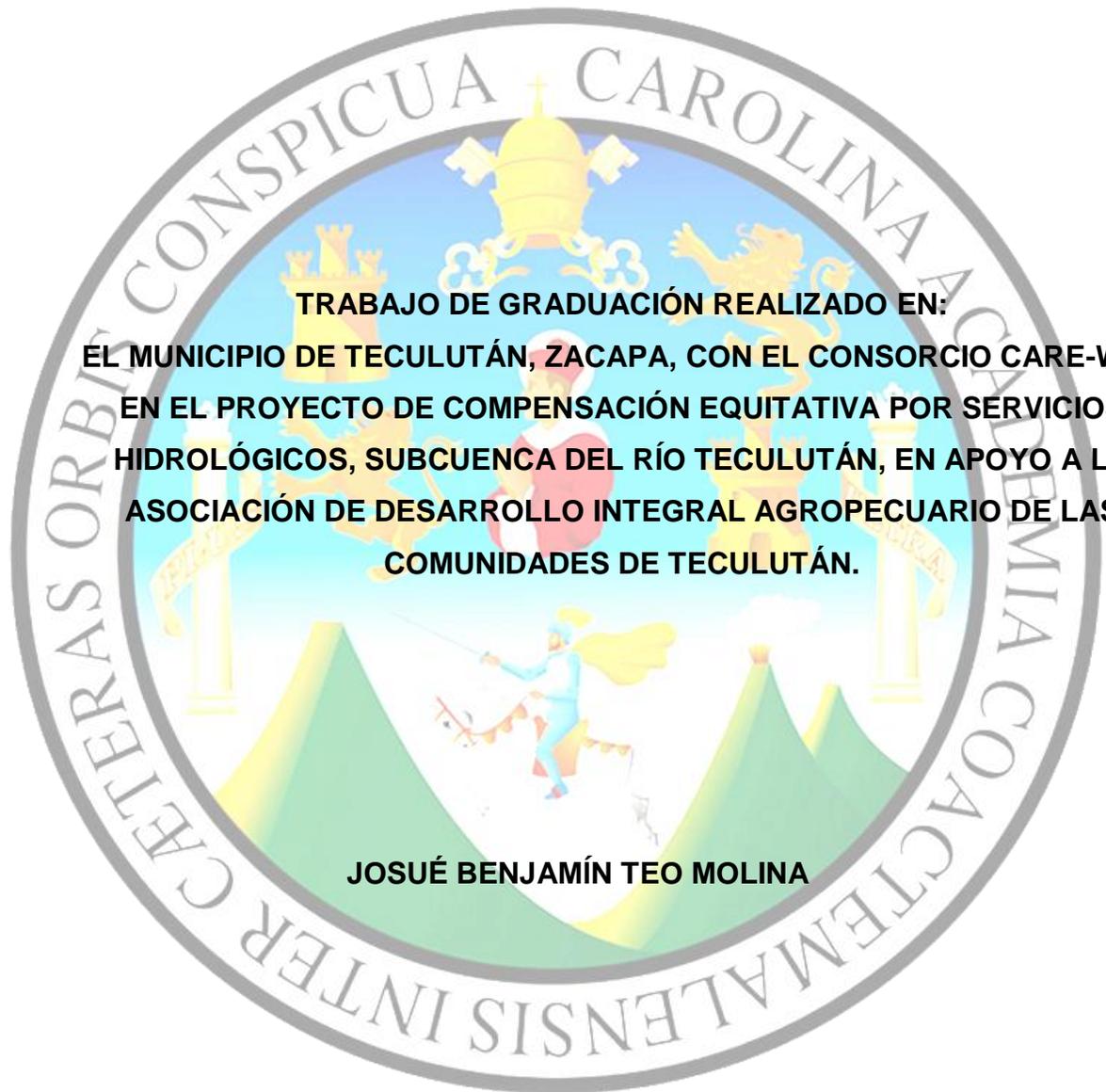


**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**



**TRABAJO DE GRADUACIÓN REALIZADO EN:
EL MUNICIPIO DE TECULUTÁN, ZACAPA, CON EL CONSORCIO CARE-WWF
EN EL PROYECTO DE COMPENSACIÓN EQUITATIVA POR SERVICIOS
HIDROLÓGICOS, SUBCUENCA DEL RÍO TECULUTÁN, EN APOYO A LA
ASOCIACIÓN DE DESARROLLO INTEGRAL AGROPECUARIO DE LAS
COMUNIDADES DE TECULUTÁN.**

JOSUÉ BENJAMÍN TEO MOLINA

GUATEMALA, MAYO 2011

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN REALIZADO EN:
EL MUNICIPIO DE TECULUTÁN, ZACAPA, CON EL CONSORCIO CARE-WWF
EN EL PROYECTO DE COMPENSACIÓN EQUITATIVA POR SERVICIOS
HIDROLÓGICOS, SUBCUENCA DEL RÍO TECULUTÁN, EN APOYO A LA
ASOCIACIÓN DE DESARROLLO INTEGRAL AGROPECUARIO DE LAS
COMUNIDADES DE TECULUTÁN.**

**PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

POR

JOSUE BENJAMIN TEO MOLINA

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO**

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

**EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO**

GUATEMALA, MAYO DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR MAGNÍFICO
Lic. Carlos Estuardo Gálvez Barrios

JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Agr. MSc. Francisco Javier Vásquez Vásquez
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. MSc. Marino Barrientos García
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. MSc. Oscar René Leiva Ruano
VOCAL CUARTO	P. Forestal Axel Esaú Cuma
VOCAL QUINTO	Perito Contador Carlos Alberto Monterroso González
SECRETARIO	Ing. Agr. Edwin Enrique Cano Morales

Guatemala, mayo de 2011

Guatemala, mayo del 2011.

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala.

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de Graduación realizado en el municipio de Teculután, Zacapa, con el consorcio CARE-WWF en el proyecto de Compensación equitativa por servicios hidrológicos, subcuenca del Río Teculután, en apoyo a la Asociación de Desarrollo Integral Agropecuario de las Comunidades de Teculután, como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Josué Benjamín Teo Molina

ACTO QUE DEDICO

A DIOS: Por ser mi fortaleza, mi escudo, mi roca, la fuerza divina que me ayuda a luchar día tras día.

A MI MAMÁ: Por su valentía, su cariño, amor, su espíritu de lucha y necesidad en la vida que es mi ejemplo para seguir día a día buscando un futuro mejor.

A MI PAPÁ: Por darme la vida, por su paciencia, espíritu de lucha y su apoyo en mi carrera.

A MIS HERMANOS: Cesia, Oscar David, Nevi y Allembly, por su cariño, sus locuras y su apoyo incondicional en todo momento.

