estudios para observar el efecto de la cobertura vegetal en la reducción de la escorrentía y de la erosión. Las primeras observaciones reconocieron el efecto de la cobertura vegetal en la prevención de la obstrucción de los poros del suelo y la consecuente disminución de la escorrentía superficial. En estudios realizados con un simulador de lluvia (Ohio, EUA), se determinó que la interceptación del impacto de las gotas de lluvia con una cobertura de paja redujo la erosión en aproximadamente 95 %.¹⁰

La cobertura del suelo es el factor individual de mayor importancia en el control de la erosión hídrica (Amado, 1985)¹¹. La cobertura del suelo puede ser representada básicamente por la cobertura vegetal de las plantas en desarrollo (período vegetativo) o por sus residuos (Forster, 1981).¹²

La cobertura del suelo, con plantas en crecimiento, varía de especie a especie, en función de sus características fenológicas y vegetativas (ciclo, hábito de crecimiento, altura, velocidad de cobertura del suelo, estado de

¹⁰ Instituto Internacional de Agricultura tropical. *Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos*. p. 93.

¹¹ AMADO, T.J.C. y WILDNER, L. 1991 *Abono verde*. p. 105.

¹² FOSTER. G.R., *Suelo y la cobertura vegetal*. p. 11.

crecimiento) y de las prácticas culturales necesarias para su cultivo (densidad poblacional, espaciamento de siembra, fertilización y encalamiento).

Tabla XIV. **Efecto del tipo de uso del suelo sobre las pérdidas de suelo por erosión**

Tipo de uso	Pérdidas de suelo (t/ha)	Pérdidas de agua (% de la lluvia)
Bosque	0,004	0,7
Pastizal	0,4	0,7
Cafetal	0,9	1,1

Fuente: BERTONI. Claudio et. al. *Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos*. p. 31.

2.1.3. Abonos verdes

Este término se refiere al uso de material vegetal verde (hojas, ramas) que no está descompuesto, para incorporarlo como fertilizante a la capa superficial del suelo. Las plantas que se usan como abono verde generalmente son leguminosas como el maní forrajero, fríjol de abono, canavalia, vignas, dolichos y algunas especies arbustivas y arbóreas como gandul, madreño y pito, entre otros.

También se les llama plantas de cobertura porque permanecen mucho tiempo en la superficie del suelo cubriéndolo o protegiéndolo de la acción perjudicial de la lluvia al impactar directamente sobre el suelo. Antes de la siembra, se chapea o se cortan las plantas de cobertura y se incorporan al suelo con maquinaria o herramientas manuales, o se dejan en la superficie descomponiéndose para que se incorporen poco a poco al suelo.

2.1.3.1. Funciones

La importancia de los abonos verdes y plantas de cobertura es que mantienen y aumentan el contenido de materia orgánica en el suelo. Con el uso de leguminosas, por la capacidad que tienen de fijar nitrógeno de la atmósfera, también se logra aumentar la cantidad de este elemento disponible para el cultivo. Además, ayudan a mejorar algunas condiciones del suelo, como la textura, estructura, retención de humedad, ablandamiento del suelo y filtración. Entre las principales funciones de los abonos verdes están:

- Protege la capa superficial del suelo contra las lluvias de alta intensidad, el sol y el viento.
- Mantiene elevadas tasas de infiltración de agua por el efecto combinado del sistema radicular y de la cobertura vegetal. Las raíces, después de su descomposición, dejan canales en el suelo y la cobertura evita una desagregación y sellado de la superficie, reduciendo la velocidad de la escorrentía.
- Promueve un considerable y continuo aporte de biomasa al suelo, de manera que mantiene e incluso eleva, a lo largo de los años, el contenido de materia orgánica.
- Atenúa la amplitud térmica y disminuye la evaporación del suelo, aumentando la disponibilidad de agua para los cultivos comerciales.
- Por medio del sistema radicular, se rompen capas duras y se promueve la aireación y estructuración del suelo, induciendo la preparación biológica del suelo.

2.1.3.2. Características

Las principales características que deben ser observadas para la selección de los abonos verdes son:

- Presentar rápido crecimiento inicial (agresividad inicial) y eficiente cobertura del suelo.
- Producción de elevadas cantidades de fitomasa (materia verde y seca).
- Capacidad de reciclaje de nutrientes.
- Facilidad de implantación y manejo en campo.
- Presentar bajo nivel de ataque de plagas y enfermedades, no comportarse como planta hospedera.
- Presentar un sistema radicular profundo y bien desarrollado.
- Ser de fácil manejo para su incorporación al suelo y posterior implantación de cultivos.
- Presentar potencial para uso múltiple en la finca.
- Presentar tolerancia o resistencia a la sequía o heladas.
- Presentar tolerancia a la baja fertilidad y capacidad de adaptación a suelos degradados.¹³

2.1.3.3. Principales tipos

A continuación se presenta, en la tabla XV, las principales especies de plantas que se utilizan como abonos verdes, tanto su nombre científico como su nombre común.

¹³ AMADO, T.J.C.; WILDNER, L. *Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelo*. p. 99.

Tabla XV. **Lista de las principales especies usadas como abonos verdes**

Nombre científico	Nombre común
<i>Avena byzantina</i> C.	Avena amarilla
<i>Avena sativa</i> L.	Avena blanca, avena común, avena
<i>Avena strigosa</i> Schreb	Avena negra, avena brasileña
<i>Cajanus cajan</i> L.	Guisante de Angola, frijol de árbol, frijol de Congo, frijol de palo
<i>Canavalia ensiformis</i>	Canavalia, frijol de puerco, frijol de espada, haba de caballo, guisante sable, poroto gigante
<i>Crotalaria grantiana</i>	Crotalaria
<i>Crotalaria juncea</i> L.	Crotalaria, cáñamo de la India
<i>Fagopyrum sagittatum</i>	Alforfón, trigo sarraceno, trigo negro
<i>Lathyrus hirsutus</i> L.	Chícharo, guija velluda
<i>Lathyrus cicera</i> L.	Chícharo, lenteja forrajera

Fuente: YANGGEN, David. *Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos*. p. 16.

2.2. Manejo integrado de cultivos para riego y humedad

Curso manejo integrado del cultivo (ICM) se conoce a un método control de plagas, el cual combina el uso de productos fitosanitarios, organismos beneficiosos y prácticas culturales, como barreras físicas, fertirrigación, selección varietal, entre otros. El objetivo del ICM es el control racional y eficaz de las plagas y enfermedades.¹⁴

A través de este proceso, se tiene presente en todo momento la influencia de un adecuado uso del manejo de cultivos, vinculado con la conservación del medio ambiente, planificando la producción anual, valorando la disponibilidad y limitaciones de los recursos humanos, técnicos y naturales. A diferencia de los

¹⁴ GARCÍA, Federico. *Manejo integrado de cultivos*. http://www.infoagro.com/abonos/control_biologico.htm. Consulta: octubre de 2015.

programas de extensión que proveen capacitación dirigida a un componente de la finca o un cultivo en particular, el enfoque integrado provee a los agricultores la flexibilidad necesaria para producir una cartera de cultivos bajo un enfoque de sistema productivo, para responder a sus necesidades y a las demandas del mercado.

2.2.1. Control de plagas

El manejo integrado de plagas (IPM, por sus siglas en inglés) es un conjunto de métodos sensatos para controlar las plagas mediante la reducción del uso de pesticidas peligrosos. Los programas de IPM se concentran en la prevención de problemas de plagas al deshacerse de la comida, el agua y el refugio que estas necesitan para sobrevivir. Cuando se necesita controlar una plaga, IPM utiliza una combinación de métodos razonables y menos dañinos. IPM es efectivo porque el sistema combinado (integrado) para el control de plagas es más eficaz que un solo enfoque, como el rociado con pesticidas.

2.2.1.1. Controles físicos

Consiste en la utilización de algún agente físico, como la temperatura, humedad, insolación, fotoperiodismo y radiaciones electromagnéticas, en intensidades que resulten letales para los insectos. El fundamento del método es que las plagas solo pueden desarrollarse y sobrevivir dentro de ciertos límites de intensidad de los factores físicos ambientales; más allá de los límites mínimos y máximos, las condiciones resultan letales.

Los límites varían según las especies de insectos y para una misma especie, según su estado de desarrollo. Además, los límites de cada factor varían en interacción con las intensidades de los otros factores ambientales y

con el estado fisiológico del insecto. Los insectos en diapausa, por ejemplo, son capaces de soportar temperaturas muy bajas que resultarían letales para los individuos que no se encuentran en ese estado.

- Temperaturas altas

“Las temperaturas altas suelen ser más efectivas que las temperaturas bajas en un rango más estrecho. La mayoría de las especies de insecto mueren expuestas a temperaturas de 52 °C a 55 °C por un período de 3 a 4 horas.”¹⁵

Muchas otras especies mueren a temperaturas menores o en períodos más cortos. Sin embargo, el uso de altas temperaturas tiene muchas limitaciones pues muy pocos son los productos vegetales capaces de soportar calentamientos sin dañarse.

- Las temperaturas bajas

Las temperaturas bajas pueden llegar a producir la muerte de los insectos, pero normalmente solo después de exposiciones muy prolongadas; de lo contrario, el insecto se recupera del estado de sopor ocasionado por el frío. En muchos casos, el uso de bajas temperaturas no tiene como intención principal provocar la muerte del insecto, sino retardar su desarrollo en los productos vegetales almacenados. Los insectos, en estados invernales suelen ser muy resistentes a las bajas temperaturas; las larvas invernales de la polilla de la manzana, por ejemplo, llegan a soportar temperaturas de -20 °C sin congelarse.

¹⁵ VARGA, Paulina. *Control de plagas agrícolas: 6. Control físico*. p. 1.

- Manejo de la humedad

La humedad tiene gran influencia sobre las poblaciones de los insectos, pero su manipulación como medida de control es muy limitada. En algunos casos es posible reducir la humedad en el espacio cubierto por el follaje mediante la eliminación de las malezas y seleccionando plantas que tienen hábitos de crecimiento foliar abierto o erecto.

- Manejo de luz

“La iluminación es otro factor que tiene influencia en el desarrollo, pero sobre todo, en el comportamiento de los insectos. Su utilización no ha sido mayormente desarrollada para combatir plagas. Uno de los pocos casos es la utilización de la luz como fuente de atracción de insectos.”¹⁶

2.2.1.2. Controles químicos

Es la aplicación de sustancias químicas para acabar con las plagas, por ejemplo, administrar raticidas en lugares de paso de roedores. Los compuestos químicos que se utilizan en la protección de los cultivos reciben el nombre genérico de pesticidas o plaguicidas. Estos compuestos, según su efectividad particular contra insectos, ácaros, ratas, caracoles, o nematodos, reciben los nombres específicos de insecticidas, acaricida, raticidas o rodenticidas, caracolicidas o molusquicidas, y nematicidas respectivamente.

¹⁶ VARGA, Paulina. *Control de plagas agrícolas: 6. Control físico*. p. 1.

- Los insecticidas y el ecosistema agrícola

Desde el punto de vista ecológico, el insecticida es una sustancia tóxica que el hombre introduce al ecosistema agrícola afectando a todos sus organismos, en particular, a los animales.

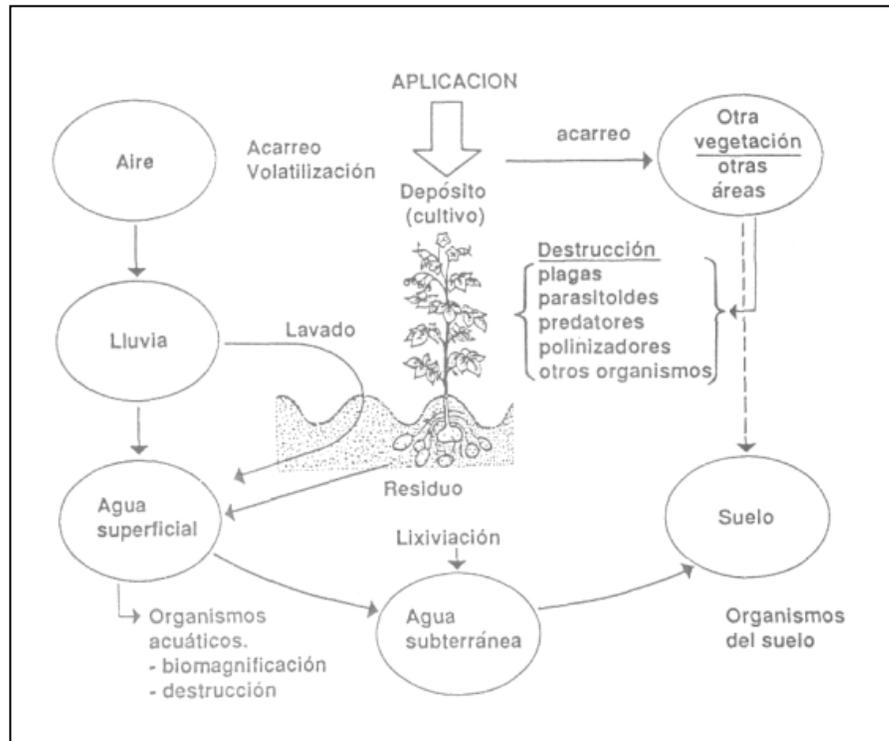
La intensidad del efecto varía según las características del insecticida, el grado de susceptibilidad de las especies fitófagas y benéficas presentes, la formulación y dosis del producto, la forma en que es aplicado, la clase de cultivo y las condiciones climáticas prevalecientes durante las aplicaciones. Es normal que los efectos se extiendan más allá de los límites del campo aplicado, pues los insecticidas son fácilmente llevados por el viento y el agua.

- Residuos y contaminación ambiental

Las aplicaciones de insecticidas contribuyen a la contaminación química del medio ambiente con el agravante de tratarse de productos de gran actividad biológica.

Las mayores dosis y los menores intervalos entre aplicaciones, entre la última aplicación y la cosecha, pueden provocar residuos tóxicos en los productos cosechados, incrementan los riesgos de intoxicaciones directas y elevan los costos del control fitosanitario. Estos temas también se desarrollan posteriormente.

Figura 5. **Distribución de los pesticidas en el medioambiente**



Fuente: GOWURITY, Vincent; CABANNE, Hallman. *Gestión de los insectos agrícolas con métodos de control físico*. p. 48.

2.2.1.3. **Controles biológicos**

Se define como una actividad en la que se manipulan una serie de enemigos naturales, también llamados depredadores, con el objetivo de reducir o incluso llegar a combatir por completo a parásitos que afecten a una plantación determinada.

Se pretende controlar las plagas a través de enemigos naturales, es decir, otros insectos que son depredadores de la plaga y son inofensivos a la plantación. El método de control biológico puede ser muy eficaz. Deben

considerarse algunos puntos en la utilización de enemigos naturales en la plantación:

- Identificar bien el parásito que afecta al cultivo
- Identificar del enemigo natural
- Estimar la población del parásito
- Estimar de la población del enemigo natural
- Comprar correctamente a los enemigos naturales
- Supervisar correctamente la eficacia de estos enemigos

Para la identificación del parásito, puede realizarse un pequeño muestreo de estas especies y mandarlo a un laboratorio entomológico, si no se tiene perfectamente identificado por métodos directos.

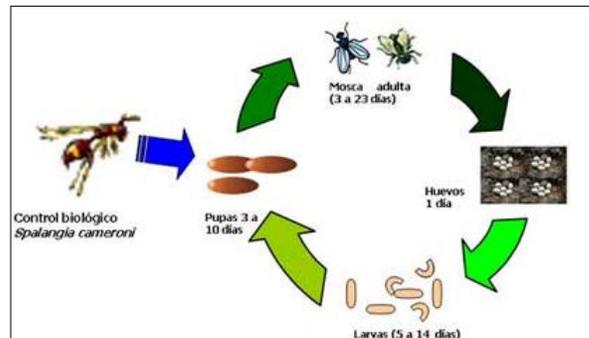
Si la población del parásito es demasiado alta, los enemigos naturales no actúan con tanta rapidez, como si fuese una población baja. Una vez producida una plaga en la cosecha, se introduce el enemigo natural para que impida el desarrollo de la población del parásito y no produzca elevados daños.¹⁷

- Ventajas del control biológico
 - La incorporación del control biológico es un medio de lucha integrada respetando el medio ambiente, debido a que no se emplean insecticidas, lo que da más seguridad, al evitar estos productos tóxicos para la salud humana.

¹⁷ *Control biológico de plagas.* http://www.infoagro.com/abonos/control_biológico.htm. Consulta: octubre de 2015.

- El método de control biológico impide las poblaciones de parásitos en las plantaciones agrícolas y, por consiguiente, la pérdida de altos niveles de producción.
- El uso de productos biológicos ya viene ajustado al tipo de parásito, llega a matar una amplia gama de insectos y no producen daño a los insectos benignos.
- Inconvenientes del control biológico
 - Requiere mucha paciencia, entretenimiento y un mayor estudio biológico.
 - Muchos enemigos naturales son susceptibles a pesticidas, por lo que su manejo debe de ser cuidadoso.
 - Los resultados del control biológico a veces no es tan rápido como se espera, ya que los enemigos naturales atacan a unos tipos específicos de insecto.

Figura 6. **Ejemplo del funcionamiento del control biológico**



Fuente: GOWURITY, Vincent; CABANNE, Hallman. *Gestión de los insectos agrícolas con métodos de control físico*. p. 48.

2.2.2. Cultivos trampa

Las plantas-trampa son cultivos que se siembran alrededor o intercalados con el cultivo principal para atraer a plagas problemáticas. “El objetivo de los sistemas de control biológico en los que se incluyen plantas-trampa es eliminar la mayoría de los insectos fuera del cultivo principal antes de que lleguen a infestarlo.”¹⁸ Así, las plagas infestan mayormente a plantas-trampa y no llegan a afectar el cultivo principal.

- ¿Cuándo se deben usar?

La técnica de plantas-trampa es apropiada para controlar insectos destructivos que sean numerosos durante la mayor parte de la temporada. Funciona mejor contra insectos de movilidad intermedia, pero no es eficaz para los que vuelan bien o se dispersan en el viento. Es más eficaz cuando se aplica en combinación con otras técnicas biológicas, mecánicas, culturales o químicas,

¹⁸ ZITTER, Thomas A. *Control con plantas trampa y reservorio*. p. 25.

como los plaguicidas, sistemas de plantas reservorio o rotación de cultivos, o con sustancias atractivas o repelentes a las plagas.

- Tipos de plantas trampa

Los tipos varían según el cultivo principal. Se puede usar una especie o variedad diferente al cultivo principal, o la misma especie en una etapa de crecimiento diferente. Lo más importante en la selección de plantas-trampa es que sean más atractivas para las plagas que el cultivo principal. Por ejemplo, si se desea utilizar la misma especie cuando el cultivo principal esté brotando, se puede usar plantas trampa que estén en floración, puesto que son más atractivas a las plagas.¹⁹

- Beneficios de plantas-trampa

Estos cultivos eliminan la necesidad de plaguicidas de amplio espectro en muchos casos, previenen el resurgimiento de la población de plagas principal, preservan los depredadores naturales, mejoran la calidad del cultivo por el uso reducido de pesticidas, conservan el suelo y el ambiente, y mejoran la eficacia de los pesticidas aplicados en el cultivo para combatir las plagas más difíciles.

- Desventajas de las plantas trampa

El costo y mantenimiento de plantas-trampa puede ser elevado. Por otra parte, no reemplazan totalmente los plaguicidas y, en ocasiones, podrían atraer a otras plagas. Se debe a considerar, antes de integrar este método de control en la estrategia, tomar en cuenta la ubicación y número de plantas, la etapa de la planta y prever la siembra de un cultivo de control.

¹⁹ ZITTER, Thomas A. *Control con plantas trampa y reservorio*. p. 1.

2.2.3. Riego

Entre los conceptos básicos, riego se puede definir como la aplicación eficiente y oportuna de láminas de agua requeridas para el normal desarrollo de los cultivos, con diferentes emisores o elementos que ayudan a entregar el agua, de acuerdo a determinadas condiciones de operación.

Lámina de riego es el volumen de agua a aplicar en una unidad de área (1 m^2) expresado en milímetros. Los factores de conversión que se utilizan para el cálculo de volúmenes de agua para riego son los siguientes:

- $1 \text{ mm} = 1 \text{ lt} / \text{m}^2$
- $1 \text{ mm} = 10 \text{ m}^3 / \text{ha}$

A continuación, en la tabla XVI, se muestra una comparación de los tipos de riego más usados y la eficiencia con la que trabajan.

Tabla XVI. **Comparación de sistemas de riego**

Método de riego	Eficiencia aplicación	Eficiencia almacenamiento	Eficiencia uniformidad	Eficiencia agronómica
Inundación	0,40	0,85	0,60	0,20
Surcos	0,55	0,85	0,75	0,35
Aspersión	0,90	1,00	0,85	0,76
Goteo	0,95	1,00	0,95	0,86

Fuente: SANTOS PEREIRA, Luis. *Sistemas de riego, conceptos básicos*. p. 50.

2.2.3.1. Riego por goteo

Se define como un método de riego localizado donde el agua es aplicada en forma de gotas a través de emisores, comúnmente denominados goteros. La

descarga de los emisores fluctúa en el rango de 2 a 4 litros por hora por gotero. El riego por goteo suministra a intervalos frecuentes pequeñas cantidades de humedad a la raíz de cada planta, por medio de delgados tubos de plástico. Este método, utilizado con gran éxito en muchos países, garantiza una mínima pérdida de agua por evaporación o filtración, y es válido para casi todo tipo de cultivos.

- Ventajas

- Tiene una alta eficiencia en el uso del agua, se puede regar el triple del área regada con sistemas por gravedad y el doble del área regada por aspersión.
- Se puede utilizar en todos los cultivos en hilera, es apropiado para hortalizas y frutales.
- Se puede utilizar en terrenos con pendientes altas y en suelos muy delgados.
- Es un método de fácil manejo, para su operación no se necesita mano de obra experimentada.
- No es afectado por el viento.

- Desventajas

- La principal desventaja de este método es la facilidad con que los orificios de los goteros se obstruyen, principalmente cuando se utiliza agua de mala calidad y no se hace un filtrado adecuado de la misma.
- Necesita una buena supervisión del riego, pues cuando los goteros se obstruyen, no se puede apreciar desde lejos y al

taparse un gotero se produce un crecimiento desuniforme del cultivo.

Figura 7. **Forma de humedecimiento del riego por goteo en la superficie**



Fuente: MENDOZA, Alirio. *Riego por goteo*. p. 23.

2.2.3.2. Riego por aspersión

Implica una lluvia más o menos intensa y uniforme sobre la parcela con el objetivo de que el agua se infiltre en el mismo punto donde cae. Tanto los sistemas de aspersión como los de goteo utilizan dispositivos de emisión o descarga en los que la presión disponible en las tuberías portaemisores (ramales, alas o laterales de riego) induce un caudal de salida. La diferencia entre ambos métodos radica en la magnitud de la presión y en la geometría del emisor.

Las unidades básicas que componen el sistema son el grupo de bombeo, las tuberías principales con sus hidrantes, los ramales o laterales de riego y los propios emisores. Estos últimos pueden ser tuberías perforadas, difusores fijos o toberas y aspersores. De todos ellos, los más utilizados son los aspersores, que pueden llevar una o dos boquillas cuyos chorros forman ángulos de 25 a 28°, con la horizontal para tener un buen alcance y que no sean demasiado distorsionados por el viento.²⁰

- Ventajas
 - Independiente de las características del suelo
 - Adaptable a diferentes láminas netas y velocidades de infiltración
 - Control preciso de las dosis
 - Muy adaptable a rotaciones de cultivos

- Desventajas
 - Mala uniformidad por el viento
 - Altas inversiones y costos operativos

2.3. Protección de manantiales

Los manantiales son lugares donde el agua subterránea sale a la superficie en forma natural. Como el agua de manantial se filtra en las rocas y el suelo y circula rápidamente, puede considerarse potable siempre que no se contamine en la superficie.

Proteger un manantial es más barato que cavar o perforar un pozo. Además una vez que un manantial está protegido, es relativamente fácil instalar

²⁰ TARJUELO MARTÍN, Benito. *El riego por aspersión y su tecnología*. p. 23.

tubería desde este hasta un lugar más cercano a la comunidad. Para proteger el área que rodea al manantial, se debe colocar una cerca alrededor de este y cavar una zanja de drenaje para desviar la escorrentía superficial y los residuos. Esto también mantendrá a los animales alejados del lugar.

Sembrar árboles nativos cerca del manantial para protegerlo aún más. Los árboles evitan la erosión y hacen del lugar un sitio más agradable para recoger agua.

2.3.1. Asociación de Reservas Naturales Privadas de Guatemala

Es una organización no gubernamental, apolítica y sin fines de lucro cuyo principal objetivo es contribuir al adecuado manejo de los recursos naturales, a través del concepto de desarrollo sostenible. Con un enfoque en el fortalecimiento de la conservación en tierras privadas, tanto individuales como comunitarias, y con sinergia con actores sociales, gubernamentales y no gubernamentales, se llevan a cabo acciones clave que promueven el uso adecuado de la diversidad biológica y la gestión ambiental integral.

- Historia

La Asociación de Reservas Naturales Privadas de Guatemala (ARNPG) fue fundada el 3 de agosto de 1998 por seis propietarios de reservas privadas, quienes identificaron la necesidad de trabajar en conjunto en pro de la conservación de nuestros recursos naturales. Desde entonces la ARNPG ha impulsado el establecimiento de reservas naturales privadas (RNP) en todo el país, alcanzando hasta el momento 173, declaradas ante el Consejo Nacional

de Áreas Protegidas (Conap) con 75 000 hectáreas de bosque bajo su protección.

- **Visión**

Ser un foro líder, autónomo y descentralizado de propietarios de reservas voluntarias individuales y comunitarias dedicadas al desarrollo de acciones de conservación y uso sostenible de la diversidad biológica, producción sostenible y otros bienes y servicios ambientales. Su acción efectiva e innovadora, basada en principios y mística de trabajo, le permiten influir positivamente en la formulación de políticas ambientales y en las iniciativas y acciones privadas y públicas.²¹

- **Misión**

La conservación y manejo sostenible de la biodiversidad en tierras privadas. A través de la acción conjunta, inspirada en las convicciones compartidas, beneficiando a nuestros miembros y a la sociedad. Con ello se propicia la continuidad de la vida para las actuales y futuras generaciones.²²

2.3.2. Cobertura boscosa

La cobertura y dinámica forestal a nivel nacional para la República de Guatemala ha sido objeto de estudio por un equipo interinstitucional que incluye entidades del Estado y de la academia desde 2001.

En dicho año, la Universidad del Valle de Guatemala (UVG), junto al Consejo Nacional de Áreas Protegidas (Conap) y el Instituto Nacional de Bosques (INAB) realizaron esfuerzos conjuntos para implementar un sistema de mapeo de la dinámica de la cobertura forestal de Guatemala. Como resultado de tal esfuerzo, se publicó, con el apoyo del Ministerio de Agricultura,

²¹ Misión proporcionadas por ARNPG.

²² Visión proporcionada por ARNPG.

Ganadería y Alimentación (MAGA), el *Mapa de la Cobertura Forestal 2001*, a inicios 2004.

La cobertura forestal en 2013 para Guatemala fue estimada en 3 722 595 hectáreas, equivalentes a un 34 % del territorio terrestre nacional. El valor de la cobertura forestal para el año 2006, publicado en mayo de 2011, fue revisado y se obtuvo uno nuevo estimado de 3 868 708 ha. Estos valores representan una pérdida neta de 146 112 ha de bosque, equivalentes a una tasa neta de deforestación del -1,0 % anual a nivel nacional.²³

A continuación se presenta un cuadro con la cobertura boscosa de los departamentos que conforman el Corredor Seco de Guatemala.

Tabla XVII. **Cobertura boscosa en el Corredor Seco de Guatemala**

Departamento	Cobertura boscosa (ha)	Tasa de cambio anual
El Progreso	38 496	-1,26
Jalapa	22 408	-0,86
Jutiapa	12 730	-3,55
Zacapa	57 834	-0,63
Chiquimula	30 196	-4,74
Huehuetenango	263 470	2,61
Quiché	264 732	0,68
Totonicapán	39 721	-0,04
Chimaltenango	67 640	0,41
Baja Verapaz	100 989	-1,45
Guatemala	57 782	-2,45

Fuente: elaboración propia, con base en datos del Laboratorio de SIG del MAGA y Proyecto ESPREDE-CATIE.

2.3.3. Fauna

La zona del Corredor Seco de Guatemala cuenta con una gran cantidad de fauna, la cual sirve como ayuda a los agricultores para sus siembras, así

²³ ANDRADE, Juan. *Dinámica de la cobertura forestal*. p. 43.

como para la cosecha de las mismas, además de los animales que son oriundos de cada departamento. Entre estas están:

- Huehuetenango: posee ganado mular, asnal, caprino y ovino.
- Totonicapán: posee ganado ovino.
- Chimaltenango: posee crianza de animales de granja. y la lana de oveja, algunos se mantienen a la crianza de ganado vacuno y la crianza de cerdos, también a la crianza de los ovinos.
- Chiquimula: posee ganado.
- Zacapa: ganado avícola, bovino, caprinos y porcinos.
- Baja Verapaz: ganado vacuno, la crianza de cerdos y de los ovinos.
- El Progreso: ganado avícola, bovino y porcinos.
- Jutiapa: la ganadería, como ganado vacuno y caballar, son dos de sus principales actividades, la carretera Panamericana la atraviesa, destacando la ruta localizada de Asunción Mita.
- Guatemala: ganado vacuno y la crianza de cerdos y a la crianza de los ovinos.

2.4. Protección de fuentes de agua

Una fuente de agua, vertiente, ojo de agua o naciente como se conoce en muchas comunidades campesinas y originarias, es el afloramiento natural de

agua en un punto de las serranías o laderas de una comunidad o microcuenca. La política marco de gestión ambiental tiene como visión para el 2018 es que los diferentes sectores de la población participen en la gestión ambiental y manejo de los recursos naturales (agua y cuencas) y contribuir con ello al desarrollo sostenible.

La Agenda Nacional de Competitividad 2005-2015 sirvió como principio para mejorar la competitividad, donde se contemplan instrumentos legales y normativos del manejo de fuentes de agua e incentivos para no contaminarlos. Además, de la política nacional de seguridad alimentaria y nutricional, que propone asegurar el acceso a servicios básicos como el agua.

Se pueden distinguir dos tipos:

- Fuentes permanentes, las cuales fluyen durante todo el año.
- Fuentes temporales, las cuales se secan en épocas de invierno y otoño (periodo seco).

Las fuentes permanentes y temporales están conectadas a venas de aguas profundas o superficiales que alimentan a los lagos, quebradas, arroyos, riachuelos y ríos que existen las comunidades.

Muchas comunidades ven cómo cada año la disponibilidad y acceso al agua se hacen cada vez más difíciles, se percibe que existe mayor escasez de agua entre los meses de abril a octubre. Manejar, proteger y conservar las fuentes de agua, vertientes, quebradas, riachuelos y ríos, para que estas puedan tener agua disponible, en cantidad y calidad, al menos en una buena parte del año, es ofrecer más oportunidades de mejora económica y social a las comunidades campesinas y originarias.

El manejo, protección y conservación de las fuentes de agua se refiere a un conjunto de prácticas que las comunidades aplican para mejorar las condiciones de uso y aprovechamiento del agua, para reducir o eliminar las posibilidades de contaminación.

Las acciones más importantes para la protección y conservación de las fuentes de agua y de las zonas aledañas son:

- Prácticas en el área de captación de la fuente (microcuencas), con el propósito de aumentar la filtración del agua en el suelo y recargar las fuentes subterráneas (capa freática).
- Prácticas en la fuente de agua (afloramiento o naciente), con el objetivo de mejorar la captación y almacenamiento de agua y eliminar la contaminación local.

Las prácticas que se deben realizar para conservar las fuentes de agua de acuerdo a su ubicación son:

- De la fuente de agua hacia arriba
 - Realizar plantaciones de árboles en las zonas alrededor de las fuentes de agua y en las laderas.
 - Promover la regeneración del entorno natural (cobertura arbórea, arbustiva o pastizales).
 - Planificar el uso adecuado de las parcelas promoviendo la agricultura ecológica (abonos de estiércol y prácticas culturales) y evitando, en lo posible, el uso de fungicidas, herbicidas y fertilizantes químicos.

- Controlar y sancionar, si corresponde, la quema no planificada o que no haya sido acordada en la comunidad.
 - Declarar zonas protegidas a las áreas donde se produce el agua en el ámbito municipal o comunal.
- De la fuente de agua hacia abajo
 - Realizar mediciones frecuentes de las fuentes de agua para conocer su caudal (actividad que debe efectuarse en el periodo seco y de lluvias).
 - Utilizar de mejor manera el agua.
 - No dejar las pilas (piletas) abiertas.
 - Reparar las fugas de las tuberías y cañerías de agua potable, pero también de los canales de riego.
 - No utilizar el agua de consumo humano para regar parcelas.

2.5. Uso sostenible del agua

El agua, como recurso natural renovable, fundamental para la vida humana y para los procesos de producción, ante la contaminación y la sobreexplotación por encima de su capacidad de recarga, se convierte en un recurso escaso.

De aquí nace la importancia de identificar, validar y difundir aquellas formas de captación, almacenamiento, distribución y conservación del agua que contribuyen a su uso racional y que son un factor clave en los procesos de desarrollo rural y manejo de los recursos naturales en los ecosistemas.

2.5.1. Formas de uso del agua

- Consumo doméstico: comprende el consumo de agua en la alimentación, en la limpieza de las viviendas, en el lavado de ropa, la higiene y el aseo personal.
- Consumo público: en la limpieza de las calles de ciudades y pueblos, en las fuentes públicas, ornamentación, riego de parques y jardines, y otros usos de interés comunitario.
- Uso en agricultura y ganadería: en agricultura, para el riego de los campos. En ganadería, como parte de la alimentación de los animales y en la limpieza de los establos y otras instalaciones dedicadas a la cría de ganado.
- El agua en la industria: en las fábricas, en el proceso de fabricación de productos, en los talleres, en la construcción, entre otros.
- El agua, fuente de energía: se aprovecha el agua para producir energía eléctrica (en centrales hidroeléctricas situadas en los embalses de agua).
- El agua, vía de comunicación: desde muy antiguo, el hombre aprendió a construir embarcaciones que le permitieron navegar por las aguas de mares, ríos y lagos.

2.5.2. Abastecimiento del recurso hídrico

De acuerdo con el Programa Conjunto de Monitoreo del Abastecimiento de Agua y Saneamiento de OMS/Unicef, el acceso a los servicios de agua y

saneamiento en Guatemala ha aumentado lentamente en los últimos años. En 1990, el 79 % de la población total tenía acceso a fuentes mejoradas de agua, mientras que en 2004 el 95 % de la población tenía acceso. La cobertura de saneamiento también ha aumentado, pasando de 58 % de la población total con acceso a servicios adecuados de saneamiento en 1990, a 86 % con acceso en el año 2004. El gobierno guatemalteco estima que la población sin acceso a servicios de agua está creciendo a un ritmo de al menos 100 000 personas cada año.

Las normas para establecer prioridades de abastecimiento, las define el Código Civil, y son:

- Abastecimiento de poblaciones y servicios de utilidad pública.
- Abastecimiento de ferrocarriles.
- Riego.
- Canales de navegación.
- Beneficios de café, molinos y otras fábricas, barcas de paso y puentes flotantes.
- Estanques para viveros y criaderos de peces.

2.5.3. Caudal disponible

Las cuencas principales que drenan el área del Corredor Seco de Guatemala son cuatro, tres de estas pertenecen a la vertiente del Atlántico, mientras que solamente una pertenece a la vertiente del golfo de México. Las cuencas principales en el área del Corredor Seco son:

- Motagua
- Chixoy

- Polochic
- Grande de Zacapa

A continuación se muestra el área que cubre cada una de las cuencas, así como su longitud total, además del caudal medio en determinados puntos de control.

Tabla XVIII. **Longitud y caudal medio de las cuencas del Corredor Seco de Guatemala**

Cuenca	Longitud del Río(Km)	Caudal medio (m³/s)
Motagua	486,55	208,7
Chixoy	112,70 (río Salinas, afluente del río Chixoy)	551,0
Polochic	193,65	69,3
Grande de zacapa	86,55	28,5

Fuente: elaboración propia, con datos del Departamento de Investigación y Servicios Hídricos, Insivumeh.

3. ESTUDIO TÉCNICO

3.1. Consumo humano

Estudios realizados por el Instituto Nacional de Estadística (INE) han dado como resultado predicciones con respecto al consumo humano de agua. Se estima que para el 2025 Guatemala poseerá una población de 23,5 millones, es decir 7,4 millones más que en 2015, esto equivale a 4 millones de hogares nuevos.

Según estas predicciones, en la vertiente del Pacífico habrá un número de personas de alrededor de 9,4 millones, 4,5 millones de personas más en la vertiente del Golfo de México, además de 6,1 millones en la vertiente del Caribe.

Según la Encovi 2011, la cobertura de los hogares con servicio de agua para consumo humano con chorro exclusivo y público era del 75,27 %. De acuerdo con este dato se estima que 3,0 millones de personas, especialmente del área rural, no disponen de este servicio de manera adecuada. Los departamentos con menor cobertura son Alta Verapaz, Retalhuleu, Escuintla, Suchitepéquez, Petén e Izabal.

Tomando en cuenta los datos anteriores, se ha estimado que la demanda del vital líquido en hogares será de 2 010 millones de metros cúbicos, distribuyendo el total de la siguiente forma: 57,7 % vertiente del Pacífico, 14,8 % vertiente del Golfo de México y 27,4 % vertiente del mar Caribe

3.1.1. Sustancias para el tratamiento del agua

El agua para consumo humano debe ser garantizada en cantidad y en calidad, dependiendo de las necesidades de cada población. Toda agua obtenida de los ríos necesita tener un tratamiento antes de suministrársela a quienes la van a consumir, porque las precipitaciones traen cantidades significativas de materia sólida, como polvo, bacterias, esporas, y elementos de mayor tamaño.

Por esta razón, es muy importante realizar un tratamiento al agua antes del consumo humano, para evitar que sea una fuente de contaminación. El tratamiento de mayor utilización para este fin es el químico, en el cual se usan sustancias como cloro, dióxido de cloro y ozono, sustancias que se describen a continuación.

El cloro se puede utilizar en forma gaseosa o también como hipoclorito de sodio, el calcio es el más usado de las posibilidades existentes. El cloro es aceptado para la desinfección del agua gracias a tres factores: la capacidad que posee de oxidar sustancias inorgánicas que causan mal sabor, corrosión y deterioro en las líneas de transmisión del agua. Además, posee la capacidad mejorar los procesos de coagulación y floculación en el agua, es barato y seguro.

Tabla XIX. **Propiedades básicas del cloro**

Número atómico	17
Peso atómico	35,453
Símbolo atómico	Cl
Punto de fusión	-101,5 grados centígrados
Punto de ebullición	-34,04 grados centígrados

Fuente: PINO, Fernando. *Características del cloro*. p. 10.

El dióxido de cloro es un gas considerado como levemente inestable, que se puede obtener a partir de mezclar de cloro con clorito sódico. Su ventaja más considerable es que no se ve afectado por el pH, además, aumenta su potencial frente a amebas y enteovirus.

Tabla XX. **Principales propiedades físicas y químicas del dióxido de cloro**

Aspecto y color	Gas entre rojo y amarillo
Olor	Acre
Presión de vapor	101 kilopascales a 20 grados centígrados
Densidad relativa de vapor	2,3
Solubilidad en agua	0,8 g/ 100 ml a 20 grados centígrados
Punto de ebullición	11 grados centígrados
Punto de Fusión	-59 grados centígrados
Peso molecular	67,5

Fuente: Alldos Internacional. *Dióxido de cloro*. p. 20.

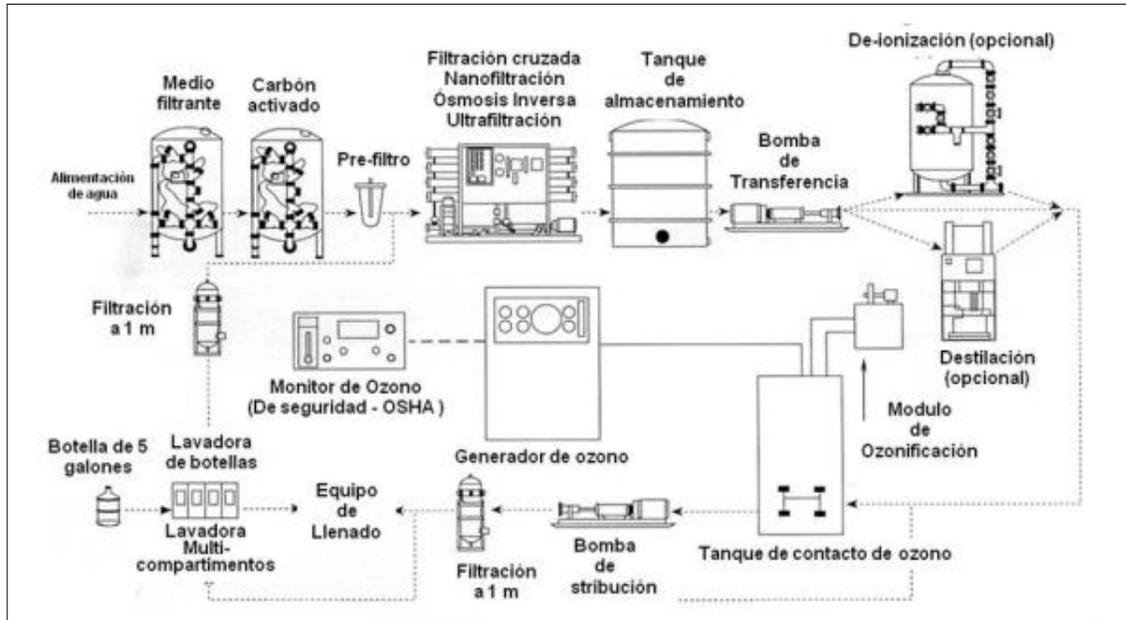
El ozono se puede considerar luego del cloro y del dióxido de cloro. La aplicación de ozono al igual que la del dióxido de cloro, requiere que se realice en el mismo lugar de elaboración debido a su inestabilidad. En la figura 8 se presenta la instalación típica de una planta purificadora de agua.

Tabla XXI. **Propiedades destacables del ozono**

Peso molecular	48
Temperatura de fusión	-192,5 grados centígrados
Temperatura de condensación	-112 grados centígrados
Densidad	1,32
Peso en un litro del gas	1,144 gramos.

Fuente: MÉNDEZ, Ángeles. *Propiedades del ozono*. p. 35.

Figura 8. Instalación típica de una planta purificadora de agua



Fuente: American Water Works Association. *Calidad y tratamiento del agua*. p. 30.

3.1.2. Norma NGO 29001 de Coguanor

La norma Coguanor NGO 29001 tiene como objeto fijar los valores de las características que definen la calidad del agua potable en Guatemala. Esta norma es la que regula y rige la calidad del agua potable. Además, establece los valores permitidos para las características tanto físicas como químicas, y bacteriológicas, para que una determinada fuente de agua se pueda considerar aceptable para el consumo humano o doméstico.

Los términos usados para determinar los valores mencionados anteriormente se describen a continuación:

- Límite máximo aceptable (LMA): se define como el valor de la concentración respecto a cualquier característica hídrica, arriba de este el agua se vuelve rechazable por quien la consume sensorialmente hablando, sin que implique un daño a su salud.
- Límite máximo permisible (LMP): es el valor de la concentración de cualquier de las características hídricas, sobre el cual el agua no es apta para consumo humano. Este valor con frecuencia es menos estricto que el LMA.

Además, esta norma brinda algunas definiciones que deben ser tomadas en cuenta en lo que al consumo de agua respecta:

- Agua potable: aquella que por sus características de calidad, es adecuada para el consumo humano.
- Cloro: es el elemento número 17 de la tabla periódica de los elementos. En condiciones normales de temperatura y presión es un gas verde, poderoso oxidante, dos y media veces más pesado que el aire.
- Características físicas: son aquellas relativas al comportamiento físico del agua que determinan su calidad.
- Características químicas: son aquellas características relativas a sustancias contenidas en el agua que determinan su calidad.
- Características bacteriológicas: son aquellas características relativas a la presencia de bacterias que determinan su calidad.

Para el presente documento se tomará en cuenta solamente el carácter químico del agua.

3.2. Consumo industrial

Hasta el momento no existen estadísticas que puedan brindar datos confiables sobre el uso del agua por el sector industrial. Por lo tanto, basándose en la producción de bebidas gaseosas, jugos y otras, la utilización del agua en este rubro se calcula en 425 millones de metros cúbicos, es decir el 80 % del volumen producido, que podrían aumentar a unos 1 000 en los próximos 25 años, suponiendo que la demanda crece en la misma proporción que la del agua potable. En este sector los costos que se consideran únicamente son los de operación o extracción del agua.²⁴

Es importante hacer la referencia que existen otros usos considerables de agua en la industria, específicamente en el área alimenticia, así como la limpieza de equipo e instalaciones. A pesar de su importancia, los datos no permiten estimar estos volúmenes.

3.2.1. Norma Propuesta Catie

Respecto a la calidad del agua para el uso industrial, en Guatemala aún no se ha establecido una norma, pero existe una que fue propuesta por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (Catie).

El objetivo principal de esta norma propuesta es establecer los criterios de calidad del agua respecto al uso industrial. En cuanto a las normas de consulta usadas para la elaboración de la misma, principalmente se apoyó del Sistema

²⁴ COBOS, Carlos. *El agua: situación actual y necesidades de gestión*. p. 8.

Internacional de Unidades 4010 ICAITI. Esta norma proporciona, además, una definición de agua para la industria.

El agua para la industria es aquella que, según su utilización, debe cumplir con especificaciones propias, en su composición para su uso en diferentes equipos como calderas, intercambiadores de calor, evaluadores, entre otros.

Al igual que para el consumo humano, los valores, así como los límites permisibles y aceptables del agua para el consumo industrial, se tomarán en cuenta respecto al aspecto químico de la misma. Los valores aceptables para la misma se pueden encontrar en la tabla XXII.

3.3. Consumo agrícola

En la República de Guatemala, el ente que se encarga y se responsabiliza de la irrigación es conocido como Plan de Acción para la Modernización y Fomento de la Agricultura Bajo Riego (PLAMAR). En la actualidad, el agua destinada para irrigación (se calcula en aproximadamente 95 %) se obtiene de fuentes superficiales, pero la cantidad de agua superficial destinada al riego está disminuyendo debido a la deforestación, se ha comenzado a utilizar en mayor cantidad el agua subterránea.

En el Plan de Acción para la Modernización y Fomento de la Agricultura Bajo Riego ha estimado que 130 000 hectáreas (aproximadamente 5 % de todo el potencial) están siendo irrigadas y se calcula que aproximadamente otros dos millones de hectáreas cuentan con potencial para ser irrigadas. No existe un aparato de medición en los sistemas de riego, pero un nuevo proyecto japonés de instalar medidores de agua en los sistemas de irrigación propiedad del gobierno está siendo implementado. Entre los cultivos primarios que se

someten a irrigación se encuentran: bananos, caña de azúcar y café. A continuación se presentan los datos de fincas agropecuarias, las cuales aplican riego.²⁵

Tabla XXII. **Fincas agropecuarias que aplican riego**

Departamentos	Número de fincas	Hectáreas
Guatemala	3 366	5 317
El progreso	1 773	3 342
Chimaltenango	2 743	3 531
Totonicapán	346	66
Huehuetenango	9 944	3 889
Quiché	5 376	2 201
Baja Verapaz	3 136	3 809
Zacapa	1 781	20 699
Chiquimula	1 798	2 757
Jalapa	1 512	3 326
Jutiapa	1 214	4 472

Fuente: Instituto Nacional de Estadística. *Censo Nacional Agropecuario 2003*. p. 79.

3.3.1. Desarrollo de riego y drenajes

En 2013, el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación de Guatemala elaboró la política de promoción del riego del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación 2013-2023, la cual se encuentra alineada al Pacto Hambre Cero y a la meta de reducir la desnutrición y, por ende, la pobreza en el campo guatemalteco, específicamente en el denominado Corredor Seco.

²⁵ LOPEZ, Manuel. *Estudio de factibilidad para la implementación de un sistema de riego tipo bombeo por microaspersión, en el municipio de Santa Bárbara, departamento de Suchitepéquez*. p. 1.

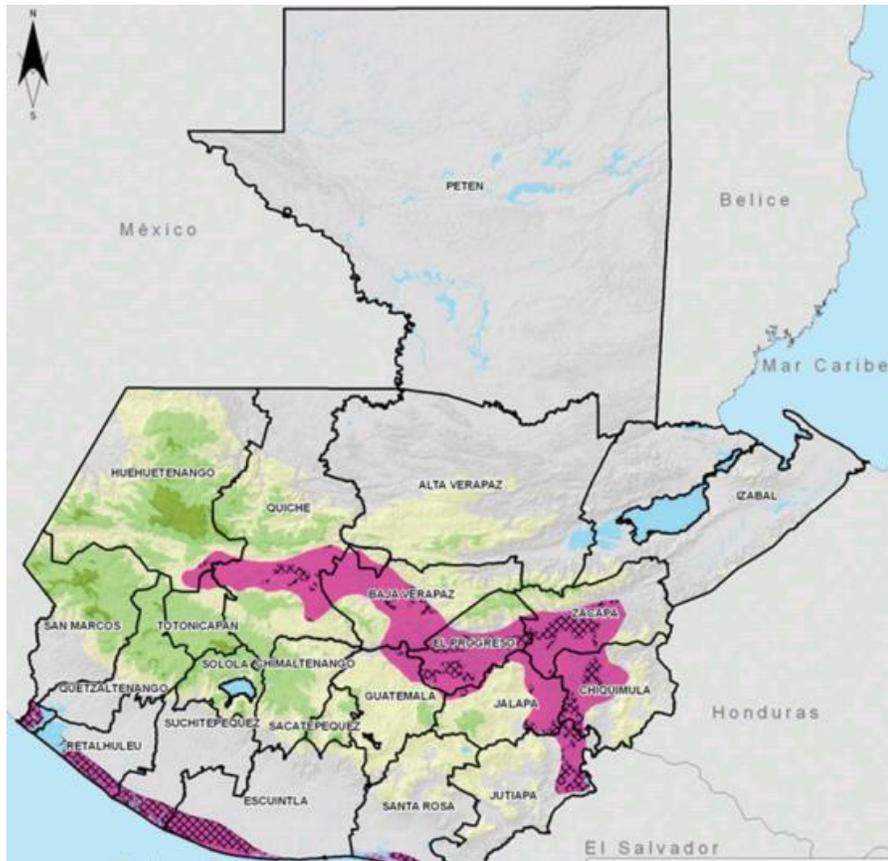
Esta política marca un hito y establece las estrategias necesarias para desarrollar el riego en Guatemala e impactar de tal manera que la agricultura pueda generar nuevas oportunidades que mejoren la producción de alimentos, fibras y otros insumos para la industria.

Se calcula que Guatemala posee 3,7 millones de hectáreas en superficie con un gran potencial para la agricultura y, considerando que el maíz y el frijol se cultivan en poco más de un millón de hectáreas, la mayoría de estas sin riego, la producción depende del régimen de lluvias.

Paralelamente, en las áreas con menor déficit de lluvia, el cultivo de palma africana bajo riego sustituye a estos granos básicos, que son la base alimentaria del país.

Guatemala posee un gran potencial de riego, ya que en la actualidad solo el 29 % de las áreas agrícolas denominadas con muy alta y alta necesidad de riego cuentan con agua. En 2014, la promoción del riego se delimitaba primordialmente en incrementar determinada área bajo riego y en construir infraestructura dedicada a la misma.

Figura 9. **Regiones del país con muy alta necesidad de riego**



Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.

Tabla XXIII. **Tierras de vocación agrícola dentro de la región de muy alta necesidad de riego**

Departamento	Superficie	
	Hectáreas	Porcentaje
Baja Verapaz	5 633	0,61
Chiquimula	17 729	1,91
El Progreso	29 318	3,16
Escuintla	43 968	4,73
Guatemala	687	0,07
Huehuetenango	894	0,10
Jalapa	6 333	0,68
Jutiapa	18 993	2,04
Quetzaltenango	35	0,00
Quiché	9 915	1,07
Retalhuleu	27 102	2,92
San Marcos	12 769	1,37
Santa Rosa	10 518	1,13
Suchitepéquez	22 904	2,47
Zacapa	29 445	3,17
Total	236 243	25,43

Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.

3.3.1.1. Riego estatal

Son aquellos a los que financia, ejecuta, opera y mantiene el Estado. En cuanto a la infraestructura de las unidades de riego estatales, estas consisten generalmente de una presa derivadora que se mantiene fija, de varios canales principales y de otros secundarios, generalmente de hormigón. En algunos casos se bombea agua para alcanzar los terrenos que se encuentran más altos que el punto de la derivación.

La participación del Estado de Guatemala en las actividades de riego se remonta a 1957, con la creación del Departamento de Recursos Hidráulicos (DRH) del Ministerio de Agricultura, el cual se encargaba de hacer y llevar a

cabo proyectos relacionados con el riego. Luego, en 1970 se creó la Dirección General de Servicios Agrícolas (Digesa) y posteriormente, en 1981, se la Dirección de Riego y Avenamiento (Dirya), los cuales eran los principales responsable de los recursos agua en el país, además de las actividades destinadas al riego y drenaje.

Posteriormente, en 1994 se organiza el Plan de Acción para la Modernización y Fomento de la Agricultura Bajo Riego (Plamar), con el principal objetivo del desarrollo y ejecución del proceso de transferencia de las unidades de riego, que en ese entonces eran públicas, a las organizaciones de usuarios y de apoyar el fomento de la producción agrícola bajo riego.

La inversión del gobierno respecto al recurso hídrico se ha ido limitando al sector doméstico, pues tanto el sector de riego, que es el que interesa en este trabajo de graduación, como la hidroelectricidad, se han delegado a la iniciativa privada.

A continuación se presentan los datos obtenidos respecto a la inversión del gobierno al sector de riego, calculada en el 2000, y la proyectada al 2025, asumiendo que el sector privado agrega 300 000 hectáreas susceptibles a riego.

Tabla XXIV. **Inversión del gobierno**

Año	Inversión en millones de dólares.		
	Cantidad	Porcentaje de préstamos	Porcentaje de recursos locales
2000	4	100 %	-
2025	375	31 %	69 %

Fuente: Universidad Rafael Landívar. *Estado actual de los recursos hídricos de Guatemala.*

p. 20.

3.3.1.2. Riego privado

El sector privado irriga un aproximado de 80 000 hectáreas destinadas específicamente a las plantaciones de bananos, caña de azúcar y heno. Mientras que el gobierno irriga aproximadamente 20 000 hectáreas para vegetales, fresas y melones. Existen muchas plantaciones de caña de azúcar en el sector sur del país. Numerosos dueños de estas plantaciones desvían el curso de los ríos para usarlos, dejando a la población aguas abajo sin suficiente agua.²⁶

La mayoría de los esfuerzos respecto riego empresarial o riego privado están dedicados a los cultivos agroindustriales o de exportación, como caña de azúcar, palma africana y banano. Estos se ubican principalmente en la costa sur y en el noreste del país. Se estima que para el 2012 esta modalidad de riego abarcó alrededor de 290 000 hectáreas.

Del riego existente, el 86 % corresponde a riego empresarial de gran escala, orientado básicamente al cultivo de caña, banano, palma africana, mango y melón. Los otros tipos de riego tan solo ocupan 19 393 ha bajo la modalidad de riego artesanal; 18 032 ha bajo la modalidad del miniriego y 10 046 son unidades de riego construidas por el Estado. Estas últimas subutilizan el 34 % del área diseñada originalmente, debido a esquemas inadecuados de administración, al mal estado de la infraestructura y al avance de la urbanización desordenada.

En cuanto a la cantidad de dinero que invierte el sector privado respecto al riego en general, se carece de información al respecto, debido a la poca accesibilidad que proporciona este sector a datos relevantes como estos.

²⁶ Superintendencia de Bancos. *Sector azucarero, análisis de sectores económicos*. p. 1.

3.3.1.3. Miniriego

“En 1980 se inició la construcción de sistemas de miniriego logrando hasta 1996 apoyar la construcción de 456 sistemas de miniriego que cubren alrededor de 4042 hectáreas. El MAGA a través de Dirya-Plamar en 1995, inició la formulación y diseño.”²⁷

Los sistemas de miniriego se pueden considerar como sistemas en pequeña escala, debido a que cada uno abarca en promedio 10 hectáreas. Este tipo de modalidad fue promovido por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación desde principios de los años 80, con el apoyo respectivo tanto técnico y financiero de la Agencia Internacional para el Desarrollo del Gobierno de los Estados Unidos (Usaid, por sus siglas en inglés).

El desarrollo de este tipo de riego se concentró principalmente en el altiplano del centro y occidente del país, y fue financiado en su mayoría a través de un programa de crédito, por lo que la mayoría de estos sistemas son de carácter privado colectivo. La tecnología que predomina es el denominado riego por gravedad-aspersión.

Los primeros proyectos del sistema de miniriego fueron diseñados basándose en el modelo propuesto por Usaid, pero, a partir y luego de la década de los 90 diversas agencias de cooperación y ONG nacionales e internacionales desarrollaron sistemas de miniriego con conceptos distintos a los elaborados primero. Se estima que el riego bajo esta modalidad cubre actualmente un área aproximada de 18 032 hectáreas.

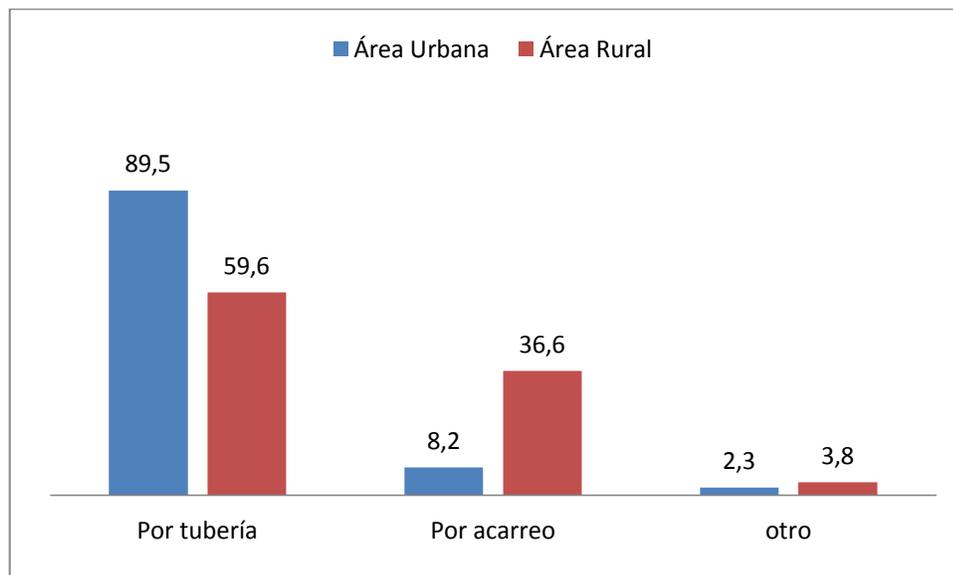
²⁷ MAGA. *Plan de acción para la modernización y fomento de la agricultura bajo riego*. p. 2.