A MIS TIOS: Hector Abundio, Manuel, Naldo, Elsa, Francisco (Q. E. P. D.), Olinda, Tulio, Raquel, tia Upe por su cariño, apoyo en todo momento de mi vida.

A MI NOVIA: Célita, por su amor, cariño, motivación y apoyo.

A MIS PRIMOS: Alan, Frandy, Roman, Rocio, Doris, Marvin, Remberto, Chichi, Tota, Leonel, Mirjan, Saida, Lucky, Nancy, Tulio, por su cariño, su niñez y madurez.

A MIS SOBRINOS: Por su amor, ternura y espíritu.

A MIS AMIGOS:

Nenon, Manchas, Tigre, Catocha, Canchito, Alvaro, Juancho, Bubu, Carlos, Diego, Paco (alias Los Boxin) Tano, Capulina, Atolillo, Walfred, Cheje, Len, Juan Luis, Alan, Amarilis, Melon, Jeni, Paja Loca, Montejo, Rigo, Dulce, Tota, Chino, Chivo, Aroldo, Coca, Marlin, Georgina, Sara, Sandra, Yuli, Napo, Warren, Chino cucu, Pollo, Chos, Chiquitrax, Cepi, Bimbo, Zacapa, Loquillo, Chilillo, Tayún, Toc Saloj, Toc Gualim, Caballon, Botija, Sigrid, Alba, Chiva, Lily, Bere, Yuli, Angela, Marito, Saúl, Jocelyn, Ruano y a todos aquellos que mencionarlos sería imposible pero ellos lo saben y se dan por enterados, por su amistad y apoyo en toda mi carrera

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO.

A DIOS: Por permitirme formarme profesionalmente.

A MI PATRIA: Guatemala, por ser la patria en que nací.

A MI PUEBLO: El Progreso, Jutiapa la tierra que me vio nacer.

A LA ESCUELA NACIONALCENTRAL DE AGRICULTURA ENCA: Alma mater, centro formador que me enseñó la responsabilidad y el espíritu de superación

A LA TRICENTENARIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA: Mi segunda casa.

A LA FACULTAD DE AGRONOMÍA: Por la oportunidad de ser un profesional.

A LA ASOCIACIÓN DE DESARROLLO INTEGRAL AGROPECUARIO DE LAS COMUNIDADES DE TECULUTAN –ADICOMTEC-: Por ser la entidad que me ayudó en mi carrera laboral y todas las experiencias y amistades que me dio.

AL CONSORCIO CARE-WWF: Por darme la oportunidad de aprender y tomar mayor experiencia laboral.

A MI MADRE: Por su apoyo incondicional en todo momento.

A MI PADRE: Por su apoyo en cada instante.

A MIS HERMANOS: Por el apoyo siempre y la motivación a seguir adelante siempre.

A MIS TIOS y PRIMOS: Por el cariño y apoyo.

A MI NOVIA: Por su cariño, amor, apoyo y motivación.

A MIS AMIGOS: Por la amistad brindada.

AGRADECIMIENTOS

Al Consorcio CARE-WWF, especialmente al Ing. Agr. Edgar Danilo Juárez Quim, Ing. Agr. Haroldo Chiquin, Ing. Salvador Aquino, Ph.D. Miguel Martínez Tuna, Profa. Flor de María Lémuz Macs. Por brindarme la oportunidad de poder desarrollar mi Ejercicio Profesional Supervisado y todo el apoyo recibido durante la realización.

A la ADICOMTEC, por brindarme la oportunidad de realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado y todo el apoyo y amistad recibida durante la realización y estadía en campo.

A la municipalidad Teculután, Zacapa: Por el apoyo brindado en la realización del Ejercicio Profesional Supervisado.

A mi asesor Ing. Marvin Salguero: Por compartir sus conocimientos y el apoyo brindado para la realización de este trabajo.

A mi supervisora Ing. Agra. Teresa Hernández, mi supervisor Ing. Agr. Hermógenes Castillo: Por el acompañamiento en todo el proceso de realización del Ejercicio Profesional Supervisado y la realización de este documento.

A mis catedráticos de la Facultad de Agronomía: Especialmente, Ing. Agr. Hermógenes Castillo, Ing. Agr. Marvin Salguero, Ing. Agr. Francisco Vásquez, Ing. Agr. Waldemar Nufio, por sus enseñanzas y amistad brindada durante el desarrollo de mi formación profesional.

Al personal de administración y servicios de la Facultad de Agronomía: Especialmente Don Julito, Felipe, Mingo, Don Maquito, por su apoyo en el desarrollo de mi formación profesional.

Al personal de campo y bodega del CEDIA: por su apoyo en el desarrollo de mi experiencia de campo y formación profesional.

A mis amigos por compartir su amistad.

CONTENIDO	INDICE GENERAL	PÁGINA
INDICE GENERAL		i
ÍNDICE CUADROS		vii
ÍNDICE DE FIGURAS		ix
RESUMEN		xi
CAPITULO I		1
DIAGNOSTICO SOBRE EL ESTADO ACTUAL DE LA PARTE MEDIA Y AREA EN USUFRUCTO AGRICOLA CEDIDA A LA ADICOMTEC, DE LA CUENCA DEL RIO TECULUTAN, TECULUTAN, ZACAPA		1
1.1 Presentación		2
1.2 Antecedentes		3
1.3 Objetivos		4
1.3.1 General.....		4
1.3.2 Especificos.....		4
1.4 Metodología.....		5
1.5 Resultados		6
1.5.1 Participación de la población		6
1.5.2 Árbol de problemas.....		6
1.5.2.1 Causas.....		6
1.5.2.1.A Desconocimiento del potencial de los recursos naturales		6
1.5.2.1.B . Falta de aplicación de políticas ambientales		7
1.5.2.1.C Falta de vigilancia y control para el cumplimiento legal.....		7
1.5.2.1.D Falta de planificación integral		8
1.5.2.1.E Desconocimiento y desinterés por el patrimonio cultural y natural		8
1.5.2.1.F Falta de planes y programas de salud preventiva		9
1.5.2.2 Efectos		9
1.5.2.2.A Pérdida de la capacidad productiva de la tierra.....		9
1.5.2.2.B Reducción de los caudales especialmente en la época seca (verano) 9		9
1.5.2.2.C Especies en peligro		10
1.5.2.2.D Baja tecnificación en actividades agropecuarias para el consumo local		10
1.5.2.2.E Falta de asistencia financiera para actividades agropecuarias para consumo local		10
1.5.2.2.F Incidencia de enfermedades comunes		10
1.5.3 DEMANDA Y OFERTA.....		11
1.5.3.1 Demanda.....		11
1.5.3.2 Oferta		12