3.4. Consumos públicos

En los censos realizados en la República de Guatemala, la categoría que ha predominado en cuanto a la disponibilidad de servicios de agua para los hogares se refiere, ha sido, por mucho, el acceso por tubería, ya sea dentro o fuera de las viviendas. Según el último censo poblacional de 2002, el 74,6 % de los hogares poseen acceso al agua por medio de tubería, mientras que el 22,4 % la obtiene por acarreo.

A continuación, en la figura 10, se presenta la gráfica de distribución de hogares por área urbana y rural y su servicio de agua.

Figura 10. **Distribución porcentual de hogares en locales de habitación particulares por área urbana y rural, según servicio de agua**



Fuente: INE. *XI Censo de población y VI de vivienda 2002*. p. 33.

- Categorías de usuarios de agua en Guatemala

En la actualidad, los consumidores de agua en Guatemala se clasifican en dos categorías principales, las cuales a su vez se dividen en subcategorías, todo esto se presentan en la tabla XXV.

Tabla XXV. **Categorías de usuarios en el país**

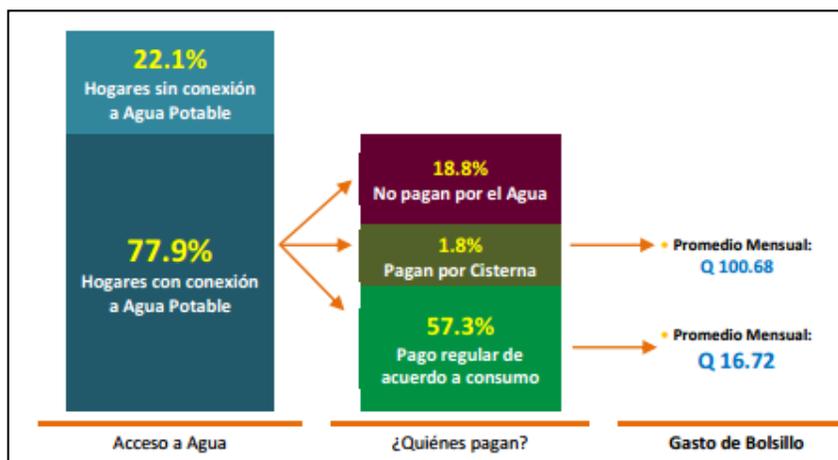
	Residenciales	No residenciales
República de Guatemala	1)Domiciliar: hogares negocios. 2)En bloque áreas precarias y públicas. 3)Llena cántaros.	1)Instituciones públicas y empresas privadas de servicios públicos.

Fuente: SERRANO, Pedro. *Las tarifas de agua potable y saneamiento: mitos y realidades.*

p. 26.

Del total de hogares en el país, aproximadamente un 78 % cuenta con conexión de agua potable, de estos, alrededor de una quinta parte no paga por el agua que usa. Del resto, se calcula que existe un 1,8 % de usuarios que además del agua potable, complementan el consumo pagando por una cisterna y el 57,3 % restante paga solamente de acuerdo a la facturación normal.

Figura 11. **Desembolso de personas particulares y porcentaje de usuarios con acceso a agua**



Fuente: Fundesa. *Boletín uso del agua en Guatemala*. p. 1.

3.5. Cambio climático y seguridad hídrica

La seguridad hídrica se puede definir como la disponibilidad de agua en forma confiable con la que se cuenta, tanto en cantidad y calidad. Esta debe ser aceptable para la salud, los medios de vida y producción, todo esto junto a un nivel aceptable de riesgos que puedan estar asociados al agua.

Estudios realizados por distintas instituciones a nivel mundial revelan que la temperatura media en la superficie de la tierra ha aumentado en 0,89 °C desde 1901 a 2012. Las últimas tres décadas se ha detectado que han sido las más calientes, en comparación a todas las décadas tomando en cuenta desde 1850. Además, se han podido observar cambios en la mayoría de los eventos climáticos denominados extremos desde los años de 50. A consecuencia de esto se ha producido un aumento en el número de días más calientes y un recorte en la cantidad de días más fríos.²⁸

²⁸ FERRERAS TOMÉ, Josechu. *Avances, V informe IPCC*. p. 19.

El trabajo del gobierno, en cuanto a materia de política ambiental, comenzó a observarse concreta y específicamente el 27 de junio de 2008, cuando se emitió la resolución ministerial 052-2008, por medio de la cual el MARN resolvió:

- Derogar el Plan Estratégico Institucional, aprobado mediante resolución ministerial 05-2008 del 11 de enero de 2008.
- Aprobar el Plan Estratégico Institucional (PEI 2008-2012).
- Instruir al director general de políticas y estrategias ambientales para que se encargue de socializar el PEI a todo el personal del MARN y para que implemente los procedimientos de seguimiento, control y evaluación del avance del PEI.

Guatemala no se queda exenta de contribuir con el cambio climático que afecta a todo el mundo, algunos datos para respaldar esa afirmación se presentan a continuación. Todos estos datos fueron obtenidos gracias al Instituto de Agricultura, Ambiente y Recursos Naturales:

- Guatemala emite una tonelada de dióxido de carbono per cápita, esto debido a la quema de combustible y procesos industriales.
- El país en conjunto emite 12 megatoneladas de dióxido de carbono debido a los mismos procesos.
- Por pérdida de bosques, se han emitido en el país 25 megatoneladas de dióxido de carbono en los últimos 15 años.
- La producción total de residuos sólidos de Guatemala es de 112,9 millones de toneladas al año (2014).
- En 2014, Guatemala reutilizó 17 millones de toneladas de residuos sólidos.

- 40 % de la producción de residuos sólidos vienen dados por las actividades económicas del país.
- 64,7 % de los residuos son de origen vegetal y animal.

Tanto la Organización Meteorológica Mundial (OMM) como la Asociación Mundial para el Agua (GWP) establecieron el Programa de Gestión Integrada de la Sequía, en marzo de 2013 en la reunión de alto nivel sobre políticas nacionales de sequía. A raíz de esto, se propuso una gestión tanto de crisis como de riesgo, tomando en cuenta el enfoque tradicional de las mismas.

Figura 12. **Ciclos de gestión de riesgos gestión de crisis ante el cambio climático**



Fuente: GWP. *Seguridad hídrica: esencial para la resiliencia al clima*. p. 59.

3.5.1. Sequía e inundaciones

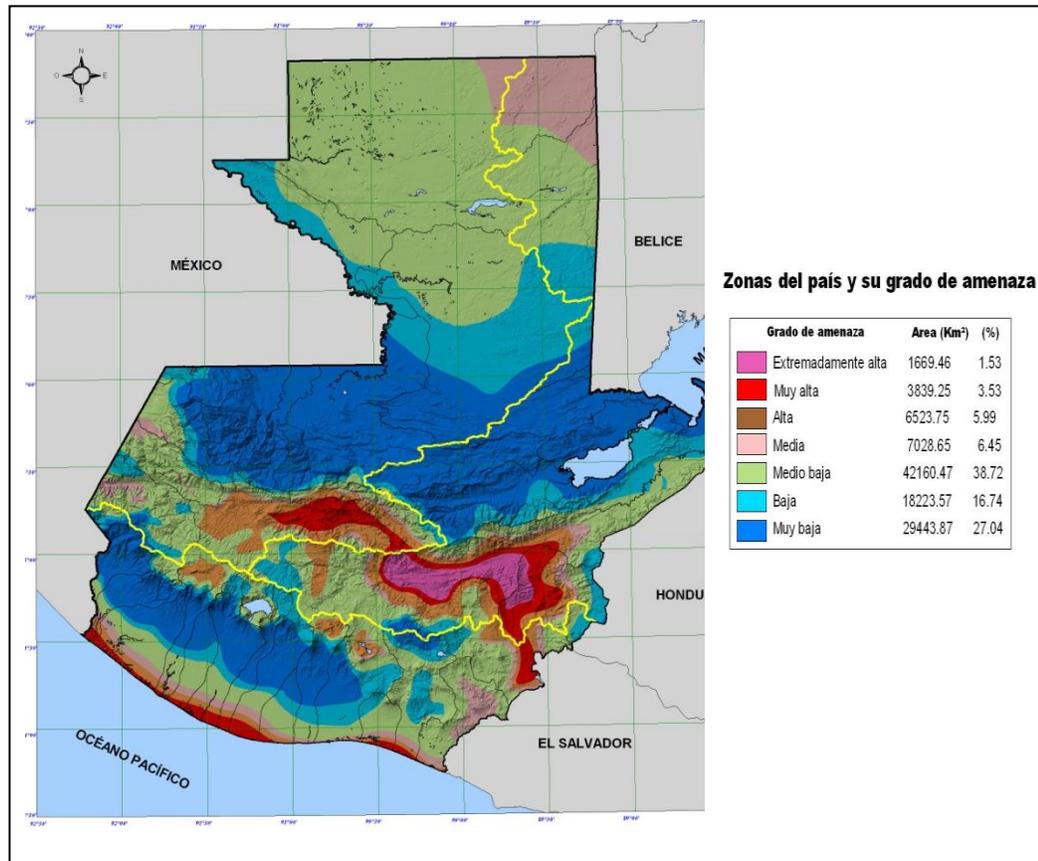
- Sequías

Según el informe GEO Guatemala, el 12 % del territorio está amenazado en menor o mayor grado por eventos de sequía, principalmente en el denominado Corredor Seco. La superficie del territorio guatemalteco considerada de alta o mediana susceptibilidad a sequías se puede calcular en aproximadamente 45,4 %.

Una de las principales características de las zonas consideradas de extremadamente alta y muy alta amenaza, es el rango anual de precipitaciones que pueden llegar a recibir, ya que este oscila entre los 470 a los 600 mm por año en el primer caso y desde 600 a 800 mm por año en el segundo.

Esta característica, agregado a que no se encuentra en las regiones con mayor percepción de las lluvias provenientes del océano, provoca que la población rural que vive en estas regiones sea vulnerable a cualquier irregularidad climática, como una anomalía en la distribución de las lluvias, ya que es muy delgado el margen de maniobra para la producción agrícola. A continuación se presenta el mapa de amenaza por sequía.

Figura 13. **Mapa de amenaza por sequía, República de Guatemala**



Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA).

- **Inundaciones**

Se consideran como fenómenos recurrentes que, como se ha visto históricamente y gracias a análisis y estudios realizados por el MAGA sobre los puntos de inundación registrados por Conred durante 1996 al 2000, se establecen como los eventos naturales más frecuentes en el territorio guatemalteco. La zona del país más propensa a las inundaciones es la vertiente del Pacífico, a consecuencia de su mayor densidad poblacional, sus condiciones topográficas, con cuencas de respuesta rápida (corto recorrido y

fueres pendientes), y una alta precipitación en las partes más altas, específicamente durante meses del año.

Otras zonas consideradas como susceptibles a inundaciones son las cuencas del río Polochic y del río Motagua. En las cuencas que drenan al Golfo de México (zona de Petén) se producen grandes inundaciones, pero la baja densidad de población disminuye el efecto negativo de las mismas. A continuación se presentan cifras en referencia a la población vulnerable a causa de las inundaciones.

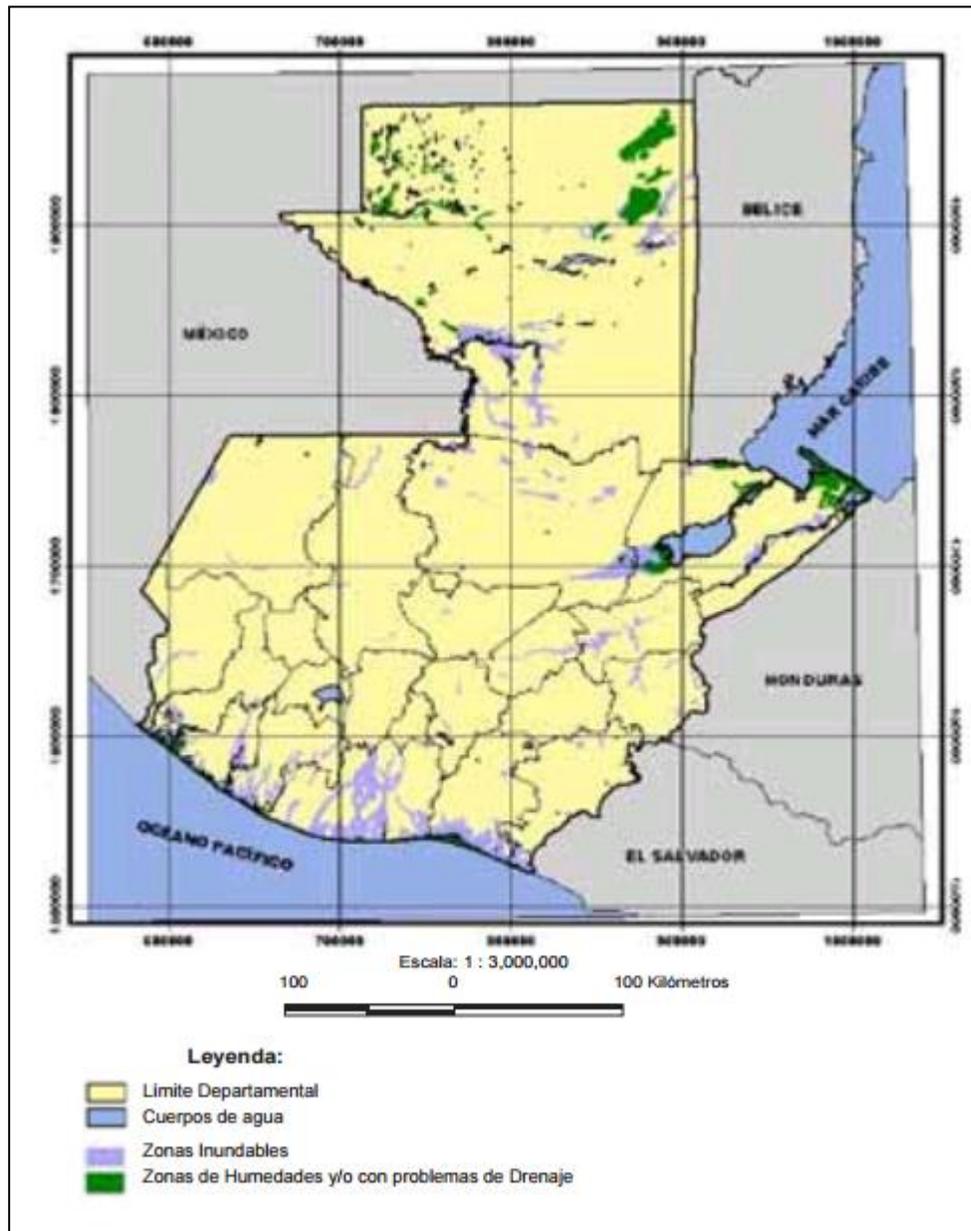
Tabla XXVI. **Población vulnerable a las inundaciones en el Corredor Seco de Guatemala**

Departamento	Poblados en el buffer de inundación	Número de habitantes vulnerables
El Progreso	45	8 144
Jalapa	-	-
Jutiapa	78	7 625
Zacapa	99	21 585
Chiquimula	47	10 948
Huehuetenango	40	3 654
Quiché	31	5 498
Totonicapán	-	-
Chimaltenango	-	-
Baja Verapaz	5	463
Guatemala	34	6 015

Fuente: URL. *Amenazas al ambiente y vulnerabilidad social en Guatemala*. p. 31.

Se estima que en el país existen 3 055 poblados en riesgo de inundación, donde habitan más de dos millones de personas. En el 2010, las mayores pérdidas se debieron a las inundaciones permanentes durante la temporada normal de lluvias, después de Ágatha. Esto fue ocasionado por la disminución de la capacidad de infiltración de los suelos, el desvío de ríos y la saturación causada por la tormenta. Esta situación generó una condición particular, de tal manera que lluvias ligeras provocaban inundaciones en las partes bajas.

Figura 14. **Mapa de zonas inundables, humedales o con problema de drenajes**



Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA).

3.6. Marco legal e institucional del uso hídrico del Corredor Seco de Guatemala

- Marco legal

El agua, en su calidad de elemento abiótico, se introduce al ámbito legal nacional gracias a la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente (1987) cuya aplicación corresponde al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). Como uno de los principales elementos principales de regulación de esta ley, le aplica todo el sistema ahí especificado (medidas preventivas, correctivas y prohibitivas).

La principal herramienta legal y administrativa del estudio de impacto ambiental se considera un recurso importante del gobierno para fortalecer el régimen legal de las aguas, en materia de protección y recuperación del recurso, la cual está contemplada en la Ley.

La Ley de Áreas Protegidas (1989), cuya aplicación corresponde al Consejo Nacional de Áreas Protegidas (Conap), aborda de forma genérica las aguas como parte de procesos ecológicos esenciales y sistemas naturales vitales. El artículo 13 de esta ley establece como programa prioritario el subsistema de conservación de bosques pluviales.

En general, se puede afirmar que los ecosistemas vitales contenidos en las diferentes áreas protegidas y las categorías de manejo contempladas por el reglamento de la ley incluyen el agua. Antecedentes normativos de protección de las fuentes de agua, se encuentran en las leyes forestales (1925, 1945, 1974) y agrarias (1962).

Desde el punto de vista de la economía, el agua es incorporada en el ámbito jurídico nacional desde sus inicios. Normas constitucionales definen los tipos de propiedad y uso de las aguas, clasificándolas en públicas y privadas (1821, 1824, 1825, 1835, 1945, 1956, 1965); normas civiles regulan el ejercicio del dominio y sus limitaciones (1933); y criterios económicos del uso eficiente introducen en las leyes agrarias de 1923, 1935, 1953 y 1962.

- Legislación vigente

En Guatemala no existe una ley general sobre el agua y con anterioridad, desde hace aproximadamente 50 años, se vienen presentando diferentes proyectos de ley, los cuales no han tenido mucho impacto en el proceso legislativo, debido a los intereses de los diferentes sectores involucrados, lo cual se traduce en poco interés a nivel político de dar respaldo y vigencia a iniciativas de este tipo.

Las normas vigentes en materia de dominio, propiedad y limitaciones del agua están contenidas en la Constitución, códigos civiles, Ley de Expropiación, leyes especiales de servidumbres, Ley de Protección del Medio Ambiente, Ley de Áreas Protegidas, Código de Salud y diversas leyes administrativas.

- Proyecto de iniciativa de Ley General de Aguas

Indica la investigación que, ante el proceso de calentamiento global, todos los países deberían de integrarse para coordinar y ejecutar acciones urgentes para prevenir que los sistemas hídricos del mundo se sigan deteriorando. Apunta que el Congreso de la República tiene la obligación de legislar el uso del agua, principalmente para consumo humano. Los recursos hídricos son bienes

de dominio público y tienen carácter estratégico en el desarrollo social, económico y ambiental del país.

Considera que la Universidad de San Carlos de Guatemala, quien tiene la facultad constitucional para presentar iniciativas de ley debería de realizar el esfuerzo y socializar el proyecto de iniciativa de Ley General de Aguas, y lograr que sea conocida y aprobada por el Congreso de la República y publicada por el Ejecutivo.

Las normas para establecer prioridades de abastecimiento, las define el Código Civil, y son:

- Abastecimiento de poblaciones y servicios de utilidad pública.
 - Abastecimiento de ferrocarriles.
 - Riego.
 - Canales de navegación.
 - Beneficios de café, molinos y otras fábricas, barcas de paso y puentes flotantes.
 - Estanques para viveros y criaderos de peces.
- Marco institucional

Se conoce que, históricamente, la administración del agua se ha establecido de forma sectorial y con base en la división política y administrativa a través de la cual el país se rige, no tomando en cuenta el concepto de cuencas ni tampoco los otros usos que pudiera tener el recurso. De 1991 a 1998 existió la Secretaría de Recursos Hidráulicos, una dependencia de la Presidencia, la cual tuvo por misión ordenar, planificar y delimitar el sector de

los recursos hídricos y hacer la Ley de Aguas. La institución preparó varias propuestas de ley que no fueron aprobadas por el Congreso de la República. Fue precisamente la falta de apoyo en un marco legal y no lograr la aprobación de la ley, por lo que fue disuelta.

Por su parte, el MAGA tiene a su cargo la política de riego. Es importante mencionar que antes del 2001 era el MAGA el rector de los recursos naturales. El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS) tiene a su cargo la política de agua potable y saneamiento, el ejecutor de esta política es Infom. El Ministerio de Energía y Minas, por su parte, es el encargado de la política energética y de la explotación minera, que afectan el tema de hidroelectricidad, la primera, y la extracción de agregados para la construcción de los cauces de los ríos, la segunda.

El MARN tiene a su cargo la elaboración de las políticas de recursos naturales, incluyendo el recurso hídrico y la legislación respectiva. La reciente creación de este Ministerio y la diversidad de problemas ambientales ha relegado la oficialización de una política hídrica. Aunque el Ministerio tiene representación en los diferentes municipios del país, es para todos los temas que maneja el MARN y no exclusivamente para el agua.

Adicionalmente, no todos los representantes tienen todo el conocimiento del tema, y como no se han definido los lineamientos (política) es difícil determinar qué tan efectivos son. A la fecha, la falta de una política nacional sobre el tema de recursos hídricos hace difícil la armonización de las políticas sectoriales. En este sentido el MARN organizó el Foro Intergubernamental del Agua.

Tabla XXVII. **Traslapes institucionales en el tema del agua**

Institución	Políticas	Planificación	Investigación	Normativos	Conservación
MARN	X	X		X	X
MAGA	X	X		X	
MSPAS	X			X	
MEM	X	X		X	
Insivumeh			X		
Infom	X	X		X	
INDE					
Conap	X			X	X
Fondos sociales					
Empagua					
USAC			X		X
UVG			X		X
URL			X		X
ONG ambientales			X		X
Municipalidades			X		

Fuente: URL. *Perfil ambiental de Guatemala*. p. 45.

3.6.1. Caracterización del recurso hídrico en el Corredor Seco de Guatemala

- Factores geofísicos

El Corredor Seco de Guatemala es el área del país en donde se presenta el fenómeno de déficit de lluvia de forma cíclica, causado por una distribución anormal de la precipitación en el período de lluvia.

Tanto las autoridades, los medios y toda la población guatemalteca conoce como Corredor Seco a los departamentos de El Progreso, Jalapa, Jutiapa, Zacapa, Chiquimula, Huehuetenango, Quiché, Totonicapán, Chimaltenango, Baja Verapaz y Guatemala. Este nombre se le dio a esta zona en específico debido a que en estos departamentos las precipitaciones suelen

ser escasas. Dicha situación se puede observar con mayor fuerza durante los períodos de sequía, así como otros trastornos climáticos que afectan al país.

La superficie aproximada total de las zonas en el país con media y alta susceptibilidad a sequía es de 49 430 kilómetros cuadrados, equivalente al 45,45 % del territorio nacional. Por su orografía, el país se divide en tres vertientes de escurrimiento superficial: la del Pacífico, la del Atlántico o Caribe y la del Golfo de México. El clima seco comúnmente se divide en clima semiárido, es el caso del Corredor Seco.

En la siguiente tabla se enumerarán las cuencas y los ríos que atraviesan el Corredor Seco, con la respectiva longitud que cubren dentro del Corredor Seco.

Tabla XXVIII. **Kilómetros lineales de cuencas y ríos**

Cuenca/río	Longitud (Km)
Samalá	145,00
Madre Vieja	125,50
Coyolate	154,95
María Linda	70,10
Paz	133,80
Grande de Zacapa	86,55
Motagua	486,55
Polochic	193,65
Salinas	112,70

Fuente: Insivumeh. Departamento de investigación y servicios hídricos.

3.6.2. Oferta hídrica en el Corredor Seco de Guatemala

Se encuentra constituida por la cantidad de agua disponible para ser utilizada por los diferentes usuarios. Recientemente, se está utilizando el

término capital hídrico para definir el volumen de agua que tiene un país o región para ser utilizado en su proceso de desarrollo.

El excedente disponible u oferta excedente considerará la oferta hídrica neta menos el consumo de los otros usos domésticos (agrícolas, industriales y generación eléctrica).

En la actualidad, el conocimiento del recurso es limitado, ya que la mayoría de las estaciones que conformaban la red hidrometeorológica nacional, manejada principalmente por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (Insivumeh) y, en menor grado, por el Instituto Nacional de Electrificación (INDE), han operado irregularmente desde el principio de la década de los años 80.

Tabla XXIX. **Área y caudal medio de las cuencas que drenan el Corredor Seco**

Cuenca	Área (km²)	Caudal medio (m³/s)
Motagua	12 670	208,7
Chixoy	12 150	551,0
Polochic	2 811	69,3
Grande de Zacapa	2 462	28,5

Fuente: Insivumeh. Departamento de investigación y servicios hídricos.

- Agua potable en el Corredor Seco de Guatemala

En lo referente a la información de los diferentes usos que se le dan al recurso, en la mayoría de los casos no se cuenta con estadísticas actualizadas, por lo que se recurre a estimaciones gruesas en los usos más importantes del agua.

Tabla XXX. **Porcentaje de cobertura del agua potable en el Corredor Seco de Guatemala**

Agua potable	Conexión (%)	Fácil acceso (%)	Sin conexión (%)
Urbana	87,34	11,42	1,24
Rural	47,91	22,39	29,70
Total	61,71	18,55	19,74

Fuente: INE. *XI censo de población y vi de vivienda, 2002*. p. 40.

3.6.3. Salud y ambiente

La pobreza está estrechamente relacionada con el acceso a servicios. Históricamente han existido varios proyectos para mejorar la cobertura de agua potable. Sin embargo, en Guatemala sigue, según cifras oficiales, demasiado rezagada y prácticamente solo se está cubriendo el crecimiento poblacional. El cólera se ha incrementado en el país en los últimos cinco años después de haber sido erradicado totalmente.

A nivel nacional, en 2014 las enfermedades diarreicas fueron la segunda causa de morbilidad (49,1/1 000) y la segunda causa de mortalidad (4,8/10 000), solo superadas por infecciones respiratorias o neumonías. A nivel infantil, la mortalidad fue de un 54 % del total de muertes por diarrea con un promedio de cinco muertes de niños menores de un año por día.

- Ambiente

No existe una política ni incentivos para hacer un uso eficiente del agua, hay una tendencia al desperdicio. Existe aún la tendencia de extender la frontera agrícola destruyendo cobertura forestal. Según la Primera Comunicación Nacional de Cambio Climático de 1980 a 1990, se estima una

destrucción boscosa de 56 675 hectáreas por año para convertirlas en zonas ganaderas y zonas agrícolas.

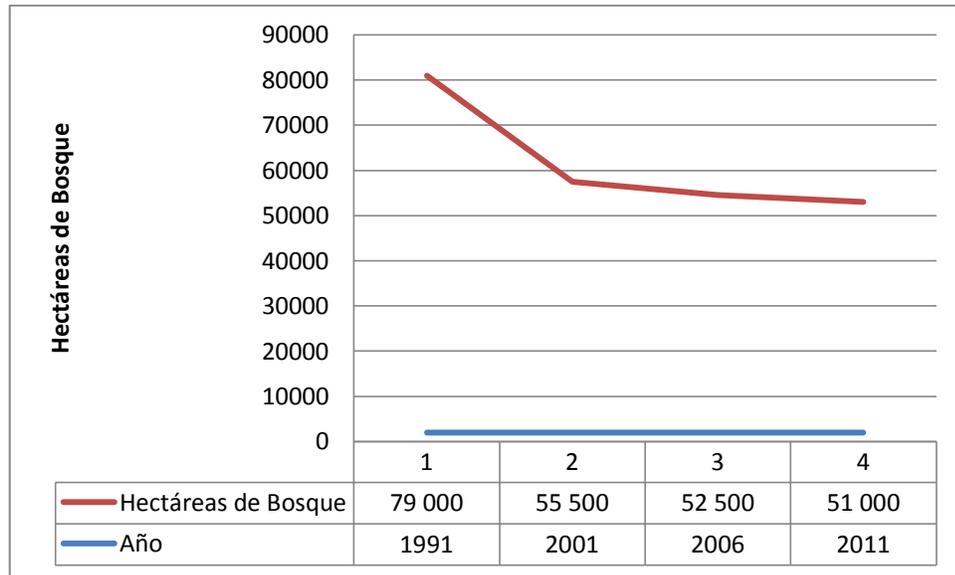
La susceptibilidad a erosión del país es relativamente alta, considerando las fuertes pendientes y la alta intensidad de lluvia. La pobreza obliga a que las zonas de alta pendiente sean desprovistas de la cobertura forestal o natural existente, normalmente para desarrollar cultivos limpios como maíz y frijol.

En zonas propensas a alta erosividad, y que no cuentan con técnicas de cultivo apropiadas, se genera una pérdida de suelo que hace más improductivas las parcelas cada año, requiriendo más fertilizantes (mayor contaminación y mayor costo de producción) y empobreciendo aún más a los propietarios de la tierra.

Uno de los grandes retos de la protección será romper este círculo vicioso. En 1987 se estimó que el volumen de pérdida de suelos anual por erosión era de 1 416,74 toneladas por kilómetro cuadrado.