CONTENIDO	PÁGINA
1.6 Identificación de programas y proyectos	13
1.7 Conclusiones	18
1.8 Recomendación.....	19
1.9 Bibliografía	19
CAPITULO II	20
CARACTERIZACION DE RECURSOS NATURALES DE LA PARTE MEDIA DE LA CUENCA DEL RÍO TECULUTÁN, CON FINES DE DIVERSIFICACION AGRICOLA, TECULUTÁN, ZACAPA	20
2.1 Presentación.....	21
2.2 Definición del Problema.....	23
2.3. Marco Teórico.....	24
2.3.1 Marco Conceptual.....	24
2.1.1.1 Caracterización de recursos naturales (suelo y agua).....	24
2.1.1.2 Calidad del agua.....	24
2.1.1.3 Agricultura bajo riego.....	26
2.1.1.4 Capacidad de uso de la tierra.....	28
2.1.1.5 Aforo.....	28
2.1.1.6 Aforo de corrientes	29
2.1.1.7 Aforos diferenciales	29
2.1.1.8 Secciones de control de aforo	30
2.1.1.9 Métodos para el cálculo de aforos de agua superficial	30
2.1.1.10 Suelo	34
2.1.1.11 Tierra	34
2.1.1.12 Uso de la tierra	34
2.1.1.13 Capacidad de uso de la tierra.....	34
2.1.1.14 Clasificación de tierras por capacidad de uso	34
2.1.1.15 Uso correcto	35
2.1.1.16 Uso potencial.....	35
2.1.1.17 Cuenca hidrográfica.....	35
2.1.1.18 Aguas superficiales	35
2.1.1.19 Nacimientos.....	36
2.1.1.20 Calidad de agua	36
2.1.1.21 Parámetros físicos.....	36

CONTENIDO	PÁGINA
2.1.1.21.A Temperatura	36
2.1.1.21.B Conductividad.....	36
2.1.1.21.C Sólidos disueltos totales (TDS).....	37
2.1.1.22 Parámetros químicos	37
2.1.1.22.A PH	37
2.1.1.22.B Oxígeno disuelto.....	38
2.1.1.22.C Nutrientes	38
2.1.1.22.D Bacterias coliformes	39
2.1.1.23 Balance hídrico del suelo	39
2.1.1.24 Aspectos del balance hídrico del suelo	39
2.1.1.24.A Determinación de la evapotranspiración potencial	39
2.1.1.24.B Determinación de la precipitación efectiva	40
2.1.1.24.C Obtención del valor de precipitación efectiva	40
2.1.1.24.D Determinación de la infiltración básica	41
2.1.1.24.E Cálculo de balance hídrico de suelos	43
2.4 Marco Referencial	44
2.4.1 Generalidades biofísicas de la microcuenca.....	44
2.4.2 Fisiografía	45
2.4.3 Clima	45
2.4.4 Flora	45
2.4.5 Zonas de vida	45
2.4.6 Ubicación geográfica de la cuenca del río Teculután	46
2.4.7 Geología regional	47
2.4.8 Geomorfología.....	47
2.5 OBJETIVOS	51
2.5.1 OBJETIVO GENERAL.....	51
2.5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	51
2.6 Metodología.....	52
2.6.1 Balance hídrico general de la microcuenca del Río Teculután, Zacapa	52
2.6.2 Aspectos del balance hídrico del suelo.....	52
2.6.3 Determinación de la evapotranspiración potencial	52
2.6.4 Determinación de la precipitación efectiva:.....	54
2.6.5 Determinación de la infiltración básica	54
2.6.6 Balance hídrico de la cuenca del Río Teculután.....	56
2.6.7 Recopilación de información climática	57
2.6.8 Determinación de la calidad físico-química del agua con fines de riego de los principales afluentes de la cuenca del Río Teculután, Zacapa.	58

CONTENIDO	PÁGINA
2.6.9 Características físico-químicas	58
2.6.9.1 Ubicación de puntos de aforo	58
2.6.9.2 Ubicación de muestreo de calidad de agua.....	58
2.6.9.3 Realización de afloros	58
2.6.9.4 Calidad de agua	58
2.6.10 Análisis del uso, capacidad de uso e intensidad de uso de la tierra del área donada en usufructo a la Asociación de Desarrollo Integral Agropecuario de las Comunidades de Teculután	59
2.6.10.1 Muestreo de suelos	59
2.6.11 Formulación de lineamientos de manejo de los recursos suelo y agua de el área donada en usufructo a la Asociación de Desarrollo Integral Agropecuario de las Comunidades de Teculután	59
2.7 Resultados.....	60
2.7.1 Determinación de la recarga hídrica al acuífero de la microcuenca del río Teculután	60
2.7.2 Relación entre la hidrogeología y el uso de la tierra	64
2.7.3 Características de suelo.....	67
2.7.4 Cálculo de recarga hídrica	69
2.7.5 Resultados análisis de laboratorio muestras de agua.....	74
2.7.6 Aforo de Caudales	82
2.7.7 Análisis del uso, capacidad de uso e intensidad de uso del suelo, área otorgada en usufructo a la ADICOMTEC	85
2.8 Lineamientos de manejo de los recursos suelo y agua de el área cedida en usufructo a la Asociación de Desarrollo Integral Agropecuario de las Comunidades de Teculután.....	95
2.9 Conclusiones	98
2.10 Recomendaciones	99
2.11 Bibliografía.....	101
2.12 Apéndices.....	104
CAPITULO III	121
SERVICIOS PROFESIONALES Y DE ASISTENCIA TECNICA EN APOYO A LA ASOCIACION DE DESARROLLO INTEGRAL DE LAS COMUNIDADES DE TECULUTAN –ADICOMTEC- DENTRO DEL MARCO DEL PROYECTO PESH, CONSORCIO CARE-WWF, TECULUTAN ZACAPA.....	121
3.1 Presentación.....	122