La erosión adicionalmente genera material que una vez sedimentado en las partes planas de las cuencas incrementa el riesgo a inundaciones, al reducir la capacidad hidráulica de los ríos.

Tabla XXXI. Cobertura forestal en el Corredor Seco de 1991 a 2011



Fuente: PNUD. *Evaluación del bienestar humano y ambiente en el Corredor Seco de Guatemala*. p. 58.

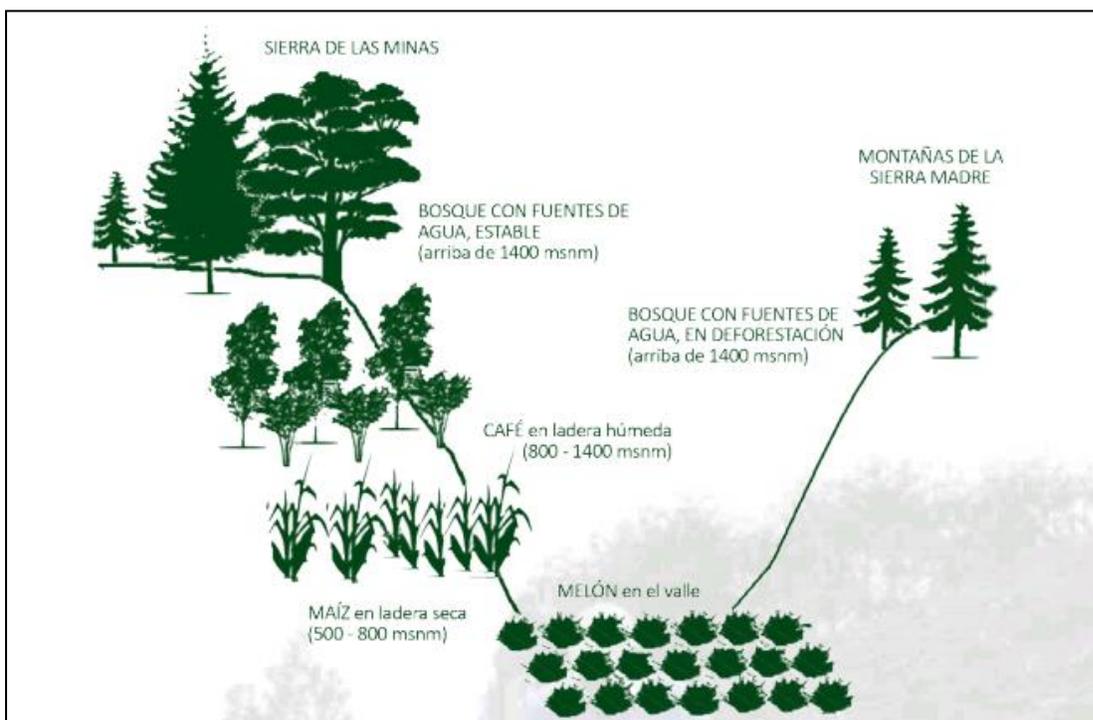
- Circuitos productivos del Corredor Seco de Guatemala.

En la actualidad, en las partes bajas del valle del Motagua, a unos 300 msnm, se puede encontrar la denominada zona productiva de melón destinado a la exportación, además de los principales núcleos urbanos, cuya economía gira alrededor de la agroexportación, el comercio y la industria. Los niveles de pobreza en esta región se consideran como bajos. La población posee un alto acceso a servicios públicos y oportunidades de desarrollo que se reflejan en índices de desarrollo humano arriba de la media nacional.

Entre los 300 y 800 msnm, se encuentra la ladera seca, también llamada tierra de suelos marginales, donde la población más pobre del sitio de estudio siembra granos básicos de subsistencia (maíz y frijol).

Debido a la escasez de agua y a los conflictos directos que ocasiona su uso para consumo humano, agroexportación y agricultura de subsistencia, la población que depende de esta última presenta altos grados de vulnerabilidad alimentaria.

Figura 15. **Esquema de los sistemas agrícolas y naturales en la mayoría del Corredor Seco de Guatemala**



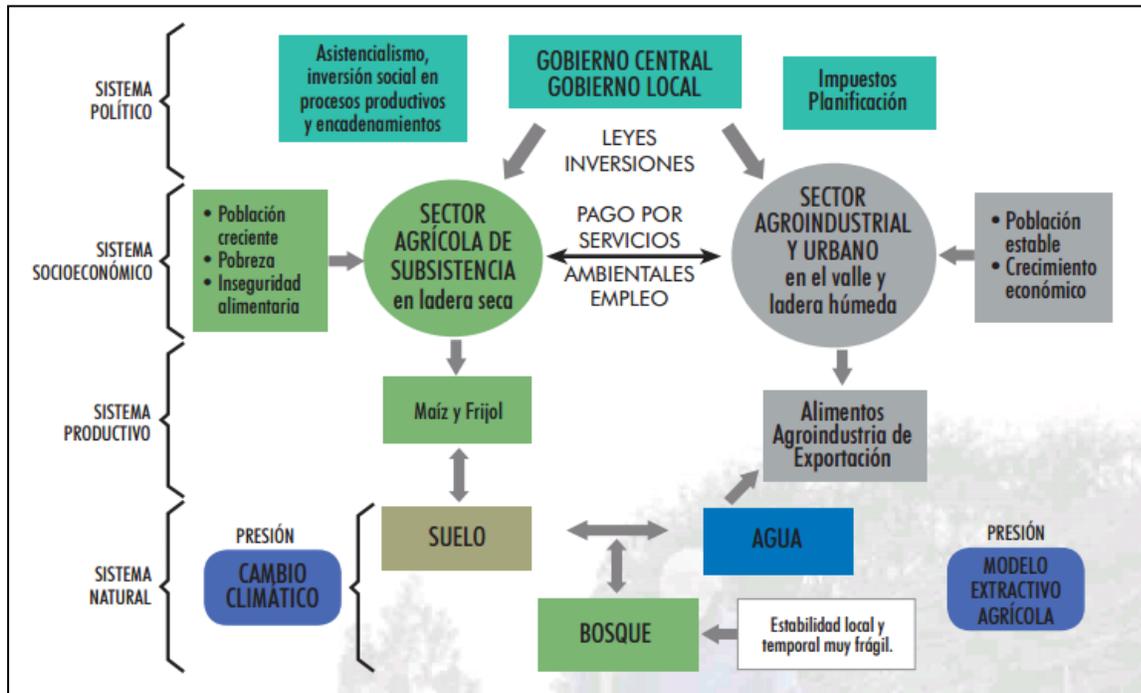
Fuente: PNUD. *Evaluación del bienestar humano y ambiente en el Corredor Seco de Guatemala*. p. 150.

- Sistemas que se interrelacionan en el Corredor Seco

El equipo técnico de la PNUD realizó un esquema de una serie de relaciones de cuatro subsistemas en el Corredor Seco:

- El político, el cual se encuentra constituido por las decisiones del gobierno que afectan la agricultura de subsistencia en el Corredor Seco, así como a la agroindustria.
- La agroindustria y la agricultura integran un sistema socioeconómico que se caracteriza por la situación de pobreza e inseguridad alimentaria para el primero y por el crecimiento económico para el segundo.
- El sistema socioeconómico en su totalidad está basado en el sistema productivo (granos básicos, café, melón), el cual a su vez depende directamente del sistema natural en sus elementos suelo y agua provistos, a su vez, por el ecosistema boscoso.
- Este último tiene dos presiones: la social, producto del modelo extractivo y agrícola generalizado en el país, y el cambio climático que modifica la temporalidad de la lluvia y la frecuencia de eventos extremos en una región naturalmente seca.

Figura 16. **Sistemas que se interrelacionan en el Corredor Seco**



Fuente: PNUD. *Evaluación del bienestar humano y ambiente en el Corredor Seco de Guatemala*. p. 36.

4. DIAGNÓSTICO SITUACIONAL

4.1. Agua

Existe una relación directa entre la abundancia de agua, la densidad de la población y la calidad. Un suministro de agua abundante constituye uno de los factores más importantes en el desarrollo de las sociedades modernas. Los dos factores principales en el desarrollo de los recursos de agua son la cantidad y la calidad. La disponibilidad de agua para usarse en limpieza y aseo está directamente relacionada con el control y la eliminación de las enfermedades. La conveniencia del uso del agua mejora la calidad de vida.

Además de ser abundante en suministro, el agua disponible debe tener características de calidad específicas, como una baja concentración de total de sólidos disueltos. La concentración de total de sólidos disueltos en el agua afecta los usos domésticos, industriales, comerciales y agrícolas del agua. Los elementos naturales no tóxicos del agua constituyen un elemento disuasorio mayor para los usos domésticos hasta que las concentraciones de total de sólidos disueltos exceden los 1 000 miligramos por litros. A medida que los valores de total de sólidos disueltos, aumentan a más de 1 000 miligramos por litro.²⁹

El uso del agua en el comercio, la industria y la agricultura disminuye. Además de las concentraciones de total de sólidos disueltos existen otros factores de calidad que afectan el agua. Entre estos factores se encuentran los microorganismos causantes de enfermedades, la presencia de elementos químicos, metales y cierto tipo de iones naturales que pueden ser dañinos en altas concentraciones.

²⁹ Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos de América. *Evaluación de recursos de agua de Guatemala*. p. 1.

Guatemala no posee instalaciones para tratamiento de aguas negras y la mayoría del afluente es descargado sin ningún tratamiento en las vías de agua. Debido a la demanda de agua potable y de la producción alimentaria, la problemática ambiental en el llamado Corredor Seco se resume en:

- La disminución de la cantidad y calidad del agua y la desregulación del ciclo de los recursos hídricos.
- La falta de protección y desaparición de fuentes de agua.
- La alta vulnerabilidad territorial y ambiental.

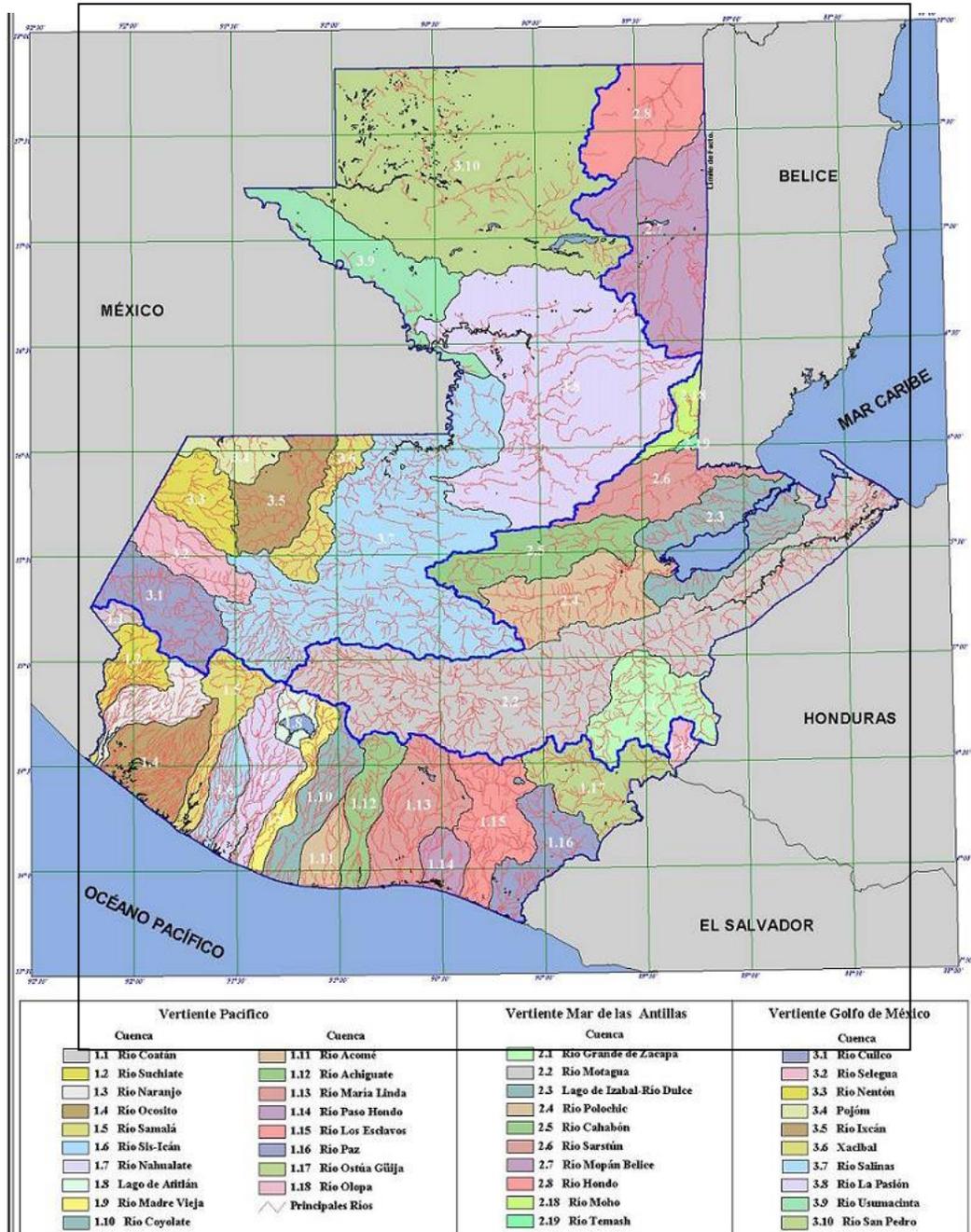
La débil gestión institucional vinculada al uso y manejo de los recursos naturales Guatemala registra avances en la gobernabilidad ambiental, como la aprobación de la política nacional para la conservación protección y mejoramiento del ambiente y los recursos nacionales (MARN, 2006).

Sin embargo la institucionalidad con atribución legal de rectoría en temas ambientales, el MARN, aún carece de mecanismos para la coordinación y escasos recursos para lograr transversalizar el tema a través de los organismos del Estado, por lo que las consideraciones ambientales no están aún presentes en los planes sectoriales y las políticas de desarrollo.

4.1.1. Ríos

En el área que comprende el Corredor Seco de Guatemala, existen diez ríos, los cuales se derivan de las distintas vertientes que irrigan al territorio nacional.

Figura 17. Mapa de cuencas hidrográficas de Guatemala



Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y alimentación (MAGA).

Los diez ríos, según sus vertientes son:

- Vertiente del Pacífico

Los ríos correspondientes a la vertiente del Pacífico poseen longitudes cortas, las cuales tienen un promedio de 110 km y tienen su origen a una altura media de 3 000 msnm. Las pendientes son fuertes en las partes altas de las cuencas, entre 10 y 20 % cambiando bruscamente a pendientes mínimas en la planicie costera, creando grandes zonas susceptibles a inundación en esta área.

Por otro lado, todos los ríos de la vertiente del Pacífico acarrean grandes volúmenes de material, especialmente escorias y cenizas volcánicas, debido a que la cadena volcánica se encuentra entre los límites de la vertiente. Debido a este arrastre de material, los ríos tienen cursos inestables, causando daños e inundaciones en la planicie costera.

La precipitación en la vertiente del Pacífico tiene períodos de gran intensidad, típica de las zonas costeras, con una precipitación media anual de 2 200 mm. Los ríos en el área del corredor seco de Guatemala que pertenecen a la vertiente del pacífico son:

- Samalá: posee una longitud de 145 kilómetros. La cuenca de este río tiene una superficie de 1 510 km² en la que vive una población de aproximadamente 400,000 habitantes. Su proximidad al complejo volcánico Santa María - Santiaguito, con sus flujos de lava y lahar, resulta en un elevado riesgo de serias inundaciones.

- Madre Vieja: es un río de la costa que se puede considerar como un río corto del suroeste de Guatemala, con una longitud de 126 kilómetros. Nace en la Sierra Madre, en el área limítrofe de los departamentos de Quiché, Sololá y Chimaltenango, y discurre en dirección del sur, atravesando la planicie costera de Suchitepéquez y Escuintla para desembocar en el océano Pacífico. La cuenca del Madre Vieja tiene una superficie de 1 007 km².
- Coyolate: es un río de la costa que se puede considerar como un río corto del suroccidente de Guatemala con una longitud de 155 km. Nace en la Sierra Madre, en el departamento de Chimaltenango y discurre en dirección del sur, atravesando la planicie costera en los departamentos de Suchitepéquez y Escuintla para desembocar en el océano Pacífico. La cuenca del Coyolate tiene una superficie de 1 648 km².
- María Linda: es un río de la costa que se puede considerar como un río corto suroccidente de Guatemala con una longitud de 70 km. El río es alimentado por el lago de Amatitlán en el departamento de Guatemala y en dirección del sur, atravesando la planicie costera de Escuintla y Santa Rosa, para desembocar en el océano Pacífico. La cuenca del María Linda tiene una superficie de 2 727 km².
- Paz: tiene su nacimiento en Quezada, al noroeste de de Jutiapa. Tiene un recorrido de 134 kilómetros y sirve de línea divisoria entre El Salvador y Guatemala, desde su confluencia con Chalchuapa hasta su desembocadura en el océano Pacífico a

16 km al sudoeste de San Francisco Ménez, Ahuachapán. La cuenca del río Paz tiene una superficie de 1 732 km² en Guatemala y 929 km² en El Salvador.

- Ostúa – Guija: es un río que se puede considerar como un río corto que se encuentra localizado entre los departamentos de Jalapa y Jutiapa. Se origina en como Ostúa o Grande en el municipio de San Carlos Alzatate, departamento de Jalapa.

La corriente desemboca en el lago de Guija, que se ubica al norte de lo que ahora se ha convertido en islote Ostúa, es impresionante. Se ha estimado el área aproximada que cubre la cuenca del Ostúa en 1 490 kilómetros cuadrados, su anchura media es de 15 metros y su profundidad es de un metro aproximadamente.

- Vertiente del Atlántico

La longitud de sus ríos es mayor que la de las demás vertientes y es esta vertiente la que incluye el río más largo del país, el río Motagua con 486,55 km.

Las pendientes son más suaves y su desarrollo es menos brusco, ya que en la parte montañosa los ríos hacen su recorrido en grandes barrancas o cañones.

Las crecidas son de mayor duración y los tiempos de propagación son también mayores. Los caudales son más constantes durante todo el año. Parte del área dentro de esta vertiente tiene muy baja pluviosidad, 500 mm/anales,

mientras que en la zona de Puerto Barrios y Morales, la pluviosidad alcanza hasta 3 500 mm/anuales.

Los ríos en el área del corredor seco de Guatemala que pertenecen a la vertiente del atlántico son:

- Grande de Zacapa: es un río que se puede considerar como un río corto del sur de Guatemala, un afluente del río Motagua de 87 km de longitud.

Nace en la sierra de los departamentos Zacapa y Chiquimula y fluye hacia el norte hasta desembocar en el río Motagua. La cuenca del río Grande de Zacapa tiene una superficie de 2 462 km².

- Motagua: es un importante río de la vertiente del mar Caribe de Centroamérica que discurre principalmente por Guatemala, aunque en su tramo final forma frontera con Honduras. Tiene una longitud de 486 km y drena una amplia cuenca de 12 670 km², que lo convierten en el río más largo y con mayor cuenca de Guatemala.
- Polochic: es uno de los principales ríos de Guatemala en la vertiente hidrográfica del mar Caribe. Nace en las tierras altas de Alta Verapaz y discurre de occidente a oriente a lo largo de 194 km, atrevesando Alta Verapaz e Izabal, recorriendo los pueblos de Tamahú, Tukurú, Telemán, La Tinta y Panzós, para desembocar en el lago de Izabal.

El río es navegable unos 30 km, del lago de Izabal hasta Panzós. La cuenca del río Polochic tiene una extensión de 2 811 km² e incluye la vertiente sur de la sierra de Chamá y la vertiente norte de la sierra de las Minas. El río Cahabón, uno de sus mayores afluentes, se une al Polochic en Panzós.

- Vertiente del golfo de México

Al igual que los ríos que desembocan en el Atlántico, los ríos que desembocan en el Golfo de México poseen grandes longitudes. Aquí se encuentran los ríos más caudalosos del país, como el río Usumacinta, el río Chixoy y el río La Pasión.

Las crecidas son de larga duración, los cauces son relativamente estables y los recorridos más sinuosos. Las pendientes son relativamente suaves. La precipitación media es de 2 500 mm/anuales.

Los ríos en el área del corredor seco de Guatemala que pertenecen a la vertiente del golfo de México son:

- Salinas: es un río en Guatemala. El río se llama Chixoy, desde su nacimiento en las tierras altas de Huehuetenango y Quiché hasta llegar a la presa hidroeléctrica de Chixoy, donde el río Salamá y río Carchela convergen con el río Negro. Después de la represa Chixoy, el río se llama río Chixoy y fluye hacia el norte a través de Alta Verapaz hasta llegar a la frontera con México. A partir de ahí se continúa a lo largo de la frontera para 113 km en el río Salinas hasta que finalmente converge con el río de la Pasión, para formar el río Usumacinta que desemboca en el Golfo de México.

4.1.2. Drenaje superficial en el Corredor Seco

- Cuencas hidrológicas superficiales

Una cuenca hidrológica se define como una superficie de tierra que drena hacia una corriente en un lugar dado. Otra definición es que es una zona de la superficie terrestre en donde las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida.

Las cuencas principales, las cuales drenan el área del Corredor Seco de Guatemala son cuatro, tres de estas pertenecen a la vertiente del Atlántico, mientras que solamente una pertenece a la vertiente del golfo de México.

Las cuencas principales en el área del corredor seco son las siguientes:

- Motagua
- Chixoy
- Polochic
- Grande de Zacapa

A continuación se muestra el área que cubre cada una de las cuencas, así como su longitud total y el caudal medio en determinados puntos de control.

Tabla XXXII. **Área, longitud y caudal medio de las cuencas que drenan el Corredor Seco**

Cuenca	Área (km²)	Longitud del río (Km)	Caudal medio (m³/s)
Motagua	12 670	486,55	208,7
Chixoy	12 150	112,70 (río Salinas, afluente del río Chixoy)	551,0
Polochic	2 811	193,65	69,3
Grande de zacapa	2 462	86,55	28,5

Fuente: Insivumeh. Departamento de investigación y servicios hídricos.

- Cuencas hidrológicas endorreicas

Una cuenca endorreica es una cuenca en la cual el punto de salida está dentro de los límites de la cuenca, es decir no se encuentra en los límites de la cuenca y está en otra corriente o en el mar. Generalmente es un lago. En el corredor seco no existe ninguna cuenca endorreica conocida.

4.1.3. Kilómetros lineales de red hidrográfica del Corredor Seco

“En total, la red hidrográfica de Guatemala tiene 38 cuencas, una red de 27 000 kilómetros lineales y un volumen de escorrentía total de 100 millones de metros cúbicos por año, distribuidos entre las 3 vertientes como la del Océano Pacífico, Mar Caribe y Golfo de México.”³⁰

³⁰ Instituto Nacional de Estadística. *Compendio estadístico ambiental de Guatemala 2013-2014*. p. 35.

En la siguiente tabla se enumerarán las cuencas y los ríos que atraviesan el Corredor Seco, con los respectivos kilómetros lineales que cubren dentro del Corredor Seco.

Tabla XXXIII. **Kilómetros lineales de cuencas y ríos**

Cuenca/río	Kilómetros lineales
Samalá	145,00
Madre Vieja	125,50
Coyolate	154,95
María Linda	70,10
Paz	133,80
Grande de Zacapa	86,55
Motagua	486,55
Polochic	193,65
Salinas	112,70

Fuente: Insivumeh. Departamento de investigación y servicios hídricos.

“En total, la red hidrográfica que cubre los once departamentos del área del corredor seco se cuantifica en 1 508,8 km de los 27 000 km que cubren el total del territorio nacional”.³¹ Es decir, aproximadamente el 6 % del total de red hidrográfica se encuentra en el Corredor Seco.

4.1.4. Potencial de agua subterránea del Corredor Seco

El agua dulce que proviene de pozos y de fuentes constituye un recurso fundamental y, al mismo tiempo, grande de suministro de agua para el consumo. El agua proveniente de pozos y vertientes se usa para propósitos agrícolas, industriales, públicos y privados. Sin embargo, la disponibilidad de

³¹ Instituto Nacional de Estadística. *Compendio estadístico ambiental de Guatemala 2013-2014*. p. 35.

agua subterránea es altamente variable. El continuo acceso a esta y el desarrollo de suministros de agua subterránea confiables y seguros son asuntos importantes que involucran al gobierno de Guatemala, así como a muchas organizaciones internacionales y privadas.

El agua subterránea en general es abundante en los acuíferos sedimentarios que se encuentran a través de todas las planicies, valles y tierras bajas de Guatemala. Sin embargo, en las áreas montañosas, la disponibilidad de agua dulce varía considerablemente de localmente abundante a inadecuado para su uso. Los dos acuíferos más productivos son el aluvial de la planicie costera del Pacífico y el cárstico de piedra caliza que se extiende por debajo de la sierra de los Cuchumatanes, sierra de Chama y las tierras bajas del Petén.

A continuación se describirán los lugares por departamento del Corredor Seco en los que la exploración de agua subterránea es oportuna, además de la cantidad de agua que aproximadamente posee cada uno de estos lugares.

- El Progreso

Las mejores áreas para la exploración de agua subterránea son los acuíferos aluviales localizados a lo largo del río Motagua. Agua subterránea dulce está generalmente disponible en cantidades muy pequeñas (1 a 4 L/s) a muy grandes (50 a 100 L/s), cantidades en un área que cubre aproximadamente 10 por ciento del departamento. Estos acuíferos aluviales son apropiados para pozos de bombas manuales y tácticos. Acuíferos cársticos de piedra caliza producen localmente cantidades escasas (0,25 a 1 L/s) a muy grandes (50 a 100 L/s) de agua dulce. De muy pequeñas a muy grandes (50 a 100 L/s) de agua subterránea están disponibles provenientes de los acuíferos volcánicos.³²

³² Cuerpo de ingenieros de los Estados Unidos de América. *Evaluación de recursos de agua de Guatemala*. p. 19.

- Jalapa

Las mejores áreas para la exploración de agua subterránea son los acuíferos aluviales en dos pequeñas áreas en el sur del departamento. De muy pequeñas (1 a 4 L/s) a muy grandes (50 a 100 L/s) cantidades de agua dulce subterránea están generalmente disponibles en este departamento. Estos acuíferos aluviales son apropiados para pozos de bombas manuales y tácticos.

De muy pequeñas (1 a 4 L/s) a muy grandes (50 a 100 L/s) cantidades de agua dulce subterránea están disponibles provenientes de acuíferos volcánicos. Pendientes empinadas, densa vegetación y condiciones inestables del suelo impiden el acceso al lugar. Estos acuíferos son apropiados para pozos de bombas manuales y tácticos. El departamento en su costado norte se puede encontrar acuíferos ígneos y metamórficos (aproximadamente 30 por ciento del departamento).

- Jutiapa

Las mejores áreas para la exploración de agua subterránea son los acuíferos aluviales localizados en el departamento, estos ocupan una faja trazada paralelamente a la costa en la parte sur y tres pequeñas áreas en la parte central.

De muy pequeñas (1 a 4 L/s) a muy grandes (50 a 100 L/s) cantidades de agua dulce subterránea están disponibles. Estos acuíferos aluviales son apropiados para pozos de bombas manuales y tácticos. De muy pequeñas (1 a 4 L/s) a muy grandes (50 a 100 L/s) cantidades de agua dulce subterránea están localmente disponibles provenientes de acuíferos.

Pendientes empinadas, densa vegetación y condiciones inestables de suelo pueden impedir el acceso. Estos acuíferos son apropiados para pozos de bombas manuales y tácticos.

- Zacapa

Las mejores áreas para exploración de agua subterránea son los acuíferos aluviales a lo largo del río Motagua. El agua dulce subterránea está generalmente disponible de muy pequeñas (1 a 4 L/s) a muy grandes (50 a 100 L/s) cantidades. Estos acuíferos son apropiados para pozos de bombas manuales y tácticos. Se puede predecir que los pozos poco profundos estarán contaminados en esta área. Los acuíferos de piedra caliza a lo largo de la frontera con Honduras producen localmente de escasas (0,25 a 1 L/s) a muy grandes (50 a 100 L/s) cantidades de agua dulce. El acceso a esta área puede ser un problema debido a que es cárstica. Estos acuíferos son apropiados para pozos de bombas manuales y tácticos.

- Chiquimula

Las mejores áreas para la exploración de agua subterránea son las áreas de los acuíferos aluviales localizados en la parte norte del departamento. El agua subterránea dulce está disponible generalmente de muy pequeñas (1 a 4 L/s) a muy grandes (50 a 100 L/s) cantidades, la cual cubre aproximadamente el 10 por ciento del departamento. El departamento tiene acuíferos cársticos de piedra caliza que también cubren aproximadamente el 10 por ciento del departamento.

Estos acuíferos producen localmente de escasas (0,25 a 1 L/s) a muy grandes (50 a 100 L/s) cantidades de agua dulce. Estas áreas son favorables

para la exploración de agua subterránea y son apropiadas para pozos de bombas manuales y tácticos.

- Huehuetenango

Las mejores áreas para la exploración del agua subterránea son los acuíferos de piedra caliza dispersos en escasas áreas a lo largo del departamento. Agua dulce subterránea está localmente disponible en escasas (0,25 a 1 L/s) a muy grandes (50 a 100 L/s) cantidades, que cubre aproximadamente el 40 por ciento del departamento. Las áreas cársticas pueden impedir el acceso a estos lugares. Estos acuíferos de piedra caliza son apropiados para pozos de bombas manuales y tácticos.