CONTENIDO	PÁGINA
3.2 Servicio 1 : Delimitacion de Zonas de Manejo Especificas en 10 hectáreas Cultivadas con Ocra (<i>Abelmoschus sculentus</i> (L.) Moench) en la Cuenca Baja del Río Teculután, Zacapa.	123
3.2.1 Introducción	123
3.2.2 Objetivos.....	125
3.2.3 Metodología	125
3.2.3.1 Georeferenciación y Delimitación de la Finca de Ocra	125
3.2.3.2 Estrategia de muestreo de suelos.....	125
3.2.3.3 Muestreo de suelos.....	126
3.2.3.4 Análisis de muestras en laboratorio	127
3.2.3.5 Procesamiento, análisis y mapeo de zonas de manejo	127
3.2.4 Resultados.....	128
3.2.4.1 Georeferenciación y Delimitación de la Finca de Ocra	128
3.2.4.2 Textura del Suelo	129
3.2.4.3 Contenido de Materia Orgánica	130
3.2.4.4 pH del Suelo.....	131
3.2.4.5 Zonas de Manejo de Nitrógeno	132
3.2.4.6 Zonas de Manejo de Fosforo	134
3.2.4.7 Zonas de Manejo de Potasio.....	135
3.2.4.8 Zonas de Manejo para elementos menores y micro-elementos:.....	136
3.3 Servicio 2: Proyecto Conservación de los Recursos Naturales y Mejoramiento de Ingresos de las Familias de la subcuenca del Río Teculután.....	143
3.3.1 Antecedentes.....	143
3.3.2 Objetivos.....	144
3.3.3 Descripción del proyecto.....	144
3.3.3.1 30 socias de la ADICOMTEC implementado el proyecto de peces con la finalidad de mejorar la economía y la seguridad alimentaria de las familias socias del proyecto.....	144
3.3.3.2 Tres manzanas con sistema de riego por goteo establecido, para la producción de sistemas de cultivos.	146
3.3.3.3 30 sistemas de agroforestería comunitaria a nivel de huertos familiares implementados con 30 familias socias de la ADICOMTEC.....	147
3.3.4 Metodología de implementación	148
3.3.4.1 Trabajo en base a alianzas estratégicas.....	148
3.3.4.2 Capacitación y asistencia técnica	148

CONTENIDO	PÁGINA
3.3.4.3 Contratación de consultores	149
3.3.4.4 Giras de intercambio de experiencias.....	149
3.3.5 Resultados	149
3.3.5.1 Resultado 01:	149
3.3.5.2 Resultado 02:	154
3.3.5.2.A Actividades del Resultado 02:.....	154
3.3.5.3 Resultado 03:	157
3.3.6 Avances del componente de Agroforestería comunitaria	159
3.3.7 Conclusiones.....	160
3.3.8 Recomendaciones	160
3.3.9 Bibliografía	162

ÍNDICE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
Cuadro 1 : Principales aspectos de la demanda de los actores sociales de la cuenca del río Teculután, año 2009.....	11
Cuadro 2 : Identificación de programa y proyectos recomendados para ser ejecutados en la cuenca del Río Teculután.....	14
Cuadro 3. Consideraciones a tomar para medir caudales en ríos.....	31
Cuadro 4. Valores de coeficientes (Kp) según valores de pendientes.....	42
Cuadro 5. Valores de coeficientes (Kv) según tipo de cobertura vegetal.....	43
Cuadro 6. Radiación solar extraterrestre, RMM, expresada en evaporación equivalente a mm/día para los meses del año de acuerdo a Herrera 1995.....	53
Cuadro 7. Duración máxima media diaria de horas de brillo solar para diferentes meses del año en latitud 15 grados norte de acuerdo a Herrera 1995.....	54
Cuadro 8. Valores de coeficientes (Kp) según valores de pendientes.....	55
Cuadro 9. Valores de coeficientes (Kv) según tipo de cobertura vegetal.....	56
Cuadro 10. Ubicación de las estaciones climáticas del área de estudio.....	57
Cuadro 11. Distribución mensual de la precipitación pluvial (mm) según el mapa de isoyetas de la cuenca del río Teculután (2,008).....	61
Cuadro 12. Distribución mensual de la evapotranspiración potencial -ETP- (mm) considerando la elevación media del área correspondiente a cada isoyeta del mapa de isoyetas de la cuenca del río Teculután (2,008).....	62
Cuadro 13. Valores de retención vegetal de la lluvia y de profundidad de raíces en el suelo para diferentes usos de la tierra en la cuenca del río Teculután (2,009).....	65
Cuadro 14. Valores de constantes de humedad; densidad aparente y velocidad de infiltración de agua en el suelo, según clasificación taxonómica a nivel de suborden de suelos de la cuenca del río Teculután (2,009).....	68
Cuadro 15. Valores de Kfc obtenidos por el método Schosinsky para los valores de infiltración básica (fc) de cada suborden de suelos del mapa de clasificación taxonómica de la cuenca del río Teculután (2,009).....	70
Cuadro 16. Balance hídrico de la cuenca del río Teculután (2,009).....	71
Cuadro 17. Resumen de resultados al realizar 17 balances hídricos (cálculos de recarga) a cada una de las subunidades resultantes del cruce de mapas de isoyetas, uso de la tierra y clasificación taxonómica, cuenca del río Teculután (2,009).....	73
Cuadro 18. Análisis físico de laboratorio, muestras de agua de la cuenca del río Teculután (2,009).....	74
Cuadro 19. Resultados de análisis químico de laboratorio, realizado a las muestras recolectadas dentro de la cuenca del río Teculután (2,009).....	75
Cuadro 20. Clasificaciones de las aguas según las normas Riverside (1,997).....	80
Cuadro 21. Clasificación de agua para riego basada en la C.E. y RAS, de los efluentes analizados cercanos a el área de usufructo agrícola, cuenca del río Teculután (2,009).....	81
Cuadro 22. Caudales estimados de los puntos de monitoreo en la cuenca del río Teculután (2,009).....	82
Cuadro 23A.Cálculo de recarga hídrica al acuífero de la cuenca del Río Teculután.....	104
Cuadro 24A.Cálculo de recarga hídrica al acuífero de la cuenca del Río Teculután.....	105
Cuadro 25A.Cálculo de recarga hídrica al acuífero de la cuenca del Río Teculután.....	106

Cuadro 26A. Calculo de recarga hídrica al acuífero de la cuenca del Río Teculután	107
Cuadro 27A. Calculo de recarga hídrica al acuífero de la cuenca del Río Teculután	108
Cuadro 28A. Calculo de recarga hídrica al acuífero de la cuenca del Río Teculután	109
Cuadro 29A. Calculo de recarga hídrica al acuífero de la cuenca del Río Teculután	110
Cuadro 30A. Calculo de recarga hídrica al acuífero de la cuenca del Río Teculután	111
Cuadro 31A. Calculo de recarga hídrica al acuífero de la cuenca del Río Teculután	112
Cuadro 32A. Calculo de recarga hídrica al acuífero de la cuenca del Río Teculután	113
Cuadro 33A. Calculo de recarga hídrica al acuífero de la cuenca del Río Teculután	114
Cuadro 34A. Calculo de recarga hídrica al acuífero de la cuenca del Río Teculután	115
Cuadro 35A. Calculo de recarga hídrica al acuífero de la cuenca del Río Teculután	116
Cuadro 36A. Calculo de recarga hídrica al acuífero de la cuenca del Río Teculután	117
Cuadro 37A. Calculo de recarga hídrica al acuífero de la cuenca del Río Teculután	118
Cuadro 38A. Calculo de recarga hídrica al acuífero de la cuenca del Río Teculután	119
Cuadro 39A. Calculo de recarga hídrica al acuífero de la cuenca del Río Teculután	120
Cuadro 40. Cantidad de concentrado a adquirir para la producción de 11,549 peces.....	152

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
Figura 1. Productividad y requerimientos de la agricultura bajo riego y la de secano en suelos de climas áridos.	26
Figura 2. Mapa de zonas de vida de la cuenca del río Teculután.	46
Figura 3. Ubicación de la cuenca hidrográfica del río Teculután, mostrando el área de estudio en el país y a nivel departamental (Escala 1:50,000)	49
Figura 4. Mapa de vías de acceso, cuenca del río Teculután.	50
Figura 5. Mapa de isoyetas de la microcuenca del río Teculután.....	63
Figura 6. Mapa simplificado de uso de la tierra para cálculo de recarga hídrica.	66
Figura 7. Recurso hídrico, cuenca del río Teculután	72
Figura 8. Toma de muestras de agua y aforo de caudales, cuenca del río Teculután (2,009).....	77
Figura 9. Toma de muestras de agua y aforo de caudales, cuenca del río Teculután (2,009).....	78
Figura 10. Normas de Riverside para evaluar la calidad de las aguas de riego. (U.S. Soild Salinity Laboratory). Blasco y de la Rubia (Lab. De suelos IRYDA, 1973)	79
Figura 11. Primer punto de monitoreo, estimación de caudales de estiaje, cuenca del río Teculután (2,009).	83
Figura 12. Segundo punto de monitoreo, estimación de caudales de estiaje, cuenca del río Teculután (2,009).	83
Figura 13. Ubicación de puntos de aforo, monitoreo de caudales de estiaje	84
Figura 14. Mapa de uso de la tierra del usufructo agrícola.....	86
Figura 15. Mapa de pendientes área de usufructo agrícola	88
Figura 16. Mapa de profundidades efectivas área de usufructo agrícola	90
Figura 17. Mapa de capacidad de uso de la tierra área de usufructo agrícola	92
Figura 18. Mapa de intensidad de uso de la tierra área de usufructo agrícola	94
Figura 19. Estrategia de muestreo en cuadrícula adoptada en la finca de ocra, Teculután, Zacapa.....	126
Figura 20. Muestreo de suelos con sondas y barrenos en la finca de ocra, Teculután, Zacapa.	127
Figura 21. Delimitación de la Finca de Okra, Teculután, Zacapa.	128
Figura 22. Finca de Ocra, Teculután, Zacapa.	129
Figura 23. Variabilidad en la textura del suelo según la clasificación USDA en las 10.4 ha cultivadas con Ocra en Teculután, Zacapa, Guatemala (suelos franco-arenosos y suelos franco-areno-arcillosos).....	130
Figura 24. Variabilidad en el contenido de materia orgánica en los suelos de las 10.4 ha cultivadas con Ocra en Teculután, Zacapa. (El contenido de materia orgánica varió en un rango de 0-4%).....	131
Figura 25. Variabilidad en el pH del Suelo en las 10.4 ha cultivadas con Ocra en Teculután, Zacapa. (El pH varió en un rango de 5.5 – 7.0).....	132
Figura 26. Variabilidad en los contenidos de Nitrógeno mineralizable en los suelos de las 10.4 ha cultivadas con Ocra en Teculután, Zacapa. (El nitrógeno disponible varió en el rango de 0 a 90 kg ha ⁻¹).	133

FIGURA	PÁGINA
Figura 27. Variabilidad en los contenidos de Fosforo Disponible en los suelos de las 10.4 ha cultivadas con Oca en Teculután, Zacapa. (El fosforo disponible varió en el rango de 0 a 20 kg ha ⁻¹).....	134
Figura 28. Variabilidad en los contenidos de Potasio Disponible en los suelos de las 10.4 ha cultivadas con Oca en Teculután, Zacapa. (El potasio disponible varió en el rango de 50 a 400 kg ha ⁻¹).....	135
Figura 29. Variabilidad en los contenidos de Calcio en los suelos de las 10.4 ha cultivadas con Oca en Teculután, Zacapa, Guatemala (el calcio varió en el rango de 1000 a 5000 kg ha ⁻¹).....	137
Figura 30. Variabilidad en los contenidos de Magnesio en los suelos de las 10.4 ha cultivadas con Oca en Teculután, Zacapa, Guatemala (el magnesio varió en el rango de 150 a 1550 kg ha ⁻¹).....	138
Figura 31. Variabilidad en los contenidos de Hierro en los suelos de las 10.4 ha cultivadas con Oca en Teculután, Zacapa, Guatemala (el hierro varió en el rango de 15 a 110 kg ha ⁻¹).....	139
Figura 32. Variabilidad en los contenidos de Manganeso en los suelos de las 10.4 ha cultivadas con Oca en Teculután, Zacapa, Guatemala (el manganeso varió en el rango de 20 a 90 kg ha ⁻¹).....	140
Figura 33. Variabilidad en los contenidos de Cobre en los suelos de las 10.4 ha cultivadas con Oca en Teculután, Zacapa, Guatemala (el cobre varió en el rango de 0 a 16 kg ha ⁻¹).....	141
Figura 34. Variabilidad en los contenidos de Zinc en los suelos de las 10.4 ha cultivadas con Oca en Teculután, Zacapa, Guatemala (el zinc varió en el rango de 0 a 3 kg ha ⁻¹).....	142
Figura 35. Visita a proyecto de producción de tilapia en Río Hondo, Zacapa.....	151
Figura 36. Visita al proyecto de AURSA San Jerónimo Baja Verapaz.....	151
Figura 37. Visita al proyecto de Dwight Carter en Rio Dulce	152
Figura 38. Estanque Piscícola en construcción	153
Figura 39. Planos para la construcción e implementación del sistema de riego por goteo.....	156
Figura 40. Fotografías del proceso de implementación del sistema de riego por goteo ..	157
Figura 41. Visita a zonas productoras de frutales en Rio Hondo	158
Figura 42. Visita a zonas productoras en Rio Dulce con Dwight Carter.	158

TRABAJO DE GRADUACIÓN REALIZADO EN: EL MUNICIPIO DE TECULUTÁN, ZACAPA, CON EL CONSORCIO CARE-WWF EN EL PROYECTO DE COMPENSACIÓN EQUITATIVA POR SERVICIOS HIDROLÓGICOS, SUBCUENCA DEL RIO TECULUTÁN, EN APOYO A LA ASOCIACIÓN DE DESARROLLO INTEGRAL AGROPECUARIO DE LAS COMUNIDADES DE TECULUTÁN.