- Quiché

Las mejores áreas para la exploración de agua subterránea están en la parte central del departamento. Los acuíferos de piedra caliza comprenden aproximadamente el 20 por ciento del departamento. Estos acuíferos producen de escasas (0,25 a 1 L/s) a muy grandes (50 a 100 L/s) cantidades de agua dulce. El acceso puede representar un problema debido a las áreas cársticas. Estos acuíferos son apropiados para pozos tácticos y de bombas manuales.

- Totonicapán

La mayor parte del departamento se encuentra en un área donde de pequeñas (4 a 10 L/s) a muy grandes (50 a 100 L/s) cantidades de agua dulce están disponibles provenientes de acuíferos volcánicos. Pendientes empinadas, densa vegetación y condiciones inestables del suelo pueden impedir el acceso. Estos acuíferos son apropiados para pozos de bombas manuales y tácticos.

Debido a la baja permeabilidad de los acuíferos ígneos y metamórficos, la exploración de agua subterránea no se recomienda.

- Chimaltenango

La mayor parte del departamento se encuentra en la Sierra Madre. El agua dulce está localmente disponible en cantidades de muy pequeñas (1 a 4 L/s) a grandes (25 a 50 L/s), proveniente de acuíferos volcánicos. Estos acuíferos son apropiados para pozos de bombas manuales y tácticos. Debido a la baja permeabilidad de los acuíferos ígneos y metamórficos que se encuentran en esta unidad de mapa, la exploración del agua subterránea no se recomienda.

- Baja Verapaz

Las mejores áreas para la exploración de agua son los acuíferos cársticos de piedra caliza que están cerca de Salamá y también los acuíferos volcánicos de las tierras altas centrales.

El agua dulce subterránea está localmente disponible de escasas (0,25 a 1 L/s) a muy grandes (50 a 100 L/s) cantidades. De muy pequeñas (1 a 4 L/s) a muy grandes (50 a 100 L/s) cantidades de agua dulce están disponibles localmente provenientes de los acuíferos volcánicos. Estos acuíferos son apropiados para pozos de bombas de mano y tácticos.

- Guatemala

Las mejores áreas para la exploración de agua subterránea están localizadas en los acuíferos, estas cubren aproximadamente el 75 por ciento del

departamento en las partes central y sur. Agua dulce subterránea está generalmente disponible de muy pequeñas (1 a 4 L/s) a muy grandes (50 a 100 L/s) cantidades. Estos acuíferos son utilizados para el suministro doméstico y la irrigación, y son apropiados para pozos de bombas de mano y tácticos. La mayor parte del suministro de agua (aproximadamente el 60 por ciento) para la ciudad de Guatemala proviene de recursos de agua subterránea. Hasta 1998, un total de 86 pozos suministraban 1 metro cúbico de agua por segundo a la ciudad. Aproximadamente el 64 por ciento del suministro de agua para el área metropolitana de Guatemala proviene de recursos de agua subterránea.

4.1.5. Precipitaciones

La ubicación de Guatemala no permite que se aprecien de forma precisa las cuatro estaciones en el año, como en los demás países que están situados al norte o al sur de la línea del ecuador. En realidad, las estaciones se reducen a dos: la lluviosa, a la que se le denomina invierno (mayo a octubre), y la seca, a la que se conoce como verano (noviembre a abril).

La precipitación pluvial anual promedio puede variar desde una región a la otra, principalmente por el relieve montañoso del país, y oscila entre los 500 milímetros en las zonas muy secas, como el llano de la Fragua, en Zacapa, y 6 000 mm o más, en la zona reina y la bocacosta.

Tabla XXXIV. **Precipitación promedio anual en el área del Corredor Seco de Guatemala**

Departamento	Precipitación promedio anual (mm)
El Progreso	740,99
Jalapa	1 402,39
Jutiapa	1 276,26
Zacapa	862,50
Chiquimula	893,37
Huehuetenango	1 000,00
Quiché	1 500,00
Totonicapán	1 000,00
Chimaltenango	347,25
Baja Verapaz	65,6
Guatemala	2 000,00

Fuente: elaboración propia, con datos del Laboratorio de SIG del MAGA y Proyecto Esprede-Catie.

4.2. **Suministro de agua y calidad de los suelos**

La falta de agua es un problema muy serio, a pesar de que el país posee un promedio anual de lluvia de 2 000 mm. La distribución desigual de la población y de la lluvia, sumada al manejo ineficiente de los recursos de agua disponibles, son las causas principales de los problemas de suministro de agua, especialmente en el área del Corredor Seco.

En la actualidad, en el país hay una inexistencia de una autoridad nacional para el suministro de agua. Cada municipalidad es responsable por su propio suministro de agua y por mantener su calidad. Si el agua no cumple con las normas de calidad, la municipalidad está obligada a corregir el problema.

Únicamente un 10 % de todas las municipalidades utilizan cloro, sin embargo, todas están obligadas a usarlo. La falta de una comisión nacional para el suministro de agua potable y sanitarización es la causa principal de la ausencia de condiciones mínimas de salud en el país. No existen estrategias claras, ni políticas o programas de inversión.

El suelo se considera como el recurso productivo más importante, ya que este brinda soporte a las plantas en forma de una capa permeable para las raíces y es una especie de depósito para los nutrientes y el agua, por lo que su manejo requiere de la adopción de prácticas para su conservación.

Estas prácticas tienen como principal función disminuir la velocidad del agua en suelos ubicados en laderas con el fin de evitar la erosión, interceptándola, reteniéndola e infiltrándola, evitando el arrastre del suelo escurrido. Al aplicarlas, se contribuye a conservar las características físicas, químicas y microbiológicas, logrando mantener y mejorar la fertilidad y, por ende, la productividad del suelo.

4.2.1. Erosión y sedimentos

El deterioro de las tierras se observa de forma principal en la erosión del suelo. Esta, a su vez, es el inicio de una cadena de complicaciones ambientales, entre las que están el empobrecimiento de la tierra, la contaminación de fuentes de agua con sólidos, el azolvamiento de cauces de ríos y la disminución de la capacidad de infiltración hacia el manto freático.

El riesgo de erosión se relaciona de forma muy cercana con el patrón de precipitación, las características del suelo, la topografía y la cobertura vegetal. Estas mismas características se relacionan con la capacidad de uso de la tierra, la cual, al ser rebasado, aumenta el riesgo de erosión.

Mediante los diversos datos que se han recolectado a lo largo del tiempo, se puede establecer de forma aceptable que la erosión de los suelos en Guatemala es un gran problema debido, en su mayoría, al manejo inadecuado, la deforestación y la sobreexplotación de los suelos. Con base en esta

clasificación de los suelos en Guatemala, se reportan los suelos determinados por el grado de erosión:

- Erosión alta: Chol, Jalapa, Tahuaní y Subinal
- Erosión muy alta: Capucal, Jigua y Zacapa

Respecto a la degradación del suelo y su relación con los ríos en el área del Corredor Seco de Guatemala, se puede establecer que la situación es preocupante, debido a que el nivel de degradación es alto en toda la superficie que delimita las cuencas. En la tabla XXXV se muestra el nivel de degradación por superficie en las cuencas de los ríos del Corredor Seco.

Tabla XXXV. **Niveles de degradación y superficie de las cuencas en el área del Corredor Seco**

Cuenca/río	Nivel de degradación (superficie en hectáreas)	Total de hectáreas
Samalá	Alta (46 971,5) Media(21 858,0) Baja (20 435,8)	89 265,3
Madre Vieja	Alta (577,8) Media(10 315,3) Baja (18 983,0)	29 876,0
Coyolate	Alta (5 887,7) Media(31 383,3) Baja (3 771,3)	41 042,2
María Linda	Alta (58 379,8) Media(21 549,5) Baja (841,7)	80 771,0
Paz	Alta (7 531,3) Media(10 490,4)	18 021,7
Grande de Zacapa	Alta (24 661,7) Media(6 922,8)	31 584,4
Motagua	Alta (333 898,3) Media(90 562,6) Baja (76 805,3)	501 266,3
Polochic	Alta (5 807,9) Media(41 943,8) Baja (43 782,3)	91 533,9
Salinas	Alta (363 414,8) Media(157 225,0) Baja (71 474,0)	592 113,8

Fuente: FIGUEROA, Carlos. *Estudio del uso de la tierra y ordenamiento territorial en Guatemala*. p. 49.

4.2.2. Otros contaminantes del agua

- Contaminación del agua a causa de la minería

Cuando inmensas cantidades de piedra que tienen algunos minerales sulfatados son excavadas, principalmente en minas subterráneas, estos materiales reaccionan tanto con el aire como con el agua para crear ácido sulfúrico.

Cuando el agua alcanza cierto nivel de acidez, un tipo de bacteria común llamada *Tiobacillus ferroxidant*, puede aparecer acelerando los procesos de oxidación y acidificación, lixiviando aún más los residuos de metales de desecho.

Lo que hace el ácido es lixiviar la piedra mientras que la piedra fuente esté expuesta al aire y al agua. Este proceso continuará hasta que los sulfatos sean extraídos completamente; este es un proceso que puede durar cientos, o quizás miles, de años.

El ácido es transportado desde la mina por el agua, las lluvias o por corrientes superficiales, y posteriormente depositado en los estanques de agua, arroyos, ríos, lagos y mantos acuíferos cercanos. El DAM degrada severamente la calidad del agua y puede aniquilar la vida acuática, así como volver el agua prácticamente inservible.

- Metales pesados y lixiviación

La contaminación por metales pesados es causada cuando algunos metales como arsénico, cobalto, cobre, cadmio, plomo, plata y zinc, contenidos

en las rocas excavadas o expuestos en vetas en una mina subterránea, entran en contacto con el agua.

Los metales son extraídos y llevados río abajo, mientras el agua lava la superficie rocosa. Aunque los metales pueden ser movidos en condiciones de pH neutral, la lixiviación es particularmente acelerada en condiciones de pH bajo, como las creadas por el drenaje ácido de la minería.

- Contaminación química

En específico, esta contaminación ocurre cuando agentes químicos como el cianuro y el ácido sulfúrico se derraman, gotean, o se trasladan del sitio minero a un cuerpo de agua cercano. Estos químicos pueden ser también altamente tóxicos para los humanos y la fauna.

- Contaminación por causas industriales

Respecto de la contaminación por causas industriales, esta sigue siendo un problema que no ha podido ser resuelto y, de no modificarse el reglamento de descargas, se acrecentará. La contaminación orgánica sigue siendo mayor que las cargas tóxicas generadas en los países más industrializados.

Las municipalidades están conscientes que la contaminación del agua es un problema serio, sin embargo, por la falta de recursos se estima que únicamente el 6 % da algún tipo de tratamiento a sus aguas negras.

4.3. Demanda

“El aumento de la demanda de agua en Guatemala se ha vuelto cada vez mucho más difícil de satisfacer y esto genera serios problemas de sobreexplotación. El caso más crítico es el de la ciudad de Guatemala con un déficit de 1 m³/s para el municipio de Guatemala y de 2 a 2.5 m³/s si se incluyen los municipios aledaños que conforman el área metropolitana”.³³

Frente a la demanda de agua para consumo humano y producción alimentaria, la problemática ambiental en el llamado Corredor Seco, se resume en:

- La disminución de la cantidad y calidad del agua, y la desregulación del ciclo de los recursos hídricos.
- La falta de protección y desaparición de fuentes de agua.
- La alta vulnerabilidad territorial y ambiental.
- La débil gestión institucional vinculada al uso y manejo de los recursos naturales Guatemala.

4.3.1. Hogares

La demanda de agua que representa a toda la población de Guatemala es de 834 8 millones de metros cúbicos. Como la población está ubicada mayoritariamente en la vertiente del Pacífico, en ella la demanda es de 485 28 millones de metros cúbicos (58,1 %), en la vertiente del Golfo de México la demanda es de 132,46

³³ SALGUERO, Marvin. *Gobernabilidad del agua en Guatemala*. p. 88.

millones de metros cúbicos (15,9 %), en tanto que en la vertiente del mar Caribe es de 217,07 millones metros cúbicos (26,0 %).³⁴

En la tabla XXXVI se mostrará la cantidad de agua estimada que demanda cada uno de los departamentos que conforman el Corredor Seco de Guatemala.

Tabla XXXVI. **Cantidad de hogares y demanda de agua en el Corredor Seco**

Departamentos	Cantidad de hogares	Demanda (millones de metros cúbicos) al año
Guatemala	537 162	210,39
El progreso	29 747	11,65
Chimaltenango	81 248	31,82
Totonicapan	58 139	22,77
Huehuetenango	142 389	55,77
Quiché	110 673	43,35
Baja Verapaz	41 501	16,25
Zacapa	41 665	16,32
Chiquimula	58 422	22,88
Jalapa	45 264	17,73
Jutiapa	78 891	30,90

Fuente: elaboración propia, con base en datos del XI Censo de población y VI de vivienda 2002, INE y Encovi 2006.

4.3.2. Industria

La industria consume una cantidad de agua que es significativa para la oferta del país. De forma lamentable, el Estado no lleva registros de consumo

³⁴ Secretaría de planificación y programación de la presidencia. *Estrategia para la Gestión Integrada de Los Recursos Hídricos de Guatemala*. p. 28.

de agua para fines industriales ni los datos relevados por estas empresas son proveídos al Estado ni publicados para el acceso general de la población.

La actividad industrial se centra principalmente en el área metropolitana de la ciudad de Guatemala, y presiona la demanda de los servicios municipales prestados mediante agua entubada.

El consumo de agua en la industria se estima en 332,6 millones de m³, el cual se concentra en el departamento de Guatemala, en donde se ubica alrededor del 80 % del valor agregado industrial del país. Además hay pequeños enclaves industriales en los departamentos y municipios de Escuintla, Teculután y Quetzaltenango. Como ya se mencionó, la industria tiene actualmente resuelto el abastecimiento de agua a través de su acceso directo y libre a pozos y manantiales.³⁵

Sin embargo, la sobreexplotación de algunos acuíferos ya representa un costo alto e inversiones cuantiosas (energía eléctrica y perforaciones más profundas), y el hecho que a mediano plazo podrían llegar a ser insostenibles porque sin control del balance hídrico de estas fuentes no es remoto se abata el rendimiento de tales fuentes subterráneas.

En la tabla XXXVIII se mostrará la cantidad de agua estimada que demanda cada uno de los departamentos que conforman el Corredor Seco de Guatemala, en cuanto a la industria se refiere.

³⁵ Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. *Estrategia para la gestión integrada de los recursos hídricos de Guatemala*. p. 39.

Tabla XXXVII. **Cantidad de industrias/empresas y su demanda de agua en el Corredor Seco**

Departamentos	Porcentaje de industrias/empresas	Demanda (millones de metros cúbicos) al año
Guatemala	41,14	136,83
El progreso	1,1	3,66
Chimaltenango	4,21	14,00
Totonicapan	3,26	1084
Huehuetenango	7,87	26,18
Quiché	6,51	21,65
Baja Verapaz	1,86	6,19
Zacapa	1,54	5,12
Chiquimula	2,56	8,51
Jalapa	2,19	7,28
Jutiapa	3,03	10,08

Fuente: CISNEROS, Fausto. *Estudio del comercio interno de Guatemala*. p. 56.

4.3.3. Agrícola

Algunos estudios que fueron realizados en el plan maestro de riego y drenaje del MAGA en 1992 identificaron se podrían regar 26 mil kilómetros cuadrados, es decir, aproximadamente 2,6 millones de hectáreas de suelos agrícolas del país.

El mismo plan maestro de riego y drenaje indica que, del total de área de suelo agrícolas con déficit de lluvia, son aptos para riego alrededor de 12 960 kilómetros cuadrados de terreno, es decir, 1 296 000 hectáreas, equivalentes al 49,84 % del total de área identificada.

Para 1992, el área del país aproximada de riego era de 130 000 hectáreas, en la actualidad se estima cubre 311 557 hectáreas, es decir, cerca del 24 por ciento. El informe del censo agropecuario 2003 expresa que en el país se están regando actualmente 311 557 hectáreas (445 911 manzanas), es decir 24 % del área apta de riego del país. La mayor parte es llevada a cabo por la iniciativa privada por su propia cuenta y riesgo y no como producto de políticas gubernamentales, salvo el caso de los pequeños agricultores. El cultivo de caña de azúcar ha alcanzado una superficie sembrada de 269 400 hectáreas en el ciclo 2004-2005, estimándose que el 80 % del mismo se riega en época seca.

En la tabla XXXVIII se mostrará la cantidad de agua estimada que demanda cada uno de los departamentos que conforman el corredor seco de Guatemala, en cuanto al uso agrícola se refiere.

Tabla XXXVIII. **Cantidad de fincas regables y su demanda de agua en el Corredor Seco**

Departamento	Número de fincas	Demanda (millones de metros cúbicos) al año
Guatemala	3 473	197,25
El progreso	1 785	101,38
Chimaltenango	2 873	163,18
Totonicapan	426	24,20
Huehuetenango	12 618	716,65
Quiché	5 589	317,43
Baja Verapaz	3 254	184,81
Zacapa	1 782	101,21
Chiquimula	1 855	105,36
Jalapa	1 587	90,14
Jutiapa	1 358	77,13

Fuente: elaboración propia, con base en datos estimados conforme al censo agropecuario 2002-2003.

4.3.4. Otros

- Hotelería y turismo

Las áreas de turismo también demandan una buena cantidad de agua. Guatemala apunta al turismo receptivo como elemento importante para el desarrollo económico en general del país, esperando mantener por encima de un millón la afluencia de turistas por año. Dos de los cuatro sitios más visitados del país están asociados a cuerpos de agua (Atitlán y Río Dulce) y el Estado ha creado autoridades de cuenca, aunque en parte por su poco presupuesto los resultados no son visibles, sin dejar de mencionar que el agua no consiste en sí el eje central de su gestión, sino lo son todos los recursos naturales.

Para 2004, se contaba con 27 038 plazas cama por día, que según el reporte del Inguat tiene una tasa de ocupación del 48,9 por ciento. Basado en esos datos y con una media de consumo de 500 litros cama por día y con tasa de ocupación del 50 %, se llegó a estimar la demanda de este sector, al que se le ha agregado una similar cantidad para el uso de restaurantes en general, de manera que esta rama de la actividad económica demanda 4,93 millones de metros cúbicos de agua por año.³⁶

Con base en los datos de este sector se ha estimado también el consumo de agua del resto de actividades del sector comercial y de servicios.

- Minería

La actividad minera está cobrando nuevamente importancia en el territorio de Guatemala, en especial con la apertura de la mina de oro Marlin en San Marcos, la de plata en Jalapa, el pronto reinicio de operaciones de extracción

³⁶ Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. *Estrategia para la gestión integrada de los recursos hídricos de Guatemala*. p. 40.

de níquel en Izabal y por el otorgamiento de otras licencias de reconocimiento y exploración de parte del Ministerio de Energía y Minas.

La industria minera tiene un doble efecto en la disponibilidad de agua, por un lado se refiere al agua que se extrae junto con los minerales y por otro el agua que se utiliza en el procesamiento de los minerales. Dependiendo de la hidrogeología de la zona, el volumen de agua que se extrae puede ser muy importante. El impacto global y aún regional puede no ser importante, pero el impacto local puede ser significativo.

4.4. Producción alimentaria en el Corredor Seco de Guatemala

El programa de producción de alimentos del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación centra sus actividades en asegurar la disponibilidad y abastecimiento permanente y suficiente, en cantidad y calidad, de los alimentos necesarios para toda la población, a través de un equilibrio razonable entre la producción nacional y la importación de alimentos, asistiendo a los beneficiarios con prácticas y técnicas de producción, así como de insumos, equipo y herramientas para el desarrollo de actividades agrícolas y pecuarias.

El programa busca aumentar la disponibilidad y acceso de los alimentos a través de la implementación, manejo y producción de proyectos agropecuarios, los cuales tendrán como área de cobertura los departamentos en estado de inseguridad alimentaria y nutricional, con énfasis en Petén, Quiché, Alta Verapaz, Baja Verapaz, Huehuetenango, Sololá, San Marcos, Totonicapán, Chiquimula, Jalapa, Guatemala y Quetzaltenango.

4.4.1. Salario mínimo y derecho a alimentación

- Salario mínimo

Respecto al salario mínimo para toda Guatemala en 2015, este fue anunciado el 17 de diciembre de 2014. Al final de una espera prolongada, en la que empresarios y sindicatos no lograron llegar a un acuerdo sobre el aumento del salario mínimo para este año, finalmente el Ministerio de Trabajo fue quien anunció este incremento. A continuación se presentan cuatro tablas, en las cuales se aprecia el salario mínimo diario, el salario mínimo mensual, el salario mínimo diario más bonificación incentivo, y el salario mínimo mensual más bonificación incentivo

Tabla XXXIX. **Salario mínimo diario 2014-2015**

Actividad	Salario mínimo diario 2013	Aumento 5 %	Salario mínimo diario 2014
Actividades agrícolas y no agrícolas	Q 74,97	Q 3,75	Q 78,72
Actividades de exportación y maquila	Q 68,91	Q 3,45	Q 72,36

Fuente: Contabilidad Puntual. *Salario Mínimo 2014*. p. 75.

Tabla XL. **Salario mínimo mensual 2014-2015**

Actividad	Salario mínimo mensual 2013	Aumento 5 %	Salario mínimo mensual 2014
Actividades agrícolas y no agrícolas	Q 2 280,34	Q 114,02	Q 2 394,36
Actividades de exportación y maquila	Q 2 096,06	Q 104,80	Q 2 200,86

Fuente: Contabilidad Puntual. *Salario Mínimo 2014*. p. 78.

Tabla XLI. **Salario mínimo diario más bonificación incentivo 2014-2015**

Actividad	Salario ordinario diario	Bonificación incentivo	Salario mínimo diario + bonificación incentivo
Actividades agrícolas y no agrícolas	Q 78,72	Q 8,33	Q 87,05
Actividades de exportación y maquila	Q 72,36	Q 8,33	Q 80,69

Fuente: Contabilidad Puntual. *Salario Mínimo 2014*.

Tabla XLII. **Salario mínimo mensual más bonificación incentivo 2014-2015**

Actividad	Salario ordinario mensual	Bonificación incentivo	Salario mínimo mensual + bonificación incentivo
Actividades agrícolas y no agrícolas	Q 2 394,36	Q 250,00	Q 2 644,36
Actividades de exportación y maquila	Q 2 200,81	Q250,00	Q 2 450,81

Fuente: Contabilidad Puntual. *Salario Mínimo 2014*. p. 79.

- Salario mínimo de Q1 500,00 para cuatro municipios

El presidente Otto Pérez Molina fue quien fijó en Q1 500 el salario, ya incluida la bonificación, para las empresas de manufactura ligera dedicadas a la exportación que se instalen en los municipios de San Agustín Acasaguastlán y Guastatoya, El Progreso; Estanzuela, en Zacapa; y Masagua, en Escuintla.³⁷

³⁷ El Periódico. *Fijan salario mínimo de Q1,500 a cuatro municipios*. p. 10.

Esta nueva medida entró en vigencia a partir del 1 de enero del 2015 y supone que el trabajador ganará Q 50 diarios. Cifra por mucho inferior al salario mínimo recién aprobado que fija el salario diario en Q 78,72 para actividades agrícolas y no agrícolas y en Q 72,36 para actividades de exportación y maquila, tal como se presento en las tablas anteriores.

Cabe recordar que el salario mínimo mensual quedó establecido para 2015 en Q 2 644,36 y Q 2 450,81 respectivamente, con la bonificación ya incluida. Esta decisión tomada por el Ejecutivo surgió de la petición de los consejos municipales de desarrollo, para crear condiciones que atraigan la inversión y el empleo.

Tres de los cuatro municipios a los cuales afecta esta medida se encuentran en la franja del Corredor Seco de Guatemala, esto puede significar un duro golpe a las aspiraciones de mejorar el nivel de vida, no solo de estos tres municipios, sino del Corredor Seco en general.

- Derecho a la alimentación

En la actualidad, la desnutrición crónica está afectando a aproximadamente 49,3 por ciento de la niñez de entre tres y cincuenta y nueve meses de vida y, lamentablemente, día a día esta cifra seguirá en aumento, a menos de que los ciudadanos colaboren y exijan que se cumpla con el derecho a la alimentación que tiene cada persona y del cual el Estado es uno de los principales responsables.³⁸

La Declaración Universal de Derechos Humanos indica que todas las personas tienen derecho a un nivel de vida adecuado que asegure la salud, el bienestar y, en especial, la alimentación. Mediante el Pacto Internacional de

³⁸ CORONADO, Zully. *Factores asociados a la desnutrición en niños menores de 5 años*. p. 4.

Derechos Económicos, Sociales y Culturales, Guatemala, como estado parte, reconoce el derecho fundamental de toda persona de estar protegida contra el hambre, así como el derecho a un nivel de vida adecuado, incluso a la alimentación y a una mejora continua en las condiciones de existencia (artículo 11).

El derecho a la alimentación está unido de forma estrecha al derecho a la vida y a la salud, debido a que las ineficiencias en el ejercicio del derecho a la alimentación son la causa principal de enfermedades graves, retrasos en el crecimiento, desarrollo intelectual y físico limitado e incluso puede producir la muerte. Esto implica que, sin su aplicación y ejercicio efectivos, es difícil que puedan emplearse los otros derechos humanos. El derecho al agua, como derecho a disponer de agua suficiente, salubre y accesible, está relacionado directamente con el derecho a la alimentación.

- Los compromisos de los estados para hacer efectivo el derecho a la alimentación

Una de las obligaciones principales de cualquier estado es garantizar una alimentación adecuada y el derecho fundamental de las personas a no padecer hambre. Estos derechos están contemplados en:

- El artículo 11 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales.
- El artículo 24 de la Convención sobre los Derechos del Niño.

Además, el derecho a la alimentación ha sido reconocido y desarrollado según las siguientes declaraciones y artículos:

- El artículo 25 de la Declaración Universal de Derechos Humanos (que desarrolla las obligaciones de los estados parte de la Carta de las Naciones Unidas en materia de derechos humanos)
- La Declaración Universal sobre la Erradicación del Hambre y la Malnutrición.
- La Declaración de Roma sobre la Seguridad Alimentaria Mundial y el Plan de Acción de la Cumbre Mundial sobre la Alimentación.

4.4.2. Situación nutricional

La disponibilidad de alimentos en el país ha demostrado una aplicación no regular desde los años 80. A partir de 1995 se inicia un proceso de deterioro, hasta colocarse en un nivel crítico. La actual situación alimentaria se caracteriza por el insuficiente suministro global de alimentos y esto repercute a nivel nacional, respecto a las necesidades nutricionales de la población, debido a una persistente reducción de la producción nacional de granos básicos determinada por fenómenos climáticos y un contexto económico desfavorable.

La desnutrición infantil es uno de los más importantes problemas nutricionales del país. Guatemala presenta, en la actualidad, los índices más grandes en América Latina en cuanto a desnutrición crónica se refiere, esto gracias a la prevalencia actual en menores de cinco años, 49,3 %. La desnutrición crónica es mayor en el área rural, en hogares indígenas y en niños con madres sin educación formal. En general, a pesar de que durante el de desde 1987 a 2002 la situación de la desnutrición infantil mejoró en los grupos de mayor desarrollo, se observa una tendencia al aumento de brechas entre las prevalencias de los más y los menos afectados.

Destaca la importante reducción de la desnutrición infantil asociada al incremento del empleo femenino y de los avances en la educación de la mujer.

Guatemala es el país más rico en la lista de los países con mayores tasas de desnutrición crónica, con la cuarta mayor tasa mundial y la primera de América Latina. Ningún otro país tiene la mitad de su población infantil afectada por la desnutrición crónica, una cadena perpetua que afecta al desarrollo físico e intelectual de los niños, impidiéndoles desarrollarse plenamente como seres humanos y salir del círculo vicioso de la pobreza. Este es el principal problema estructural del desarrollo de Guatemala, y en el Corredor Seco, se reporta una media de 70 % de desnutrición crónica, más de 20 puntos por encima de la media nacional.

La desnutrición aguda se conforma de forma cíclica y esta es conocida como hambre estacional. El hambre estacional está asociada a la reducción de las reservas de granos de las familias en la época previa a la cosecha anual y a la falta de ingresos regulares para comprar los alimentos, se refleja en un aumento de niños que presentan desnutrición aguda en sus formas moderada y severa.

También está relacionada con la vulnerabilidad de los medios de vida de las familias rurales, con la estacionalidad de los ciclos de cosechas y con la temporalidad de la cosecha de café y caña de azúcar, que demandan mucha mano de obra. En el Corredor Seco, la vigilancia nutricional que ha sido realizada a través de medición directa por los equipos de ACFE da cuenta de este fenómeno de manera muy evidente.

En la tabla XLIII se muestran los indicadores de desnutrición para niños y niñas de 3 a 59 meses de edad, además de la tasa de mortalidad por

desnutrición por cada 100 000 habitantes en los departamentos del Corredor Seco de Guatemala.

Tabla XLIII. **Indicadores de desnutrición para niños y niñas de 3 a 59 meses de edad, y tasa de mortalidad por desnutrición por cada 100 000 habitantes**

Departamentos	Porcentaje de niños con desnutrición crónica	Porcentaje de niños con desnutrición aguda	Porcentaje de niños con desnutrición global	Tasa de mortalidad por desnutrición
Guatemala	26,3	1,4	7,3	18,9
El progreso	25,3	1,7	8,0	10,3
Chimaltenango	61,2	1,2	14,5	25,2
Totonicapan	82,2	0,9	24,5	10,1
Huehuetenango	69,5	1,0	20,8	14,4
Quiché	72,2	1,0	21,5	16,3
Baja Verapaz	59,4	1,6	14,9	41,0
Zacapa	45,9	0,4	16,0	24,6
Chiquimula	61,8	1,2	16,9	16,5
Jalapa	49,3	0,2	11,6	12,1
Jutiapa	36,8	1,8	10,5	9,7

Fuente: elaboración propia, con base en la encuesta nacional de salud materno infantil 2008/09 del INE.