RESUMEN

El municipio de Teculután dista de la cabecera departamental de Zacapa en 28 kilómetros a través de la ruta principal de la Capital de Guatemala a Puerto Barrios, y del municipio a la Ciudad Capital a 121 Km.; está localizado exactamente en el valle formado entre el río Motagua y la Sierra de las Minas (CARE-WWF-IIEDE).

La microcuenca Teculután tiene un área de 228.27 km², y se ubica en el departamento de Zacapa, localizado al oriente del país. Esta microcuenca pertenece a la subcuenca del río Motagua y se localiza en el municipio de Teculután.

De la Microcuenca dependen once sistemas de agua potable, aunque también se extrae agua para 22 tomas de riego para todo Teculután y municipios vecinos. Su rango altitudinal está entre los 200 a 2,900 msnm, cuenta con una extensión de 20,033.071 ha. Según registros de los últimos años tiene un caudal promedio de 2,454.74 l/s, un caudal específico de 11.01 L/s/km², una cobertura forestal de 10,842 Ha (49 % de la extensión total), posee una totalidad en longitud de ríos de 46,455.715 m. Esta microcuenca es en su zonificación en la parte alta y media zona núcleo y zona de recuperación y en la parte media y baja es zona de amortiguamiento (CARE-WWF-IIED).

La temperatura aproximada se sitúa entre los 16 y 36 grados centígrados a la sombra, según la época del año. En los meses de marzo y abril la temperatura asciende por encima de los 36 grados. La precipitación pluvial anual es 600 a 900 mm.

En la microcuenca Teculután se tienen las siguientes zonas de vida: bosque pluvial montano bajo subtropical (bp-MB), bosque muy húmedo subtropical (frío) (bmh-s(f)),

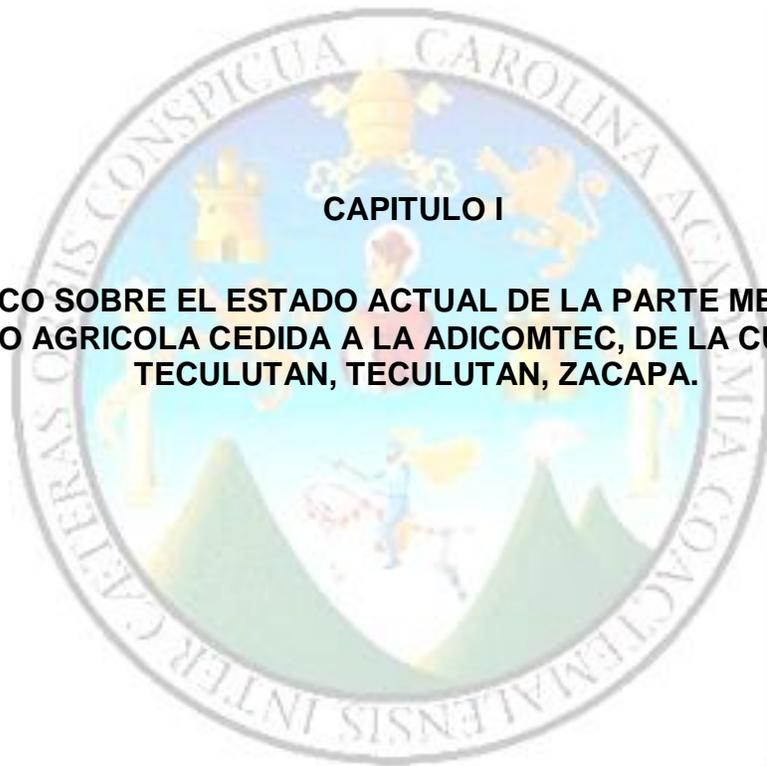
bosque húmedo subtropical (templado) (bh.s(t)), bosque seco tropical (bs.S) y monte espinoso subtropical (me-s)(1) (CARE-WWF-IIED).

Se realizó un Diagnóstico participativo, en donde por medio de entrevistas de manera personal con habitantes de las diferentes comunidades, socios de la ADICOMTEC, alcaldes comunitarios, así como con la ayuda de revisión bibliográfica por medio de estudios realizados en años anteriores sobre la cuenca del río Teculután, se logro realizar un Árbol de problemas, lo cual nos permite anotar cuales son los principales problemas que se encuentran dentro de la cuenca, para al final determinar cuál es la base principal de los mismos e iniciar proyectos para la solución de los mismos, con el objetivo primordial de ayudar al desarrollo de las comunidades de Teculután, por medio de la conservación de la cuenca del Río Teculután, asegurando la disponibilidad hidrológica, algo muy importante en para la subsistencia en el área, debido a que el recurso hidrológico, toma mucho auge, desde el consumo humano, recreación, generación de energía, así como el abastecimiento de agua de riego, para poder producir debido a que la Agricultura es una de las principales ramas de la actividad económica, generando fuentes de empleo y subsistencia a las familias de la región.

De acuerdo al diagnóstico realizado de la cuenca del Río Teculután, se realizó la Caracterización de Recursos Naturales de la parte media (Área otorgada en usufructo a la ADICOMTEC) de la Cuenca del Río Teculután, con fines de diversificación Agrícola, Teculután Zacapa.

Se apoyó a la Asociación de Desarrollo Integral Agropecuario de las Comunidades de Teculután principalmente en asesoría técnica en la producción de oca, realizando como servicios profesionales la delimitación de zonas de manejo específicas en 10 hectáreas cultivadas con Oca (*Abelmoschus sculentus* (L.) Moench), proyecto de conservación de los recursos naturales y mejoramiento de ingresos de las familias de la subcuenca del Río Teculután.

El documento que se presenta a continuación es el producto del Ejercicio profesional Supervisado de la Facultad de Agronomía, realizado en el periodo de febrero a noviembre del 2009, dividiéndose en tres capítulos, el diagnóstico, la investigación y los servicios comunitarios.



CAPITULO I

DIAGNOSTICO SOBRE EL ESTADO ACTUAL DE LA PARTE MEDIA Y AREA EN USUFRUCTO AGRICOLA CEDIDA A LA ADICOMTEC, DE LA CUENCA DEL RIO TECULUTAN, TECULUTAN, ZACAPA.

1.1 Presentación

Con fines de determinar cuáles son los principales problemas con los que se cuenta dentro de la cuenca del río Teculután, se realizó un Diagnóstico participativo, en donde por medio de entrevistas de manera personal con habitantes de las diferentes comunidades, socios de la ADICOMTEC, alcaldes comunitarios, así como con la ayuda de revisión bibliográfica por medio de estudios realizados en años anteriores sobre la cuenca del río Teculután, se logro realizar un Árbol de problemas, lo cual nos permite anotar cuales son los principales problemas que se encuentran dentro de la cuenca, para al final determinar cuál es la base principal de los mismos e iniciar proyectos para la solución de los mismos, con el objetivo primordial de ayudar al desarrollo de las comunidades de Teculután, por medio de la conservación de la cuenca del Río Teculután, asegurando la disponibilidad hidrológica, algo muy importante en para la subsistencia en el área, debido a que el recurso hidrológico, toma mucho auge, desde el consumo humano, recreación, generación de energía, así como el abastecimiento de agua de riego, para poder producir debido a que la Agricultura es una de las principales ramas de la actividad económica, generando fuentes de empleo y subsistencia a las familias de la región.