4.4.3. Situación productiva y alimentaria

En las siguientes tablas se presentará la producción obtenida y la superficie cosechada para cuatro de los diez cultivos anuales o temporales sembrados en monocultivo más importantes a nivel nacional, desde el punto de vista de la participación porcentual de cada cultivo en cuanto a superficie cosechada.

En conjunto, este grupo de diez cultivos abarca más del 95 % de la superficie cosechada en esa modalidad de siembra, mientras que los 66 cultivos restantes alcanzan, entre todos, menos del 5 % de la superficie total cosechada en monocultivo.

Tabla XLIV. **Producción de frijol por departamento en el Corredor Seco**

Departamento	Producción frijol negro(quintales)	Producción frijol de otro color (quintales)
Guatemala	95 641	1 405
El Progreso	60 742	30
Chimaltenango	71 430	1 654
Totonicapán	15 231	3 016
Huehuetenango	92 339	1 707
Quiché	108 693	3 358
Baja Verapaz	53 156	1 291
Zacapa	52 535	0
Chiquimula	223 717	757
Jalapa	152 010	60
Jutiapa	296 173	1 746

Fuente: elaboración propia, con base en datos del IV censo nacional agropecuario, MAGA.

Tabla XLV. **Producción de arroz por departamento en el Corredor Seco**

Departamento	Producción (quintales)
El Progreso	2 921
Chimaltenango	82
Huehuetenango	862
Quiché	2 420
Baja Verapaz	300
Zacapa	433
Chiquimula	21 073
Jalapa	438
Jutiapa	37 958

Fuente: elaboración propia, con base en datos del IV censo nacional agropecuario, MAGA.

Tabla XLVI. **Producción de maíz por departamento en el Corredor Seco**

Departamento	Producción de maíz amarillo (quintales)	Producción de maíz blanco (quintales)
Guatemala	40 057	428 347
El Progreso	10 557	216 511
Chimaltenango	173 056	747 515
Totonicapán	185 467	277 223
Huehuetenango	448 790	923 454
Quiché	562 961	1 174 850
Baja Verapaz	192 998	417 084
Zacapa	12 619	373 026
Chiquimula	11 335	672 813
Jalapa	82 873	609 881
Jutiapa	12 872	1 649 060

Fuente: elaboración propia, con base en datos del IV censo nacional agropecuario, MAGA.

Tabla XLVII. **Producción de tomate por departamento en el Corredor Seco**

Departameto	Producción (quintales)
Guatemala	142 596
El Progreso	108 408
Chimaltenango	23 727
Totonicapán	4 572
Huehuetenango	19 300
Quiché	65 112
Baja Verapaz	363 967
Zacapa	121 623
Chiquimula	200 571
Jalapa	101 329
Jutiapa	376 013

Fuente: elaboración propia, con base en datos del IV censo nacional agropecuario, MAGA.

Tabla XLVIII. **Producción de melón por departamento en el Corredor Seco**

Departamento	Producción (quintales)
Guatemala	68
El Progreso	10 478
Chimaltenango	80
Totonicapán	94
Huehuetenango	397
Quiché	16
Baja Verapaz	26 905
Zacapa	2 541 288
Chiquimula	-
Jalapa	-
Jutiapa	108 295

Fuente: elaboración propia, con base en datos del IV censo nacional agropecuario, MAGA.

Tabla XLIX. **Producción de papa por departamento en el Corredor Seco**

Departamento	Producción (quintales)
Guatemala	120 869
El Progreso	4 543
Chimaltenango	71 753
Totonicapán	14 974
Huehuetenango	727 418
Quiché	33 922
Baja Verapaz	54 224
Zacapa	-
Chiquimula	14
Jalapa	77 285
Jutiapa	262

Fuente: elaboración propia, con base en datos del IV censo nacional agropecuario, MAGA.

Tabla L. **Producción de pepino por departamento en el Corredor Seco**

Departameto	Producción (quintales)
Guatemala	9 019
El Progreso	52 336
Chimaltenango	514
Totonicapán	-
Huehuetenango	1 142
Quiché	303
Baja Verapaz	17 852
Zacapa	20 049
Chiquimula	4 804
Jalapa	11 485
Jutiapa	26 640

Fuente: elaboración propia, con base en datos del IV censo nacional agropecuario, MAGA.

Tabla LI. **Producción de repollo por departamento en el Corredor Seco**

Departameto	Producción (quintales)
Guatemala	16 114
El Progreso	165
Chimaltenango	254 927
Totonicapán	2 130
Huehuetenango	33 944
Quiché	5 861
Baja Verapaz	9 910
Zacapa	1 320
Chiquimula	1 625
Jalapa	15 730
Jutiapa	3 197

Fuente: elaboración propia, con base en datos del IV censo nacional agropecuario, MAGA.

Tabla LII. **Producción de sandía por departamento en el Corredor Seco**

Departameto	Producción (quintales)
Guatemala	1 958
El Progreso	29 363
Chimaltenango	140
Totonicapán	16
Huehuetenango	836
Quiché	1 883
Baja Verapaz	10 924
Zacapa	176 048
Chiquimula	6 627
Jalapa	9 932
Jutiapa	86 842

Fuente: elaboración propia, con base en datos del IV censo nacional agropecuario, MAGA.

Tabla LIII. **Producción de zanahoria por departamento en el Corredor Seco**

Departameto	Producción (quintales)
Guatemala	12 925
El Progreso	-
Chimaltenango	132 324
Totonicapán	2 259
Huehuetenango	23 329
Quiché	2 018
Baja Verapaz	394
Zacapa	7
Chiquimula	177
Jalapa	4 545
Jutiapa	-

Fuente: elaboración propia, con base en datos del IV censo nacional agropecuario, MAGA.

Tabla LIV. **Producción de trigo por departamento en el Corredor Seco**

Departameto	Producción (quintales)
Guatemala	78
El Progreso	-
Chimaltenango	1 882
Totonicapán	2 368
Huehuetenango	10 349
Quiché	7 773
Baja Verapaz	-
Zacapa	-
Chiquimula	-
Jalapa	626
Jutiapa	-

Fuente: elaboración propia, con base en datos del IV censo nacional agropecuario, MAGA.

4.5. Desaparición de fuentes de agua en el Corredor Seco de Guatemala

La deforestación que se observa en todo el territorio nacional ha causado una desaparición no cuantificada de manantiales y fuentes de abastecimiento de agua potable para el área del Corredor Seco de Guatemala.

Según algunos expertos, los suelos del territorio nacional han perdido sus propiedades gracias a la deforestación, el cambio del uso del suelo, la explotación de los cuerpos de agua, la contaminación y los fenómenos como El Niño. Las proyecciones muestran que el cambio climático tendrá un fuerte un impacto negativo en la disponibilidad de agua. Cuando se intensifican las tormentas y ocurren inundaciones, las fuentes de agua dulce se contaminan, pero también existe la posibilidad de que los períodos de poca lluvia se alarguen, por lo que el suministro de agua será irregular.

“En el año del 2009, la región conocida como el Corredor Seco fue afectada por una sequía que fue muy intensa, se calcula que 145 mil familias perdieron su cosecha por la falta de lluvias y al menos 54 niños murieron por la desnutrición severa debido a la escasez de alimentos.”³⁹

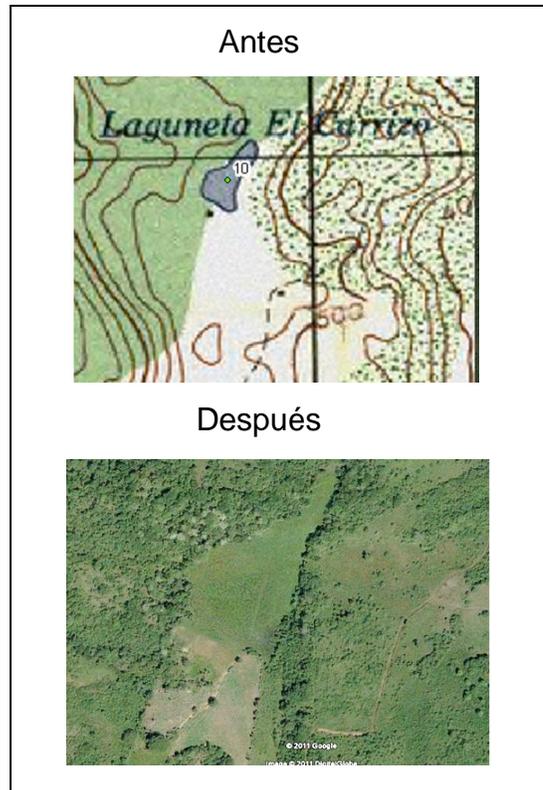
Aproximadamente 25 lagos y lagunas se secaron en el país en los últimos 80 años, debido al urbanismo desordenado; un número similar de fuentes hídricas podrían secarse en una década.

Como consecuencia del uso irracional a que han sido sometidos los recursos naturales del Corredor Seco, especialmente en los últimos cien años, sus lagos y lagunas se encuentran en un proceso acelerado de contaminación, lo cual tiende a reducir su eficiencia y provocar aceleradamente su desaparición.

En el Corredor Seco, las masas de agua se secaron debido al cambio climático, a continuación se presentan las mismas.

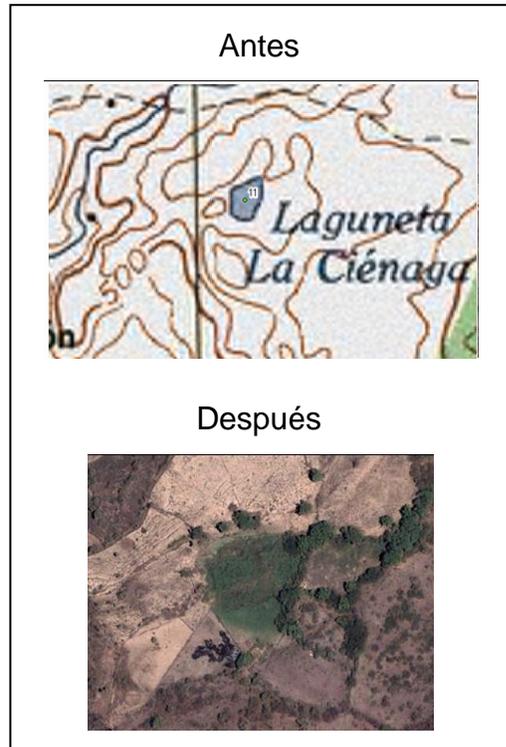
³⁹ Multiservicios Agroindustriales. *Impactos del cambio climático en la agricultura guatemalteca*. p. 63.

Figura 18. **Laguneta El Carrizo**



Fuente: BARDALES, Walter. *Recursos hídricos*. p. 75.

Figura 19. **Laguneta La Ciénega**



Fuente: BARDALES, Walter. *Recursos hídricos*. p. 76.

Figura 20. **Laguna Toquiá**



Fuente: BARDALES, Walter. *Recursos hídricos*. p. 77.

Figura 21. **Laguna Piol**



Fuente: BARDALES, Walter. *Recursos hídricos*. p. 75.

Figura 22. **Laguna Istinajab**



Fuente: BARDALES, Walter. *Recursos hídricos*. p. 75.

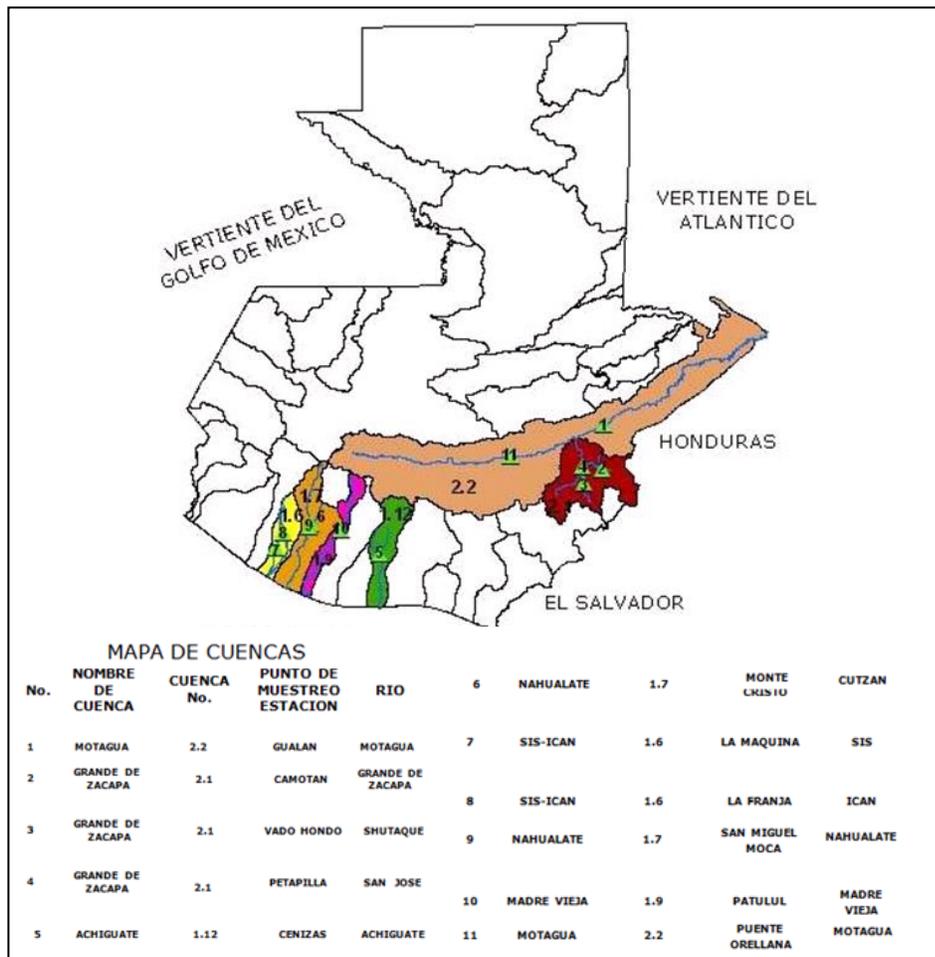
4.6. Análisis fisicoquímico del agua en los diferentes ríos del área del Corredor Seco de Guatemala

La calidad de agua en los ríos de Guatemala, que abarcan los comprendidos en el área del Corredor Seco, se presenta en el *Boletín número 9 de calidad del agua de los ríos de la República de Guatemala*, elaborado por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (Insivumeh), por el Laboratorio de Hidroquímica del Departamento de Investigación y Servicios Hídricos.

A la fecha se han publicado 8 boletines, los cuales contienen información de las principales características físicas y químicas de los ríos en estudio.

Estos boletines están al servicio del público para diferentes usos: agrícola, industrial, investigación ambiental, entre otros y pueden servir de base para investigaciones más profundas de una o varias de las características analizadas.

Figura 23. Ríos elegidos para el estudio químico



Fuente: Insivumeh. *Boletín número 9, calidad del agua*. p. 15.

4.6.1. Química del agua

Para definir el uso del agua, es de suma importancia evaluar y determinar su calidad a través de algunos procedimientos mínimos requeridos, por ejemplo, en el agua para consumo humano, se evalúan: cloruros, oxígeno disuelto, pH, turbiedad, dureza, fosfatos, nitratos y nitritos.

Tabla LV. **Química del agua en los ríos de Guatemala**

Temperatura	15-26 °C	Fósforo total	0,50-2,69 mg/litro
Turbiedad	50-398 unidades Jackson	Calcio	11-30 mg/litro
Sólidos totales	100-600 mg/litro	Cloruros	11-30 mg/litro
Alcalinidad total	41-179 mg/litro	Nitratos	0,06-0,30 mg/litro
pH	7,4-8,5	Fosfatos	0,1-0,7 mg/litro
Oxígeno disuelto	6-8 mg/litro	Sodio	5-25 mg/litro
Dureza	50-140 mg/litro	Magnesio	3-18 mg/litro
Nitrógeno	0,21-0,60 mg/litro		

Fuente: Insivumeh. Programa de Hidrología.

Según la norma Coguanor 29001 especificada en el inciso 2.6.2.1, el agua de los ríos de Guatemala en general es apta para el consumo humano.

4.6.2. Calidad del agua

El conocimiento de la calidad del agua es de suma importancia para todas las personas que la utilizan tanto en sus hogares, como en la industria y en la agricultura, ya que puede ocasionar severos daños a la salud de los consumidores o a los equipos industriales.

En este trabajo se evalúan los principales factores que determinan la calidad del agua para consumo humano y uso industrial, quedando como base para estudios más avanzados.

4.6.2.1. Calidad del agua para consumo humano

La calidad del agua para el consumo humano lo establece la norma Coguanor NGO 29001. Las características químicas máximas para que sea apta para el consumo humano son las siguientes.

Tabla LVI. **Substancias químicas con sus correspondientes límites máximos aceptables**

Características	Límite máximo aceptable	Límite máximo permisible
Cloruro	100,000 mg/L	250,000 mg/L
Conductividad	---	< de 1 500 uS/cm
Sulfato	100,000 mg/L	250,000 mg/L
Temperatura	15,0 a 25,0 C	34 C
Aluminio	0,005 mg/L	0,100 mg/L
Calcio	75,000 mg/L	150,000 mg/L
Cinc	3,000 mg/L	70,000 mg/L
Cobre	0,005 mg/L	1 500 mg/L
Magnesio	50,000 mg/L	100,000 mg/L
Sólidos Totales Disueltos	500,0 mg/L	1 000,0 mg/L

Fuente: Coguanor NGO 29001. p. 36.

4.6.2.2. Calidad del agua para uso agrícola

Respecto a la calidad permisible del agua para uso agrícola, en Guatemala no existe una norma reguladora, pero a nivel internacional se pueden establecer límites que permitan a las áreas agrícolas utilizar el agua.

Tabla LVII. **Substancias químicas con sus correspondientes límites máximos aceptables**

Característica	VALOR	Característica	VALOR
Aluminio	5,0 mg/L	Hierro	5,0 mg/L
Arsénico	0,1 mg/L	Litio	2,5 mg/L
Berilio	0,1 mg/L	Manganeso	0,2 mg/L
Cadmio	0,01 mg/L	Molibdeno	0,01 mg/L
Zinc	2,0 mg/L	Níquel	0,2 mg/L
Cobalto	0,05 mg/L	pH	4,5 - 9,0 mg/L
Cobre	0,2 mg/L	Plomo	5,0 mg/L
Cromo	0,1 mg/L	Selenio	0,02 mg/L
Flúor	1,0 mg/L	Vanadio	0,1 mg/L

Fuente: Norma ecuatoriana INEN 981. p. 31.

4.6.2.3. Calidad del agua para uso industrial

Al igual que para establecer la calidad del agua para uso agrícola, la calidad del agua para el uso industrial aún no se ha establecido una norma en Guatemala, pero la norma propuesta por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (Catie) muestra los siguientes parámetros a tomar en cuenta.

Tabla LVIII. **Parámetros químicos del agua según la norma propuesta Catie**

	pH (unidades)	Alcalinidad (mg/l)	Sólidos Totales (mg/l)	Dureza total (mg/l)	otros
Industria					
Alimentos en general	6.5 - 8.5	250	500	250	-
Bebidas carbonatadas	-	85	850	250	-
Destilerías y cervecerías	6.5 - 7	75	500	-	-
Calderas	8.0 - 9.6	-	500 - 2500	20-80	no incrustante

Fuente: LÓPEZ, Aura. *Determinación de la calidad del agua*. p. 36.

5. PROPUESTA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

5.1. Tecnologías del uso eficiente del agua

En la región centroamericana, durante los últimos cuarenta años se ha hecho una identificación, validación y difusión de una gran cantidad de tecnologías para lograr un uso sostenible del agua, las cuales contribuyen a la seguridad alimentaria. Pero, aún con todo y estas tecnologías, hacen falta mejores decisiones políticas e institucionales y financiamientos que lleguen a otorgar una adopción más amplia de las mismas, para que puedan contribuir, con mayor efectividad, a la seguridad alimentaria y a la adaptación al cambio climático.

"Guatemala posee un importante y crítico Corredor Seco que muestra suelos poco profundos y una gran variabilidad de la precipitación promedio que fluctúa entre los 800 y 2000 mm." ⁴⁰ Para el manejo de estos territorios se necesita un enfoque particular, no solo tecnológico, sino en relación al uso de prácticas agrícolas sostenibles, así como aspectos socioeconómicos y de gobierno.

5.1.1. Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (Fonacyt)

Es conocido como el mecanismo financiero que le permite al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología obtener recursos para la dirección, coordinación y financiamiento de forma eficaz del desarrollo científico y

⁴⁰ MAGA. *Diagnóstico a nivel macro y micro del corredor seco y definición de las líneas estratégicas de acción del maga.* p. 14.

tecnológico nacional. “Fue creado mediante el Decreto Legislativo número 73-92 del Congreso de la República el es instrumento de financiamiento del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología para apoyar el desarrollo científico tecnológico nacional.” ⁴¹Reglamentada su operación por el acuerdo gubernativo número 109-96, de fecha 25 de marzo de 1996.

- Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología

Fue creado en 1994 en Guatemala, está conformado por un conjunto de instituciones, entidades y órganos tanto del sector público, privado y académico, centros de investigación y desarrollo que se dediquen a realizar actividades científicotecnológicas en el país. El Sincyt se encuentra organizado de la siguiente forma:

- El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Concyt) representa la más grande autoridad en el país, establecida en la dirección y coordinación del desarrollo científico y tecnológico nacional.
- La Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (Senacyt) se responsabiliza de apoyar y ejecutar las acciones que emanen del Concyt y de dar el debido seguimiento a las respectivas actividades, a través del uso eficiente de los recursos del Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Las comisiones técnicas sectoriales e intersectoriales, que integran el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología de acuerdo a las áreas científicotecnológicas y con base en los sectores que contribuyen al desarrollo económico y social del país.

⁴¹ Guatemala. *Ley de Promoción del Desarrollo Científico y Tecnológico Nacional*. Artículo 6. p. 10.

5.1.2. Biofiltros

El gran deterioro que presentan los recursos hídricos conocidos que proceden de acuíferos, lagos y ríos ha elevado el uso de agua reciclada residual doméstica y de otros usos sin contaminante, ya sea tratadas o sin tratar, para el riego.

Este tipo de uso de agua ha surgido directamente de un tratamiento de aguas grises mediante la utilización de los denominados biofiltros o humedales artificiales, que se usan en sistemas de riego que son adaptados a las condiciones, el estado del cultivo y el tipo de planta.

Las aguas grises contienen nutrientes, como nitrógeno y fósforo. Las plantas de pantano se pueden ver beneficiadas de estos nutrientes, por lo que los toman del agua y los aprovechan para su crecimiento. Incorporando el sistema de biofiltros, se puede reutilizar hasta un 70 % del agua que ingresa al filtro. El agua sale mucho más limpia que cuando ingresó al filtro y puede ser utilizada para riego de árboles, jardines o plantas de ornato.

"Del 30 % restante, las plantas utilizan una parte para su crecimiento y evaporan otra. Los biofiltros son capaces de lograr eficiencias de remoción entre 65 y 93 % para sólidos sedimentables y 41 a 80 % en sólidos suspendidos."⁴²

⁴² SADZAUKA, Angélica. *Metodos de análisis de tejidos vegetales*. p. 70.

- Uso de los biofiltros

A continuación se da una breve explicación general de cómo un biofiltro funciona, si bien se puede elaborar de varias maneras.

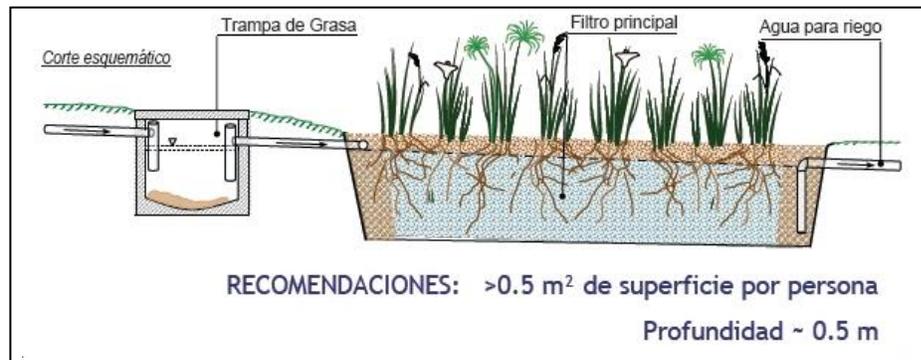
Las aguas grises de la casa se trasladan en una única tubería, la cual va a parar directamente en el primer filtro o tambor, consistente en un barril, generalmente de metal o plástico, en el que se depositan las aguas grises previo al paso por una malla que funciona como colador, en la que se deposita la grasa, el cual se aconseja retirar dos veces a la semana.

En el primer filtro hay una toma de agua que se ubica en la parte inferior, para que las grasas que no hayan sido removidas con la malla queden en superficie y no continúen el proceso.

El segundo filtro-tambor es una especie de filtro de sedimentación, que tiene en primer lugar una capa de carbón normal (se preferiría emplear carbón activado, pero es demasiado caro) y después sucesivas capas de piedras y gravas, desde los elementos más gruesos hasta los más finos, empezando con cantos y acabando con arena.

A continuación se presenta la figura con los componentes principales de un biofiltro.

Figura 24. Elementos básicos de un biofiltro



Fuente: *Ingeniería Ambiental grupo E*. <http://ingnieriambientalgrupoe.blogspot.com/>.

Consulta: abril de 2014.

- Aporte a la adaptación al cambio climático

Esta tecnología contribuye a una reutilización racionada del agua que permite un mejor aprovechamiento de este recurso vital, disminuyendo el impacto sobre los recursos hídricos al hacer un uso más eficiente del mismo.

5.1.3. Humedales artificiales

Se consideran como zonas construidas por la mano del hombre en las cuales, de una manera controlada, pueden ser reproducidos mecanismos de eliminación de materiales contaminantes que se presentan en aguas residuales y que se dan en los humedales naturales mediante procesos físicos, biológicos y químicos.

“La remoción de sólidos en humedales es más o menos rápida, y se estima que ocurre en gran parte entre el 12 y el 20 % inicial del área, además la eficiencia de remoción que puede llegar a lograr se estima en un 80 %. Si esta

tecnología se implementa se puede reutilizar hasta un 60 % del agua que ingresa al humedal.”⁴³

La tecnología representada en los humedales artificiales se puede considerar como un sistema en el cual los principales elementos son:

- El sustrato: sirve como soporte a la vegetación, permitiéndole fijación de los microbios, que van a ser partícipes en la mayoría de los procesos de eliminación de los contaminantes.
- La vegetación: contribuye a la oxigenación del sustrato, a la eliminación de nutrientes y sobre la que su parte subterránea también se desarrolla la comunidad microbiana.
- El agua a tratar: circula a través del sustrato y de la vegetación.

Los mecanismos involucrados en la eliminación de los principales contaminantes presentes en las aguas residuales urbanas, con el empleo de humedales artificiales son:

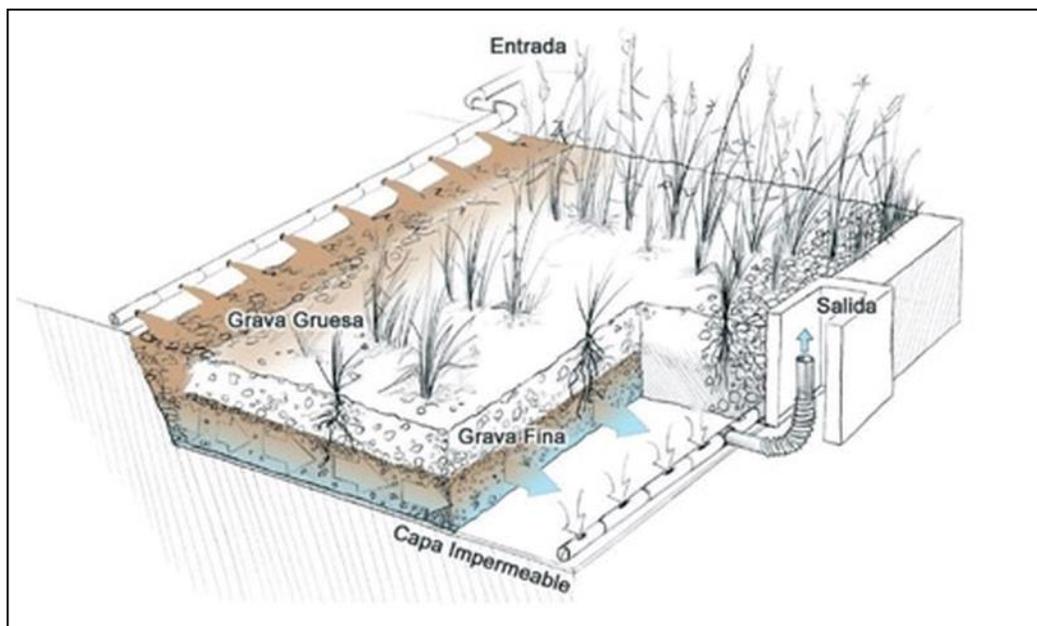
- Eliminación de sólidos en suspensión mediante procesos de sedimentación, floculación y filtración.
- Eliminación de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo, principalmente mediante mecanismos de nitrificación – desnitrificación y precipitación.
- Eliminación de patógenos mediante adsorción, filtración o depredación.

⁴³ SALGOT Miguel. *Depuración de aguas residuales municipales con humedales artificiales*. p. 14.