A continuación se presenta los resultados obtenidos durante la elaboración del Árbol de problemas, como método principal para la determinación de la problemática y necesidades dentro de la cuenca del Río Teculután, lo cual repercute en las oportunidades de desarrollo de las comunidades pertenecientes al área de estudio.

1.2 Antecedentes

Actualmente en Guatemala se ha generado información muy limitada para llegar a un entendimiento claro y definir políticas o planes de manejo de recursos hídricos o recursos naturales asociados respecto del vínculo del ciclo hidrológico forestal, así también la relación existente entre dicho vínculo con la interacción entre el clima, suelos y las diferentes especies asociadas a los bosques. Es de suma importancia generar información de esta dinámica, lo cual por medio de la obtención de datos respaldará los criterios técnicos que la gestión forestal puede utilizar para responder a las diferentes interrogantes existentes sobre el uso racional de los bosques tomando muy en cuenta su importante función en la recarga hídrica.

La cuenca del Río Teculután, como fuente principal del recurso hídrico al municipio de Teculután, Zacapa, cuenta con áreas desprovistas de cobertura forestal, lo cual tiene un efecto negativo sobre la conservación productiva en el suelo principalmente la pérdida de su capacidad de infiltración, la misma tiene como resultado el incremento en la tasa de escurrimiento superficial, trayendo con ello un incremento en el arrastre de partículas y desgaste del suelo.

La degradación de los recursos naturales de la cuenca por parte de las poblaciones que se encuentran dentro y fuera de la misma, están provocando problemas ambientales, que repercuten en la calidad y cantidad de agua superficial, así como en los otros recursos naturales.

Dentro de los lineamientos de trabajo del proyecto PESH de CARE-WWF se realizaron los estudios de caracterización de los recursos naturales de la parte media (Área donada en usufructo a la ADICOMTEC), de la cuenca del Río Teculután con fines de Diversificación Agrícola, para generar información básica en cuanto a calidad y cantidad de agua dentro de la cuenca así mismo la Capacidad de Uso, Intensidad de Uso y Uso Actual de la tierra, que pueda servir para el planteamiento de estrategias de producción agrícola conservando y manejando de manera sostenible los recursos naturales de la cuenca.

1.3 Objetivos

1.3.1 General

- Realizar un diagnóstico de la cuenca del Río Teculután, para determinar cuáles son los principales problemas con los que se cuenta dentro de la misma y generar posibles soluciones.

1.3.2 Especificos

- Determinar por medio de una Árbol de problemas cual es el o los principales problemas que se encuentran dentro de la cuenca del Río Teculután.
- Plantear una metodología (investigación, caracterización etc.), con motivos de solución al problema raíz según el árbol de problemas, tomando en cuenta las necesidades y requerimientos de las instituciones que conforman el consorcio en el proyecto PESH (Pago Equitativo por Servicios Hidrológicos).

1.4 Metodología

Para la identificación de la problemática en el área de estudio se utilizó la investigación participativa, la cual incluyó por un lado el estudio de las variables socioeconómicas, socioculturales y biofísicas del área de estudio.

La definición de la problemática obedece a la integración de los enfoques tanto de la participación comunitaria e institucional y la del equipo planificador con los estudios de caracterización socioeconómica, cultural y biofísica que fueron efectuados, la integración de esta información se realiza en el árbol de problemas analizando las causas y los efectos.

De acuerdo con el análisis realizado, el problema central se define de la siguiente manera: **“Deterioro y distribución espacial y temporal de los recursos naturales (suelo y agua), inciden negativamente en el desarrollo de la población de Teculután y su área de influencia, limitando su calidad de vida”**. En base a lo anteriormente expuesto y tomando en cuenta, que la ADICOMTEC cuenta con una área de 35 hectáreas donadas en usufructo por la municipalidad de Teculután, y que dicha área debe de ser aprovechada y explotada con cultivos agrícolas según la capacidad de uso de la tierra, y que se cuenta con fuentes de agua que pueden ser utilizadas con fines de riego en el área en mención, el título de la investigación queda planteada de la siguiente manera: **“Caracterización de Recursos Naturales de la parte media (Area donada en usufructo a la ADICOMTEC) de la Cuenca del Río Teculután, con fines de diversificación Agrícola, Teculután Zacapa”**.

Esta situación se debe entre otras razones a la carencia de una planificación integral, desconocimiento del potencial de los recursos naturales existentes, falta de aplicación de políticas ambientales y falta de oportunidades para el desarrollo local, lo cual se manifiesta en el deterioro de la calidad de vida de la población y el mismo deterioro de los recursos naturales de la cuenca.

En concordancia con lo anterior se observa un aprovechamiento inadecuado de los recursos, especialmente agua y suelo, lo cual impacta negativamente a los ecosistemas existentes. Esto aunado a las características morfológicas de la cuenca, incrementa el riesgo de ocurrencia de desastres naturales, especialmente correntadas e inundaciones.(INAB,2001)

1.5 Resultados

1.5.1 Participación de la población

La población consideró que la problemática se da como producto de una serie de actividades negativas, entre ellas la deforestación, el cambio de uso de la tierra, la contaminación, falta de educación ambiental, falta de planificación urbana, la no valorización del recurso agua, falta de certeza jurídica sobre la tierra, incendios forestales, erosión, caza ilegal y el uso indiscriminado de productos químicos en la agricultura. Esto evidencia que la problemática se centra en el deterioro de los recursos naturales y en la necesidad de implementar acciones que permitan el desarrollo local y reduzca el riesgo por desastres.

1.5.2 Árbol de problemas

1.5.2.1 Causas

La integración de los enfoques mencionados anteriormente se resume en seis causas principales:

1.5.2.1.A Desconocimiento del potencial de los recursos naturales

Una de las mayores riquezas del área de estudio lo constituyen sus recursos naturales, especialmente el hídrico el cual es utilizado en las diferentes actividades económicas que

se desarrollan, particularmente en la parte media y baja de la cuenca. Dicho recurso es aprovechado sin que exista una normativa a nivel local que regule su uso.

Por otro lado, los recursos forestales hasta el momento no han sido utilizados sobre la base de una planificación integral. No obstante ello, el 68.5% del área total de la cuenca posee cobertura boscosa. De este total, el 98.28 pertenece a la Reserva de Biosfera Sierra de la Minas.