- Eliminación de metales pesados como cadmio, cinc, cobre, cromo, mercurio, selenio, plomo y otros.

A continuación se presenta el esquema general del funcionamiento y elementos de un humedal artificial.

Figura 25. **Humedal artificial**



Fuente: REIJA MAQUEDA, Alejandro. *IMDEA AGUA*. p. 21.

5.2. Prácticas para la adaptación del cambio climático

Para poder contrarrestar los efectos del cambio climático en Guatemala, específicamente en el área del Corredor Seco, se requiere de la implementación de prácticas y tecnologías para asegurar la disposición de agua durante el periodo necesario.

Por esta razón, la información de prácticas acerca de la conservación de áreas de recarga o fuentes de agua, de técnicas para la cosecha de agua de lluvia, de técnicas para su almacenamiento y conservación, para el reciclaje o reutilización del agua y el uso eficiente de riegos y microriegos, se convierten en acciones fundamentales para contribuir a la seguridad alimentaria y la adaptación al cambio climático.

- Medidas de prevención y precaución

Se debe considerar la vulnerabilidad más que el alcance, todavía incierto, del peligro planteado por el cambio climático. Por lo tanto, es imprescindible saber quién va a necesitar ayuda cuando surjan dificultades de origen climático. Más adelante, las decisiones racionales y los planes podrán formularse teniendo en cuenta esa importante información.

- Desarrollo de investigación e información

A medida que avance este proceso, y que se formulen métodos eficientes para la adaptación, resultará más viable, desde el punto de vista político y económico, adoptar precauciones específicas.

- Criterio de flexibilidad en el desarrollo de actividades productivas

"Una forma práctica de planificación por adelantado en el sector agrícola, por ejemplo, consiste en cultivar distintos productos, algunos de los cuales pueden resultar viables en momentos de flujo climático, en lugar de invertir en un único cultivo que puede ser destruido por una sequía o una ola de calor."⁴⁴

⁴⁴ Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño. *Adaptación y mitigación frente al cambio climático*. [www. ciifen.org](http://www.ciifen.org). Consulta: octubre de 2015.

Las decisiones racionales sobre la ubicación más segura de las nuevas instalaciones y obras de infraestructura son una medida valiosa y eficaz en función de los costos que los gobiernos y las empresas pueden tomar ahora y en los años próximos.

Un mejor uso del agua de lluvia, acompañado con la conservación de las zonas de recarga, un mejor uso y manejo del suelo, el diversificar de los cultivos y el uso de enfoques denominados inteligentes respecto al clima, podrían contribuir a que los agricultores hagan más que simplemente eludir el temporal, y mejorar sus niveles de producción y manejo sostenible de sus parcelas o fincas.

5.2.1. Uso eficiente de riegos y microriegos

La energía más usada para el riego en la producción agrícola y de pequeña y mediana escala es la gravedad. Además, en los equipos y materiales utilizados, se suele elegir los de menor costo como tubos de polietileno o poliductos, mangueras perforadas artesanalmente para goteo, aspersores de jardinería, entre otros.

Los sistemas a esta escala son más baratos que los diseñados y establecidos usando equipos y materiales más completos técnicamente hablando y validados; igualmente, son más baratos en relación a los que usan energía eléctrica o combustible.

"En condiciones óptimas, y tomando en cuenta las condiciones socioeconómicas donde suelen instalarse los microriegos, será siempre preferible el riego por aspersión, esto debido a sus menores costos de

inversión (menos de US\$ 2 500,00/ha para aspersión contra no menos de US\$ 3 500,00/ha en el caso del goteo) y de mantenimiento.”⁴⁵

Tabla LIX. Análisis de costos aproximado del comportamiento de los sistemas de riego por goteo y aspersión

Indicadores de sostenibilidad	Sistema de riego	
	Aspersión	Goteo
Inversión inicial	Mediana	Alta
Mano de obra	Mediana	Baja
Necesidad de energía	Alta	Mediana
Consumo de agua	Bajo	Bajo

Fuente: MAGA, Departamento de Riego, 2012.

Tabla LX. Resultado de estimaciones promedio de generación de empleo por hectárea regada

VARIABLE	PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO	RESULTADOS
Hectáreas incorporadas	Área del proyecto	1 hectárea
Jornales generados (ejecución de obras y prácticas culturales)	Para cultivos anuales se utilizan 324 jornales por cosecha y se estiman 2 cosechas al año, equivalentes a 648 jornales; para cultivos perennes se utilizan solamente 324 jornales al año.	648 jornales

⁴⁵ Asociación mundial para el agua, capítulo Centroamérica. *Tecnologías para el uso sostenible del agua*. p. 15.

Continuación de tabla LX.

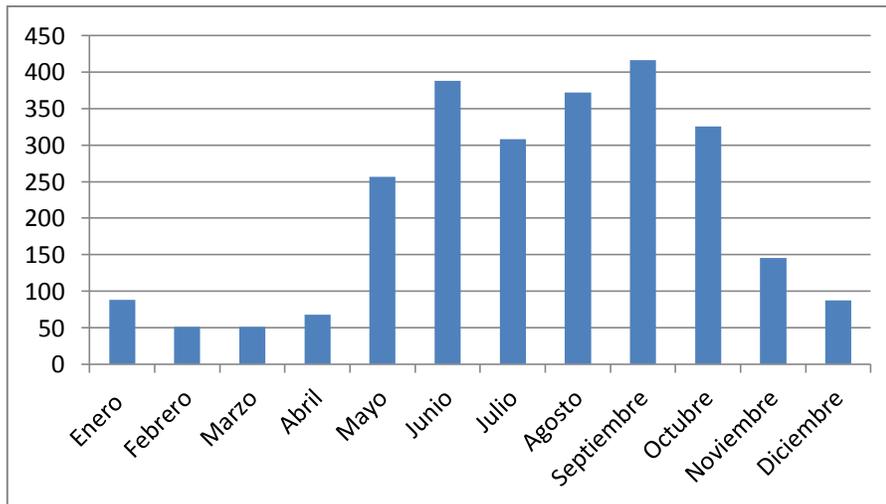
Puestos fijos de trabajo	648 jornales/250 (constante) = 2,59 puestos fijos	2 puestos fijos
Beneficiarios directos	Es el número de proyectos x 6 (media que se utiliza de miembros integrantes del grupo familiar)	6 beneficiarios directos
Beneficiarios indirectos	Son los puestos fijos x 6 (media que se utiliza de miembros integrantes del grupo familiar)	12 beneficiarios indirectos

Fuente: MAGA, Departamento de Riego, 2012.

En Guatemala, la gravedad de la situación de inseguridad alimentaria se puede ver en su mayoría acusada en las épocas más secas del año y, por lo general, en el área conocida como Corredor Seco se puede observar casi todo el año, debido a la poca precipitación pluvial que se da en la zona.

Empresas privadas y ONG han puesto en marcha una tecnología de microriego de bajo costo que puede permitir a los agricultores aumentar las cosechas. Se trata de unas bombas de riego por goteo que tienen como principal característica su bajo costo, su sencillez y el uso eficiente del agua. Estos sistemas de riego de baja presión se utilizan tanto para pequeños huertos familiares como pequeñas y medianas parcelas.

Figura 26. **Precipitación promedio mensual en Guatemala en el período de 1990 a 2009**



Fuente: Banco Mundial.

Además de la puesta en marcha de estas bombas de riego, lo que se busca es trabajar con cooperativas de ahorro y crédito, así como cooperativas de agricultores, entre otros, para diseñar y adaptar productos financieros que permitan la compra y financiación de las bombas de agua.

Gracias a este sistema de riego, en la temporada seca, los agricultores podrán tener un aumento del 30 % de su producción y podrán cultivar productos de temporada húmeda (tomates, lechuga, pepino), mejorando su alimentación básica.

- **Microrriegos de baja presión**

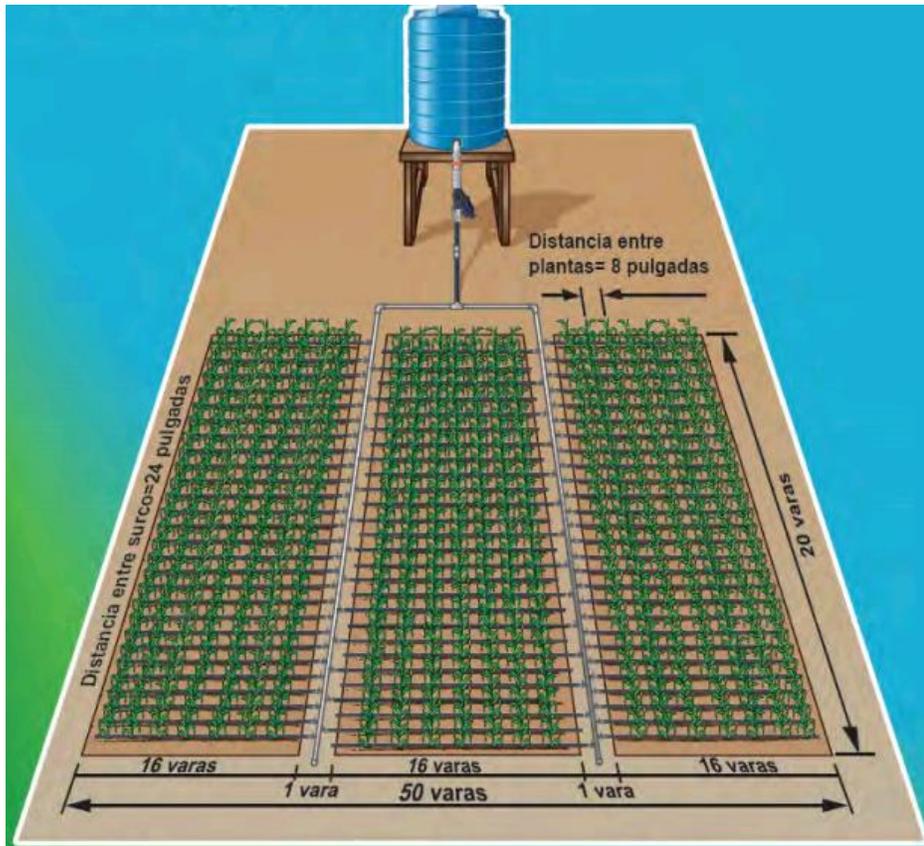
Los sistemas de microriego de baja presión representan una alternativa menos costosa, pero efectivos de igual manera, que los denominados sistemas de riego

por goteo. En lugares en donde el caudal de agua es reducido, como el Corredor Seco de Guatemala, pueden llegar a convertirse en una opción viable, debido a que con menos agua y menos presión, garantizan la humedad que un cultivo necesita para desarrollarse a su máxima capacidad. Esta técnica permite irrigar una superficie 5 a 6 veces más grande con una misma cantidad de agua y obtener un margen de más del 70 % a más del 200 % según las producciones.⁴⁶

- Partes del sistema de riego
 - Tanque, pila o reservorio para almacenar desde 1 850 hasta 5 000 litros de agua. Se coloca sobre una tarima de madera.
 - Manguera principal de 1 ¼ de pulgada.
 - Accesorios de PVC.
 - Llave de pase principal de 40 milímetros.
 - Válvula de plástico de 32 milímetros.
 - Filtro de plástico de 32 milímetros.
 - Tubos cortos de PVC.
 - Perforador metálico para la manguera principal.
 - Manguera lateral plástica.
 - Microtubos de plástico de 1,2 milímetros de diámetro y 25 centímetros de largo.

⁴⁶ *Microriego en Madagascar*. www.avsf.org. Consulta: octubre de 2015.

Figura 27. Esquema de un sistema de microriego de baja presión



Fuente: IICA. *Guía de instalación y uso de microriego de baja presión*. p. 15.

5.2.2. Zonas de recarga

La recarga hídrica es el proceso donde el flujo de agua desciende en el suelo hasta alcanzar el nivel freático, incrementando el agua almacenada, es decir, el volumen de agua que entra en un embalse subterráneo durante un periodo a causa de la infiltración de las precipitaciones o de un curso de agua. Se puede dividir según el tipo de estimación en:

- Recarga natural, que es el volumen de agua que alcanza el nivel freático.

- Recarga potencial, que es el volumen de agua que puede ir a diferentes destinos por evapotranspiración, cambio de humedad en la zona saturada del suelo, descarga a cursos de agua y alcance de reservorios de agua subterránea.

Un aspecto a destacar es que la capacidad de infiltración de los suelos desempeña un papel fundamental en los procesos de regulación y escurrimiento, como respuesta a una precipitación de la cuenca. Lluvias de iguales intensidades pueden producir caudales diferentes. La capacidad de infiltración es también muy importante en el estudio de la recarga de acuíferos.

Tabla LXI. **Balance hídrico mensual promedio en cuencas del Corredor Seco de Guatemala 2011**

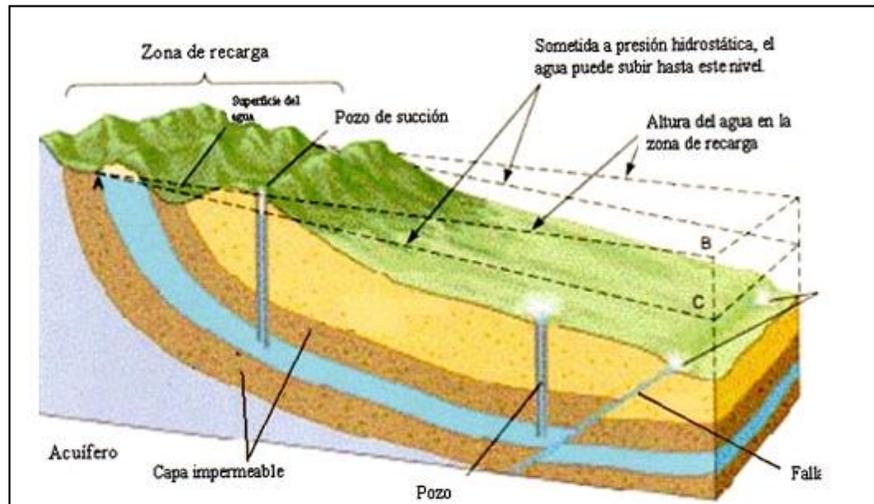
Mes	Precipitación	Retención	Recarga potencial
Mayo	258,79	51,76	182,04
Junio	434,20	86,84	306,03
Julio	382,97	76,59	250,68
Agosto	496,10	99,22	333,30
Septiembre	487,30	97,46	324,99
Octubre	63,85	12,77	41,06
Noviembre	130,19	26,04	94,10
Diciembre	118,37	23,67	83,62
Enero	125,34	25,07	89,09
Febrero	66,14	13,23	41,26
Marzo	107,70	21,54	70,21
Abril	25,52	5,10	18,65
Total	2 696,47	539,29	1 835,05

Fuente: CARLOS ROSITO, Juan. *Determinación del balance hidrológico del ecosistema del oriente de Guatemala*. p. 39.

Para calcular el balance se utiliza la precipitación que debe ser igual a la suma de retención, evapotranspiración real y recarga potencial.

$$\text{Precipitación} = \text{retención} + \text{evapotranspiración real} + \text{recarga potencial}$$

Figura 28. **Representación de una zona de recarga y sus componentes**



Fuente: FAYANÁS ESCUER, Edmundo. *El agua potable segura es esencia*. p.50.

- Aporte del microriego a la adaptación al cambio climático

Las tecnologías basadas en microriego son un buena medida ambiental, porque optimizan y racionalizan la cantidad de agua que se aplica al cultivo o plantación, por lo tanto contribuyen positivamente con la adaptación al cambio climático y permiten mejorar los niveles de producción y de la siembra continua.

5.3. **Tecnologías para la captación de agua**

En la actualidad, las técnicas de captación de agua que más se utilizan en zonas secas, como el Corredor Seco de Guatemala, son la recolección de agua de lluvia, en menor forma, la de escorrentía y la extracción de aguas subterráneas. Dichas técnicas tienen como complemento la constitución de elementos de almacenamiento.

En toda la región centroamericana se han probado diferentes técnicas de captación, que pueden ser construidas a través de la mano de obra familiar o de la comuna. Además, requieren pocos insumos externos o bajas inversiones y que ya se utilizan en el área rural la región. Una forma de conceptualizar la captación del agua es considerarla como cosecha de agua, que es la práctica orientada a capturar el agua de lluvia a través de la construcción de obras adecuadas para su almacenamiento.

- Contribución a la adaptación al cambio climático

En el enfoque de gestión de forma integrada del recurso hídrico y de manejo sostenible del agua en el sector agrícola, la mayoría de las tecnologías para la captación y almacenamiento de agua tienen una influencia positiva para contribuir en la adaptación al cambio climático, pues estas permiten almacenar el agua que cae durante la temporada lluviosa para hacerla disponible en la producción agrícola durante la época seca.

De acuerdo con Bocek los criterios para determinar cuál es el mejor método para almacenar agua de lluvia o de escorrentía incluyen:

- El objetivo por el cual el agua se recolecta
- La pendiente del terreno
- Las características del suelo
- Los costos de construcción
- La cantidad, intensidad y distribución estacional de las lluvias
- Factores sociales como la tenencia de la tierra y las prácticas tradicionales del uso del agua

5.3.1. Esponja biológica-hídrica para recolección de agua de lluvia

La hidrología forestal se puede definir como la ciencia que se encarga del estudio del comportamiento del ciclo hidrológico desde el punto de vista de los ecosistemas forestales. Su estudio se hace a partir de las funciones hidrológicas que han sido atribuidas al los bosques, entre las cuales se destaca el efecto esponja hídrica, que consiste en reducir la escorrentía proveniente de la precipitación durante invierno, y mantener los caudales durante el verano (agua proveniente de los mantos acuíferos).

La regeneración de la cobertura vegetal construye la denominada esponja biológica-hídrica, que capta o recoge el agua proveniente de la lluvia, todo esto mediante el desarrollo de praderas de diferentes especies nativas, dependiendo de la región en donde se realice, y exóticas que construyan una esponja cada vez más eficiente. Este proceso se logra si se consigue que la mayor parte del suelo esté cubierto de plantas o hierbas que crezcan en estas áreas.

Así, el agua que llegue a caer sobre el follaje discurrirá sobre la planta llegando rápidamente hasta el suelo, donde se tendrá una esponja hídrica-biológica formada por la infinidad de galerías y microgalerías, que se constituyen por los canalículos que dejan las raíces y raicillas que se mueren a cada instante y cuyos despojos agregaran materia orgánica higroscópica al suelo.

5.3.2. Captación de agua a partir de techos o de superficies impermeables

Este tipo de tecnología consiste primordialmente en la captura del agua que cae de forma directa en los techos de las casas u otras construcciones, como escuelas o bodegas, dependiendo del lugar en donde se desee realizar. El objetivo es capturar el agua proveniente de la lluvia y pasarla a elementos de almacenaje que permitan su uso posterior, ya sea para consumo humano o en pequeños huertos familiares o escolares.

La cantidad de agua que se pueda acumular dependerá de la precipitación anual de la zona o región, además del área techada con que se cuente. Esta tecnología corresponde a soluciones de tipo unifamiliar o multifamiliar.

El tamaño de los elementos de almacenaje depende del área de captación, la precipitación y la demanda de agua de los usuarios o beneficiarios. Para el consumo directo, el agua debe ser desinfectada y, si las circunstancias lo requieren, previamente debe ser filtrada.

El costo para establecer esta tecnología depende del tipo de material que se use para los canales de captación y del largo que estos tengan, también influye la estructura que se utilice para el almacenamiento, que puede ser cisternas, pilas o tanques. El costo de los canales de captación está alrededor de US\$ 30,00 y el de la estructura de almacenamiento con capacidad de 3 a 4 metros cúbicos, oscila entre los US\$ 100,00 y US\$ 200,00.⁴⁷

- Componentes del sistema de captación en techos

⁴⁷ Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño. *Tecnologías para el uso sostenible del agua*. p. 38.

- Techo

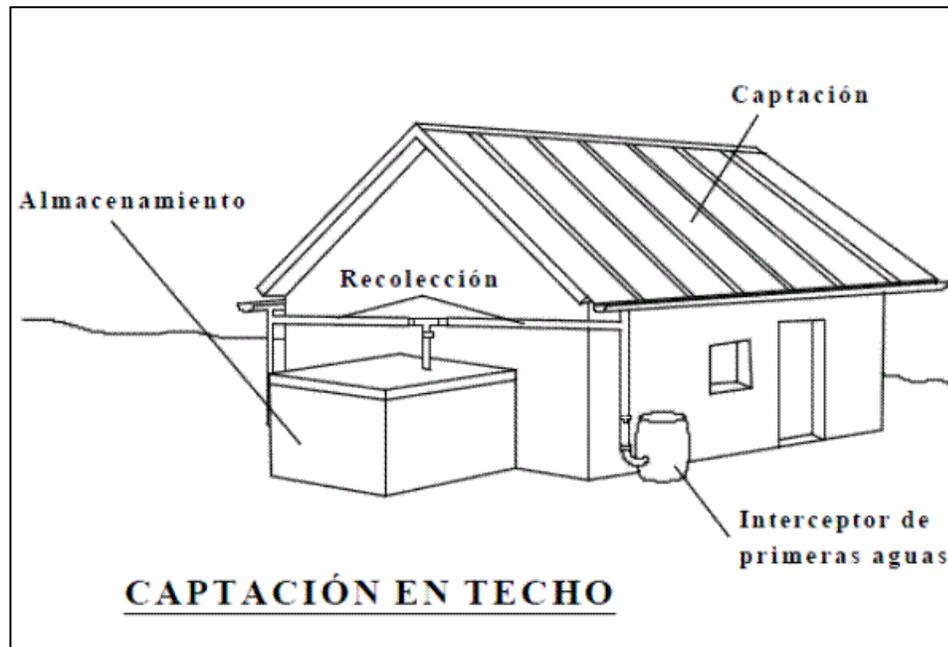
Es el componente más importante del sistema. Debe ser de material impermeable, liso y uniforme (sin deformidades) para que el coeficiente de escorrentía sea elevado (arriba de 0,8 u 80 %). En las zonas rurales, los materiales constructivos varían bastante. Los más comunes son lámina galvanizada, lámina de asbesto (material que puede encontrar restricciones de uso en algunos países), tejas de arcilla o concreto. El techo se debe mantener limpio, libre de hojas y otros detritos, para que el agua recogida sea de buena calidad.

- Canaletas

Son las estructuras que se colocan en la parte donde termina el techo para captar el agua que escurre y cae por el declive y conducirla a un lugar de almacenamiento. Las canaletas deben tener las siguientes características:

- Dimensiones adecuadas al volumen de escorrentía.
- Pendiente uniforme hacia el tubo de conducción.
- Suficiente estructura de apoyo para soportar el peso del agua cuando esté bajo plena carga.
- Mantenerlas limpias, sin impedimentos al desplazamiento de la escorrentía.
- Boca de salida suficiente para el caudal máximo.

Figura 29. **Elementos del sistema de captación de agua de lluvia en techos**



Fuente: Universidad Nacional de Catamarca. *Cosecha de agua*. p. 125.

5.3.3. **Micropresas desmontables**

Este tipo de tecnología consiste principalmente en elaborar represas en una quebrada o también se puede implementar en un río, con el fin de almacenar agua suficiente, según sea la necesidad. Estas represas se hacen fundamentalmente en el cauce de la quebrada o el río, por esta razón se construyen una estructura desmontable, que permita armarla en la época de verano para ser usada y desarmarla en temporada de lluvia, para evitar que la obra sea destruida por las corrientes fuertes de agua.

Estas pueden ser construidas de varias formas, como sacos con arena y plástico o de piedras bolón, acomodadas una sobre otra en sentido transversal

a la pendiente del terreno o curso de las aguas para formar el muro de retención.

- Ventajas
 - Una vez construida requiere poca mano de obra para mantenimiento.
 - Se adapta a todo tipo de suelo.
 - Se alcanza una mayor diversificación productiva en las parcelas.

- Desventajas
 - Dependiendo de los materiales, puede tener un costo relevante el construir la presa.
 - Montaje y desmontaje anual.
 - Nivel de organización para manejo y uso del agua para mantener producción escalonada y tecnología apropiada.
 - Requiere de alto nivel de conocimiento para administrar el recurso hídrico con planes de riego a nivel comunitario.

- Materiales y construcción

Cuando es construida de sacos, llenos de arena, estos se ubican en sentido transversal a la pendiente o a la corriente de la quebrada para retener el agua. Se recomienda ubicar doble fila de sacos traslapados para dar mayor resistencia al muro de retención. Debe colocarse plástico calibre 1 000 micrones, o salinero de 6 000 micrones debe colocarse entre las dos filas de sacos, para evitar que el plástico sea perforado por peces. Cuando se usa

pedra, esta se acomoda una sobre otra en sentido transversal a la pendiente del terreno o del curso de las aguas para formar el muro de retención. El costo promedio de una micropresa desmontable de sacos con arena y plástico es de US\$ 249,00. El costo promedio de esta alternativa tecnológica con piedra es de US\$ 86,00.

Figura 30. **Micropresa de sacos de arena y plástico**



Fuente: INTE. *Cosechemos y protejamos el agua*. p. 139.

5.3.4. Lagunetas, reservorios o embalses

Se consideran lagunetas, reservorios o embalses a grandes depósitos formados artificialmente al cerrar la boca de un pequeño valle, microcuenca, hondonada o vertiente mediante una presa o por la construcción de un dique, con el objetivo de detener el escurrimiento del agua, aprovechar el agua lluvia y crear el embalse.

El agua almacenada se utiliza en un sistema de microriego en los períodos críticos de sequías en áreas pequeñas de cultivos, para orientarla hacia pilas de consumo animal y también para el consumo humano cuando se le da el tratamiento adecuado como cloración, hervido o filtrado.

- Pasos para construir reservorios
 - Construir el reservorio en verano para evitar inconvenientes en la construcción.
 - Limpiar y nivelar el terreno para construir el reservorio a una profundidad de 1 a 1,5 metros, para evitar derrumbes en las paredes de la estructura.
 - Antes del reservorio y sobre la pendiente, una distancia de 3 a 6 metros, construir una pila de sedimentación o un dique para retener todo material que arrastre la corriente.
 - Se debe tener un canal de salida de agua para evitar que se derrame.
 - No captar la primera lluvia de la temporada, porque arrastra basura, ramas y otros que no fueron retiradas durante la limpieza previa.

Figura 31. **Reservorio revestido con plástico**



Fuente: INTE. *Cosechemos y protejamos el agua*. p. 140.

- **Lagunetas**

Se construyen generalmente cerrando la boca de un pequeño valle para detener la corriente del agua, se utilizan para riego y agua para ganado. Con la ayuda de maquinaria o personal y herramientas para excavar, se debe remover el suelo de acuerdo al tamaño que se desee construir y luego se apisona el suelo.

- **Protección de la laguneta**

- Cercar la laguneta con alambre.
- Reforestar el área aledaña a la laguneta.
- Establecer cercas vivas con estacones prendedizos.
- No aguar los animales en la laguneta.
- Limpiar cada dos años en verano, todos los sedimentos almacenados en el fondo de la laguneta.

Figura 32. **Laguneta**



Fuente: INTE. *Cosechemos y protejamos el agua*. p. 153.

5.4. Tecnologías para el almacenamiento del agua

Todos los sistemas para la captación de agua, especialmente los de agua de lluvia, requieren de una estructura especial para almacenar el agua recolectada, desde donde se podrá utilizar racionalmente, de acuerdo a las necesidades. La etapa más importante en un proyecto de captación de agua es la definición de la estructura de almacenamiento.

En los sistemas de captación a pequeña escala en terrenos de cultivos, el almacenamiento de agua se puede elaborar en el suelo mismo, el cual debe tener una retención adecuada y estructuras para captar e infiltrar el agua. En los casos de captación externa de agua, principalmente cuando se plantea utilizar una parte o toda en sistemas de riego, existe la necesidad de estructuras de almacenamiento para regular, de manera adecuada, el uso en diferentes periodos de consumo del cultivo.

Tabla LXII. **Relación entre la afinidad de uso, tipo de captación y estructura de almacenamiento**

Finalidad de uso	Tipo de captación	Estructura de almacenamiento
Consumo doméstico	Cosecha de agua de los techos	Cisternas y estanques Tanques de PVC Barriles
Consumo animal	Cosecha de agua desde los techos, patios y macrocaptación	Cisternas Estanques Presas o embalses
Consumo vegetal	Captación de agua en el terreno	Zanjas Bancales
Consumo vegetal y animal	Captación externa de agua y conducción hacia el terreno	Presas o embalses Cisternas o tanques

Fuente: FAO. *Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe*. p. 139.

5.4.1. Cisterna tipo tinaja

Este tipo de elemento se considera como reservorios de agua cerrados que pueden ser construidos con diferentes tipos de material y de formas diversas. Generalmente, se almacena agua para el consumo doméstico familiar u otros pequeños usos, como el abrevadero de animales de corral y huertos caseros. Los volúmenes almacenados pueden alcanzar hasta unos 50 metros cúbicos; sin embargo, los diseños económicamente más factibles están por debajo de los 20 metros cúbicos.

- Ventajas
 - Es de fácil construcción con apoyo de personas locales.
 - No ocupa mucho espacio debido a que está enterrada.

- Se llena con agua de techo, potable, de río, aguas conducidas por bombas y por escorrentías.
- Desventajas
 - Dependiendo de su tamaño y uso la capacidad es limitada
 - No se recomienda para suelos muy arcillosos o muy arenosos pues tienen costos de construcción muy elevados
 - Necesita de una inversión inicial importante
 - Se requiere apoyo de un constructor local
- Trazado

Una vez definido el volumen de la cisterna, es posible definir el radio de la base. Cabe recordar que para cisternas de forma circular el volumen es dado por la siguiente relación:

$$V = h \times A$$

$$A = V \div h$$

$$R = \sqrt{A \div \pi}$$

Donde

V= volumen de la cisterna, en metros cúbicos

h= altura de la cisterna, en metros

A= área de la base, en metros cuadrados

R= radio de la base de la cisterna, en metros

El volumen es definido por las necesidades de uso. La altura de la cisterna es definida previamente por el modelo y generalmente no pasa de dos metros.

Con el valor del radio y utilizando una cuerda y estacas, se traza una circunferencia en el lugar seleccionado.

Figura 33. **Lugar de construcción de una cisterna tipo tinaja**



Fuente: FAO. *Tecnologías para el uso sostenible del agua*. p. 36.

5.4.1.1. Condiciones agroecológicas y climáticas

Este tipo de cisternas o tinajas se puede usar en un rango amplio de condiciones agroecológicas y climáticas, principalmente para aquellas zonas donde hay problemas de baja precipitación y mala distribución, inclusive, se puede utilizar donde puede llover hasta 2 500 mm pero con distribución muy irregular. En terrenos muy arcillosos o muy arenosos es necesario reforzar bien el suelo, por lo que se recomienda su construcción en suelos que tengan un nivel medio de arcilla y de arena.⁴⁸

⁴⁸ Asociación Mundial para el Agua, capítulo Centroamérica. *Guía Técnica - Manejo y aprovechamiento de agua con fines agropecuarios*. p. 49.

5.4.2. Pila de agua

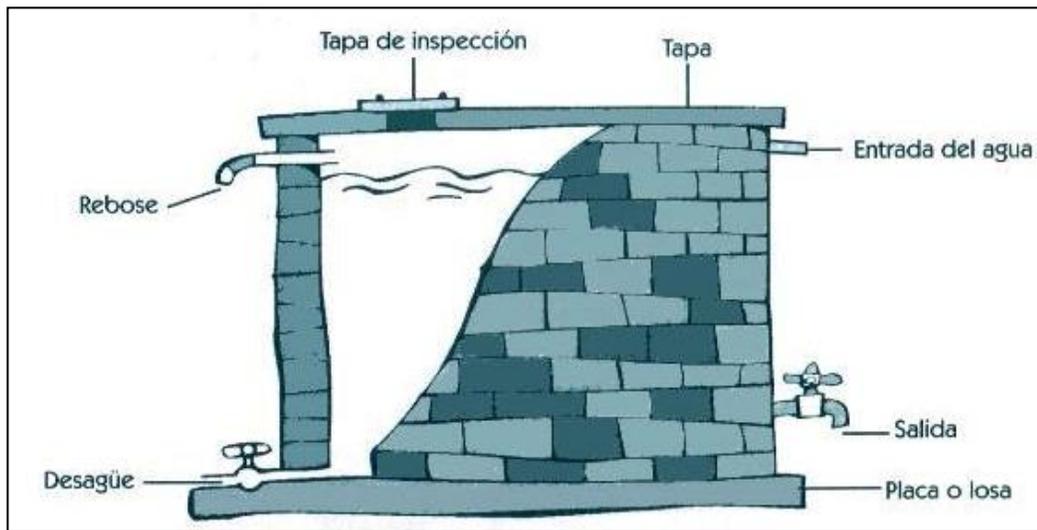
Este tipo de estructura es de la familia de las cisternas, regularmente de forma rectangular con pared única de mezcla (cemento y arena), construida aplicando dos capas internas y dos externas a una estructura de sostenimiento y amarre. Por lo general, se elabora por cinchas de alambre galvanizado recubierto con concreto, aunque en la actualidad las pueden llegar a elaborar de plástico resistente. Cuando en una comunidad o región el suministro de agua es restringido debido a un abastecimiento insuficiente, se puede optar por una solución apropiada para satisfacer esta necesidad a la población, mediante la implementación de pilas o piletas en los hogares.

- Ventajas
 - Oportunidad de recoger más agua, si el tamaño de la pila es el adecuado.
 - Economía de tiempo y comodidad en la recolección del agua.
 - Servicio de abastecimiento de agua familiar y para uso doméstico en general.

- Mantenimiento
 - Los tanques deben estar correctamente tapados con una cubierta que encaje con exactitud.
 - Se recomienda hacer un chequeo alrededor del área de la pileta o del tanque de almacenamiento para evitar el ingreso de agentes contaminantes.
 - No deben existir residuos de basuras, ni excrementos, ni animales cerca del área.

- En los tubos de rebose y salida del agua se deben instalar mallas en los extremos, para evitar la entrada de pequeños animales y mosquitos que puedan contaminar el agua.

Figura 34. **Elementos principales de una pila de agua**



Fuente: Organización Mundial de la Salud. *Indicadores básicos*. p. 54.

5.5. **Tecnologías para fines agropecuarios**

América Central ha sido conocida por el desarrollo de obras de captación de agua elaboradas en las partes altas de los caudales de agua, como ríos o arroyos, para conducirla hasta las partes bajas de un terreno a través de canales sin revestimiento o tuberías.

Cuando se usa agua de alta calidad física, química y biológica, se facilita la aplicación de riegos presurizados y el cumplimiento de la normativa relativa a la inocuidad de los alimentos. Cuando los sistemas de riego son artesanales,

sufren muchos daños debido a las escorrentías de invierno, provocando deslaves que interrumpen la conducción del agua y esto provoca una elevación de sus costos anuales.

En el caso de las áreas regadas en la orilla de los ríos, el más grande desafío que enfrentan son los daños a las áreas de cultivo, pues poseen poca o ninguna protección ante las crecidas de los cauces de los ríos. Algunos sistemas han construido muros o diques, lo cual reduce los impactos negativos en las obras y los cultivos.

Los métodos de riegos más utilizados se pueden agrupar en cuatro tipos:

- Gravedad o superficie
- Aspersión y microaspersión
- Localizado o por goteo
- Subirrigación

5.5.1. Riego por aspersión

La tecnología del riego por aspersión consiste en hacer llegar el agua a las plantas en forma generalizada, para esto se utilizan mangueras de media pulgada de diámetro, pueden ser de varios materiales y se colocan a lo largo de donde se quiere regar. Para la ubicación de los microaspersores se debe de tomar en cuenta la cobertura máxima que posee cada aspersor, los que pueden cubrir en un diámetro de hasta 2 metros, esto dependerá directamente de la presión con la que llegue el agua.

Funcionan por la presión del agua que es trasladada desde donde se almacena el agua a través de un poliducto o manguera y que, al llegar al

aspersor, lo pone en funcionamiento, regando el agua en la superficie de cultivo. Es necesario que el punto de almacenamiento esté a un nivel más alto que el lugar donde se encuentra el aspersor, para generar buena presión.

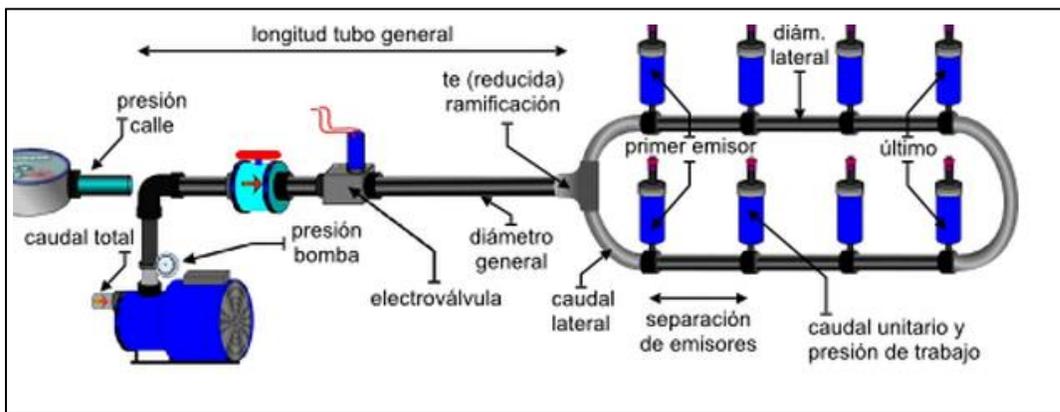
Los sistemas de riego por aspersión son una tecnología que debe ser validada y adoptada por los pequeños productores de ladera, estos deben satisfacer algunos criterios que incluyen:

- Rusticidad, es decir que los sistemas de riego deben, en lo posible, hacer uso de materiales locales.
- Bajo costo, los costos de implementación y manejo deben estar al alcance de la economía campesina.
- Fácil manejo, la operación de los sistemas debe facilitar las labores de la finca y no complicarlas.
- Deben ser ambientalmente amigable, el riego debe contribuir con la conservación de los recursos naturales.

- Ventajas
 - Son sistemas sencillos de establecer y mantener, que no requieren de mucha mano de obra.
 - Esta tecnología puede usarse aunque no exista seguridad o tenencia de la tierra, ya que los materiales se pueden retirar fácilmente del terreno si es necesario.
 - El riego por aspersión puede ser utilizado para la siembra de diversos rubros productivos y durante todo el año.

- Desventajas
 - El sistema necesita presión suficiente del agua para su buen funcionamiento.
 - El taponamiento de los emisores por causas físicas, químicas y biológicas del agua de riego, a los sistemas de filtrado o el tipo de emisores.
 - Mala distribución del agua, ya que solo se humedece entre 30 % a 60 % del volumen radicular.

Figura 35. **Esquema general de un sistema de riego por aspersión**



Fuente: IRC. *Riego por aspersión*. p. 82.

5.5.2. Riego por aspersión con sistema Microjet

Este tipo de tecnología es un sistema artesanal simple que puede distribuir el agua de manera uniforme, con un daño mínimo o nulo al cultivo y al suelo. Se puede utilizar desde áreas pequeñas hasta 1 manzana. Para lograr una buena distribución del agua en la parcela a irrigar se necesita una altura de la fuente al

microsistema de 2 metros como mínimo; cada microaspersor tiene capacidad para irrigar un radio de 4 metros en un tiempo de 30 a 60 minutos.⁴⁹

- Condiciones ecológicas a las que se adapta la tecnología
 - Precipitaciones anuales

Este se define como un microsistema altamente apropiado para zonas secas donde las precipitaciones son escasas, alcanzando máximo unos 1 500 milímetros anuales, aunque también puede ser utilizado en zonas con precipitaciones mayores para la producción en período seco.

- Disponibilidad de agua en la finca

Esta tecnología tiene un consumo de agua mucho menor que con el riego por aspersión. No obstante, se recomienda contar con una fuente de agua que cubra los requerimientos en el período en que se usa el sistema.

- Porcentaje de pendiente

Para la implementación de este sistema, es preferible que exista una pendiente fuerte entre el punto donde está el agua y la parcela, para garantizar la presión que se requiere para hacer funcionar los microaspersores. Sin embargo, dentro de la parcela se prefiere la menor pendiente posible.

⁴⁹ Fundesyram. *Riego por aspersión tipo Microjet*. p. 76.

Figura 36. **Sistema de riego por aspersión con Microjet instalado y funcionando**



Fuente: FAO. *Tecnologías para el uso sostenible del agua*. p. 189.

5.6. **Sistemas de bombeo**

En lo referente al agua, las bombas suelen ser conocidas como dispositivos que permiten tener un acceso más fácil al agua, para que tanto el agua superficial de ríos y quebradas como el agua subterránea, sea transportada a través de tuberías o mangueras para ser almacenada temporalmente en estructuras como: pilas, tanques plásticos o barriles. El agua así obtenida se orienta a cubrir las necesidades de consumo humano, uso doméstico, riego a mayor y a pequeña escala y para el abrevadero del ganado.

- **Bombeo de agua para riego de uso agrícola con energía solar**

Los sistemas de bombeo de agua con energía fotovoltaica, aparte de ser independientes de la red eléctrica pública, tienen la ventaja de ser muy eficientes y económicamente rentables. Hay soluciones pequeñas para

biberones de los animales como gallinas y aves, para el ganado y para las piscinas de alevines de peces o de larvas de camarones.

Otras aplicaciones son la elevación de agua de riego desde un pozo o un canal de riego más bajo, la circulación de agua para el proceso de limpieza de los bananos o flores, el bombeo de agua para piscinas de producción de peces, para alimentar sistemas de riego a goteo o simplemente prestar el agua para una finca.

Aunque las bombas solares pueden ser conectadas a un banco de baterías que se recarga durante el día para usarla por la noche, se prefieren los sistemas solares que usan la energía solar durante el día, y acumulando el agua en tanques de acumulación para su uso nocturno.

Un sistema solar de bombeo de agua tiene los siguientes componentes:

- Paneles solares fotovoltaicos.
- Controlador solar con optimización de punto de trabajo en la potencia máxima.
- Bomba solar de superficie o sumergible.

La vida útil de los paneles fotovoltaicos es de entre 25 y 30 años, y no necesitan ningún mantenimiento, solo hay que limpiarles con agua. El controlador es un equipo electrónico hecho para una larga duración.

La bomba consiste de dos partes, el motor que es herméticamente encapsulado y el cabezal de la bomba que tiene una vida útil larga con ningún mantenimiento, solamente se limpia el pozo frecuentemente.

5.6.1. Bomba Rochfer

Este es un tipo de bomba cuyo funcionamiento está dado gracias a la energía provista por una fuente de agua, que normalmente suele ser un río, una quebrada o un pozo y no necesita de ninguna fuente de energía convencional como electricidad o gasolina. Para lograr su diseño, se necesita una fuente de agua para accionar la rueda y un desnivel suficiente para que el agua pueda ser conducida hasta lo más alto de la rueda. Desde el lugar donde está la bomba, se construye un canal para devolver el agua de accionamiento a la quebrada o río. Si se utiliza la misma fuente para abastecerse del agua, se instala una línea de succión desde la fuente hasta la bomba y, desde ese punto, una línea de conducción hasta el tanque de almacenamiento.

Una bomba de tipo Rochfer puede llevar una cantidad de hasta 100 metros cúbicos al día por bomba y se puede bombear agua hasta 350 metros de altitud y hasta 10 kilómetros de distancia. En este sistema, el bombeo está separado de la succión, por tal motivo se puede colocar la bomba en una caída de agua no salubre y bombear desde un nacimiento de agua o represa.

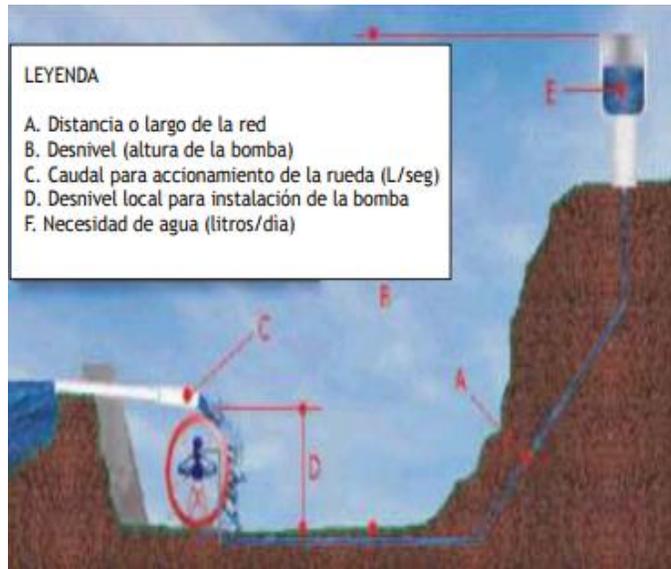
5.6.1.1. Aporte a la adaptación al cambio climático

Es una tecnología que puede ser viable para contribuir a la adaptación al cambio climático, ya que al realizar un uso racionado del agua, impacta de forma positiva en las condiciones ambientales de una región.

- Ventajas
 - No tiene costos de operación, ya que no gasta energía eléctrica ni combustibles.

- Funciona de manera automática las 24 horas.
 - Suministra hasta 100 000 litros de agua al día.
 - Distancia de bombeo de hasta 10 km.
 - Usa energía renovable y no provoca daños ambientales.
 - Su mantenimiento es sencillo y de bajo costo.
- Desventajas
 - Existe una inversión inicial importante, por lo tanto es para obras comunitarias o familias con mayores ingresos.
 - Requisitos del diseño exigentes para que sea factible su funcionamiento.
 - Se necesita una fuente de agua con un caudal grande para accionar la bomba.
 - Calidad de agua limitada o agua de poca profundidad o aguas superficiales.
 - Se requiere cierto nivel de formación para operar y dar mantenimiento.

Figura 37. **Sistema de bomba Rochfer**



Fuente: WSP. *Tecnologías apropiadas para el suministro de agua y saneamiento rural*. p. 56.

5.6.2. **Bombas de mecate o de sogá**

La bomba de mecate es una de las más sencillas en cuanto a su elaboración y consiste principalmente en hacer pasar una serie de tapones plásticos por dentro de un tubo de PVC, que atados a una cuerda de nailon funcionan como un pistón y el tubo como un cilindro de dirección. La operación de la bomba de mecate es sencilla y consiste en dar vuelta a una manigueta metálica o de madera que a la vez mueve una rueda para la extracción del agua de pozos.

La bomba de mecate es una tecnología que permite, a quien la utilice, extraer agua de profundidades hasta de 40 metros. Sin embargo, diseños especiales tienen capacidad para instalarse a 80 metros y volverla disponible para ser utilizada en el riego total o parcial de pequeñas parcelas durante el

verano o en los periodos críticos durante el invierno, también para el consumo humano y animal. La bomba de mecate permite la extracción de agua de pozos hacia la superficie y, mediante la adaptación de una torre, el agua puede elevarse a puntos más altos, esta elevación depende de la altura de la torre.

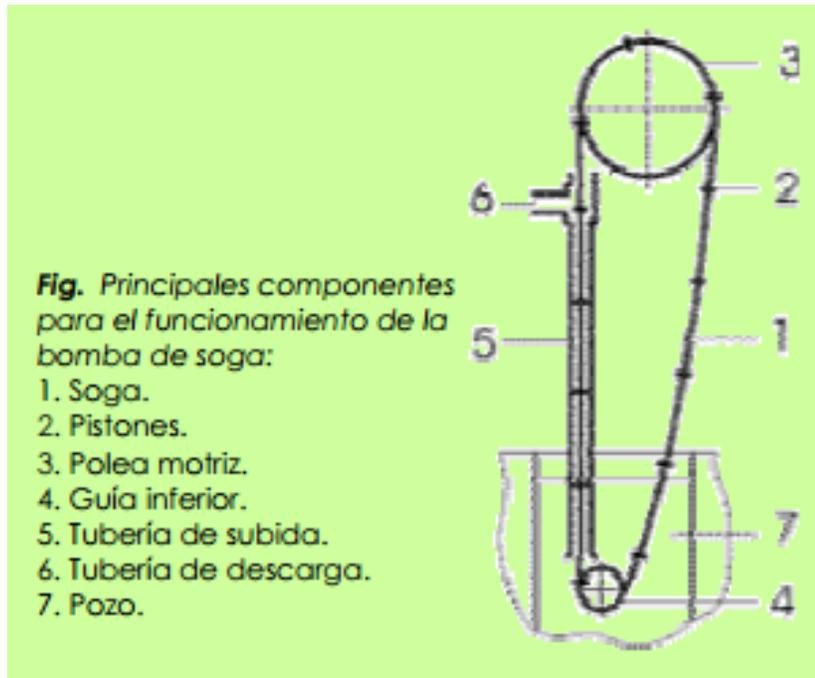
- Funcionamiento

Como se mencionó al principio, la bomba de mecate constituye un circuito cerrado entre la fuente de agua y la superficie o nivel deseado, mediante una cuerda sinfín en la que se disponen pistones de goma u otro material, a intervalos determinados.

El mecate sube por un tubo generalmente construido a partir de PVC, pasa por una polea motriz, que usualmente es una rueda de bicicleta, por su facilidad de obtención, y baja libre hasta la fuente de agua.

En la parte inferior se coloca una guía que facilita la entrada de la soga y los pistones en el tubo de subida. A continuación se muestra un esquema de la bomba con sus principales componentes.

Figura 38. **Elementos de la bomba de mecate**



Fuente: MONTESINOS, Alejandro. *La bomba de sogá*. p. 123.

5.6.2.1. Aporte a la adaptación al cambio climático

Este tipo de tecnología brinda una contribución que se podría considerar como moderada al proceso de adaptación al cambio climático, ya que puede ser accionada tanto por la fuerza humana, dígame manos o pies, como usando el viento, animales e inclusive con motores eléctricos o de combustible.

- Ventajas
 - Este tipo de bomba puede ser accionada por las manos, por los pies, por el viento, por animales y con motores eléctricos o de combustible.

- Permite distribuir el tiempo y el esfuerzo de bombeo entre toda la familia, ya que puede ser utilizada por hombres, mujeres y niños.
 - Facilita la extracción suficiente de agua que puede ser almacenada en tanques y luego utilizada en riego, o para el consumo animal.
 - Se puede extraer suficiente agua para almacenarla en tanques o recipientes y luego utilizarla ya sea para el riego o para la ganadería.
- Desventajas
 - Se requiere una inversión inicial.
 - Se necesitan conocimientos para instalación y mantenimiento.
 - Cuando el pozo no es bien tapado, el agua se puede contaminar y no es apta para consumo humano.

5.6.3. Bomba Flexi EMAS

La bomba EMAS llamada también Flexi, debido a que se puede instalar en el lugar más conveniente y se le pueden realizar adaptaciones dependiendo de qué se necesite. Se le llama EMAS porque fue construida en una escuela de Bolivia que lleva el nombre de Escuela Móvil de Agua y Saneamiento. La bomba Flexi EMAS está diseñada para instalarse en pozos perforados a mano y a máquina.

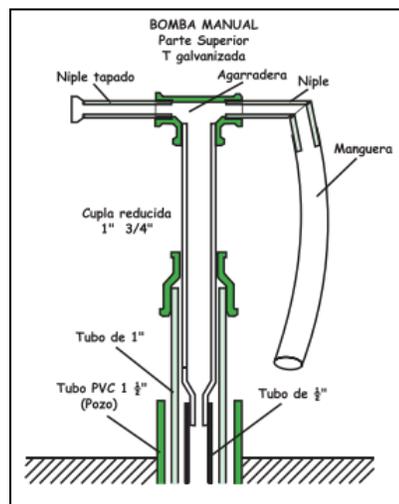
Se caracteriza por ser de bajo costo y de fácil instalación; diseñada para uso familiar y no comunal. La manipulación se hace difícil en fuentes de agua que tienen más de 8 metros de profundidad y más aún si se quiere transportar el agua a puntos con pendientes mayores a un 30 %. Es por ello que a las que funcionan actualmente se les llama válvulas Sheck, con hule en el pistón y tubo de cilindro,

los cuales se fabrican de adaptadores macho y hembra con rosca de 1/2 plg y con una goma de hule, cuero de lomo de res curado con aceite de oliva o cualquier otro material que sirva.⁵⁰

- Condiciones ecológicas a las que se adapta la tecnología

La bomba EMAS se adapta a una gran diversidad de condiciones. Para su implementación hay que tomar en cuenta la diferencia de altura y distancia entre la fuente de agua y el punto hasta donde se pretende conducirla y la profundidad desde donde se bombeará el líquido, cuando se necesita trasladar el agua a puntos más altos, se requiere de un gran esfuerzo para el bombeo.

Figura 39. **Elementos de una bomba Flexi EMAS**



Fuente: ARDÓN MEJÍA, Mario. *Programa de agricultura sostenible en laderas de América Central*. p. 89.

⁵⁰ FISCHLER, Martín; OBANDO, Miguel *Guía Técnica - Manejo y aprovechamiento de agua con fines agropecuarios*. p. 52.

5.6.3.1. Aporte a la adaptación al cambio climático

Esta es una tecnología compatible con el ambiente, pero su uso se ve limitado a tareas domésticas y producción de alimentos para la familia a pequeña escala.

- Ventajas
 - Se puede conducir el agua a la distancia que el usuario la requiera y a puntos más elevados que la fuente, hasta de 40 m de altura.
 - Fácil de construir con materiales de ferreterías o de fácil adaptación por el agricultor, por lo tanto es de bajo costo y de fácil instalación.
 - Ideal para comunidades cuya única fuente es agua subterránea con nivel poco profundo.
 - Se logra agua de buena calidad microbiológica.
 - Fácil de operar y de dar mantenimiento.

- Desventajas
 - La bomba no está diseñada para un uso liviano, ya que al manipularla, succiona el agua desde pozos profundos de más de 10 m desde donde la empuja hasta su destino, para lo que se requiere de fuerza física.
 - Para regar áreas grandes se requiere estar bombeando casi de forma permanente, por lo que en la práctica no es apropiada para estas superficies.

CONCLUSIONES

1. Es fundamental conocer la historia y la situación actual del Corredor Seco de Guatemala para realizar un estudio objetivo acerca del manejo y utilización que se le da al recurso hídrico en el mismo, porque al tomar en cuenta estos elementos se toman en cuenta todos los sistemas que se involucran en él.
2. Las características fisicoquímicas de los ríos investigados del área que comprende el Corredor Seco de Guatemala, según los resultados de los análisis efectuados durante el periodo de investigación, se encuentran entre los rangos de concentración promedio definidos por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.
3. Las cuencas principales que drenan el área del Corredor Seco y permiten la disponibilidad de agua en el mismo son cuatro: Motagua, Polochic, Chixoy y Grande de Zacapa, tres de estas pertenecen a la vertiente del Atlántico, mientras que solamente una pertenece a la vertiente del Golfo de México.
4. La población rural que vive en la región del Corredor Seco de Guatemala es vulnerable a cualquier irregularidad climática, como consecuencia, la pobreza y la situación nutricional son dos de los más problemáticos elementos generados por las sequías y la falta del recurso hídrico en esta región del país.

5. La economía nacional y la población aglomerada en el Corredor Seco de Guatemala presenta altos grados de vulnerabilidad, debido a que basa una gran parte de sus recursos en la agroexportación y agricultura de subsistencia, y para estos dos elementos es básico poseer acceso al recurso hídrico.

6. El aumento de la demanda de agua en el Corredor Seco de Guatemala se ha vuelto cada vez más difícil de satisfacer, lo que genera serios problemas de sobreexplotación del recurso. El caso más crítico es el del departamento de Guatemala con un déficit de 1 m³/s para el municipio de Guatemala y de 2 a 2.5 m³/s para los municipios aledaños.

7. La desnutrición aguda se conforma de forma cíclica y es conocida como hambre estacional. El hambre estacional está asociada a la reducción de las reservas de granos de las familias en la época previa a la cosecha anual y a la falta de ingresos regulares para comprar los alimentos, todo esto dado por la falta del recurso hídrico al momento de necesitarlo.

RECOMENDACIONES

1. Las leyes que corresponden en materia de seguridad hídrica son pocas o nulas, es por esto que se deben de reformar las existentes y plantear iniciativas de ley que lleguen a complementar todas aquellas que incidan, para bien, en el problema en el que se ha convertido el cambio climático.
2. Se debe de fomentar el uso tecnologías para que las personas que se ven afectadas por las sequías o poco acceso al recurso hídrico puedan satisfacer las necesidades que se producen debido a estos fenómenos.
3. La protección de fuentes de agua debe ser prioridad para cualquier ente que se preocupe por la falta del recurso hídrico que afecta al área denominada como Corredor Seco de Guatemala, debido a que mientras más fuentes existan, menos será el déficit que se pueda presentar en el futuro.
4. El establecimiento de una norma nacional para el consumo de agua de forma industrial debe ser el siguiente paso a dar en materia de normalización, debido a que la norma que se puede utilizar aún no se encuentra estandarizada en Guatemala.

BIBLIOGRAFÍA

1. CASTAÑEDA CASTAÑÓN, Regina; ARTEAGA, Oscar. *Lineamientos de política hídrica nacional y propuesta para el fortalecimiento del marco institucional y legal del sector recursos hídricos*. Guatemala: MAGA, 2000. 175 p.
2. COBOS, Carlos. *El Agua: situación actual y necesidades de gestión*. Guatemala: IARMA- URL, 2002. 139 p.
3. Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo, Sistema de la Integración Centroamericana. *Estrategia regional de cambio climático*. [en línea]. <http://elsalvador.usaid.gov/uploaded/mod_documentos/1%20Estrategia%20Regional%20de%20Cambio%20Climatico.pdf>. [Consulta: septiembre de 2015].
4. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. *Balance hídrico superficial de la República de Guatemala*. Guatemala: Insivumeh, 2001. 96 p.
5. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. *Plan maestro de riego y drenaje*. Guatemala: MAGA, 2013. 50 p.
6. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social y Organización Panamericana de la Salud. *El agua y la salud en Guatemala*. Guatemala: MSPAS/OPS, 2002. 163 p.

7. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. *Agricultura mundial: hacia 2015/2030*. Roma: ONU, 2002. 90 p.
8. Plan de Acción Forestal, Guatemala. *Informe nacional sobre la situación de manejo de cuencas en Guatemala*. Guatemala: PAFG, 2002. 159 p.
9. SADOFF, Claudia; MULLER, Mike. *La Gestión del agua, la seguridad hídrica y la adaptación al cambio climático: Efectos anticipados y respuestas esenciales*. TEC No. 14, Global Water Partnership, 2010. 120 p.
10. SANCHEZ, Ever. *Inventario sobre la situación actual de las aguas residuales domesticas en america latina país guatemala, proyecto regional sistemas integrados de tratamiento y uso de aguas residuales en américa latina: realidad potencial*. México: Cepis-OPS, 2001. 230 p.
11. *Tecnologías alternativas en Guatemala*. [en línea]. <<http://www.lanzanos.com/proyectos/tecnologias-alternativas-en-guatemala>>. [Consulta: septiembre de 2015].