En cuanto al recurso suelo, se observa una degradación, lo cual se da específicamente como efecto de la erosión. Dicho fenómeno ocasiona que los nacimientos de agua y el cauce del río evidencien problemas de contaminación por sólidos y por otra parte el asolvamiento.

1.5.2.1.B Falta de aplicación de políticas ambientales

La falta de definición concreta de una política y sus instrumentos de aplicación en armonía con el desarrollo socioeconómico, propicia que los recursos naturales renovables y la biodiversidad, en específico, se deterioren en forma acelerada. En el área de la cuenca se encuentra una porción de la Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas la cual tienen una extensión 199.63 kilómetros cuadrados. Esta área protegida se rige por la normativa que establece el Plan Maestro para su administración, sin embargo se carece de políticas integrales que proporcionen las directrices para el manejo y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

1.5.2.1.C Falta de vigilancia y control para el cumplimiento legal

No se ha definido un sistema eficiente para la vigilancia y control dirigido a los recursos naturales, especialmente para el uso del agua. En el caso del bosque, la inexistencia de vías de acceso principalmente las talas ilícitas; sin embargo, el recurso ha sufrido pérdidas

debido al cambio de uso de la tierra, desprendimientos en masa de terrenos y ocurrencia de incendios forestales.

No obstante lo anterior, a nivel de cuenca no se cuenta con un mecanismo que norme integralmente el uso de los recursos naturales.

1.5.2.1.D Falta de planificación integral

Esto se manifiesta principalmente por el régimen de tenencia de la tierra, cuya práctica ha forzado a utilizar tierras marginales de laderas para el uso de cultivos de subsistencia, especialmente maíz y frijol, aunque en menor escala. Esta situación puede incidir negativamente en las áreas que drenan hacia el río Teculután.

Además se observa un crecimiento desordenado en el área urbana, que no integra acciones de prevención y mitigación de desastres. Esto responde en parte a la falta de políticas de Estado que busquen el manejo apropiado del territorio y los recursos naturales.

1.5.2.1.E Desconocimiento y desinterés por el patrimonio cultural y natural

En general, la población de la cuenca tiene un desconocimiento de su patrimonio cultural y natural. El área posee 4 sitios arqueológicos en la parte alta y 9 en la parte baja. Las difíciles condiciones de acceso han limitado el conocimiento y promoción de los sitios ubicados en la parte alta, restringiéndose únicamente a los sitios que existen en la parte baja, los cuales, también carecen de manejo y por lo tanto no son de conocimiento público. Si embargo debe tomarse en cuenta que aún con la dificultad de acceso, los sitios de la parte alta están en riesgo ante la presencia de depredadores de sitios arqueológicos.

1.5.2.1.F Falta de planes y programas de salud preventiva

La población que se ubica dentro del área de la cuenca es afectada principalmente por una porción de enfermedades ocasionadas por el consumo de agua no potable y por la falta de higiene. Aun cuando la tasa de morbilidad no es tan alta (9 por cada 1,000 habitantes), se considera que se está ante una amenaza real si no se toman las medidas preventivas necesarias.

1.5.2.2 Efectos

Después del análisis de las causas, se procedió a la determinación de los efectos, los que se describen a continuación:

1.5.2.2.A Pérdida de la capacidad productiva de la tierra

El crecimiento de la población y el consecuente avance de los centros poblados, la deforestación, la erosión del suelo, la aplicación de pesticidas en forma incontrolada y la falta de un ordenamiento territorial en general, ocasionan que la capacidad productiva de la tierra disminuya considerablemente, pudiendo llegar a provocar efectos irreversibles.

1.5.2.2.B Reducción de los caudales especialmente en la época seca (verano)

Actualmente la cuenca no presenta un efecto concreto en cuanto a la reducción de caudales. Los decrementos observados como una manifestación cíclica anual no son significativos. Estos ocurren especialmente en época seca (verano) y la disminución se le considera normal o natural. Sin embargo, el efecto que prevalece y que podría generar un impacto negativo en cuanto al uso del agua lo constituye su distribución, ya que se evidencia un incremento de los diferentes sistemas de conducción del líquido, ya bien sea para el consumo humano o para su uso en las actividades agropecuarias.

1.5.2.2.C Especies en peligro

En cuanto a la fauna se ha identificado una especie acuática en peligro de extinción, el Tepemechín (***Agonostomus monticola***), la cual está en peligro de desaparecer de la cuenca, la principal razón de ello es la contaminación de las aguas del río. Esta contaminación se ha provocado especialmente por el uso inadecuado de pesticidas, así como del vertido de aguas grises en el cauce, otra causa es la forma tradicional de pesca que consiste en echar veneno al agua y el uso de explosivos.

1.5.2.2.D Baja tecnificación en actividades agropecuarias para el consumo local

Los sistemas de producción para autoconsumo se sustentan en los cultivos de granos básicos. Estos se desarrollan utilizando técnicas tradicionales, lo cual genera que la producción en algunos casos no sea suficiente para cubrir la demanda alimenticia o en todo caso del mercado local. Al igual con el sector pecuario, esa producción agropecuaria no se ha tecnificado lo suficiente como para competir en los mercados departamental y regional.

1.5.2.2.E Falta de asistencia financiera para actividades agropecuarias para consumo local

Una de las consecuencias del minifundismo es la inaccesibilidad a los servicios financieros en apoyo a las actividades agropecuarias. Además los sistemas de producción funcionan únicamente para el autoconsumo local, lo cual resta competitividad a los productos. En el caso contrario, podrían ser atractivos y con ello representar una garantía para la asignación de recursos financieros a través de préstamos.

1.5.2.2.F Incidencia de enfermedades comunes

La poca capacidad institucional para ofrecer el servicio de salud así como los limitados ingresos familiares condicionan el acceso de la población por un lado a poseer buena

salud y al pago privado por una porción de servicios relativos a ello. Así mismo, las condiciones de salubridad e higiene a nivel rural son desfavorables, por lo que aunados a los procesos de contaminación hídrica, ocasionan que la morbilidad local tienda a incrementarse en la misma proporción como se incrementa la población.

1.5.3 DEMANDA Y OFERTA

1.5.3.1 Demanda

El elemento básico para la planificación del ordenamiento de la cuenca, lo constituyó la presentación de la información técnica y consulta a los diferentes actores sociales del área de la cuenca. Estos manifestaron sus necesidades, las cuales fueron analizadas y sistematizadas, a efecto de verificar, por un lado, su viabilidad y factibilidad de acuerdo a los factores políticos, económicos, sociales y culturales y por el otro, las potencialidades biofísicas de la cuenca. (IIA, DIGI.USAC, 1995). De este modo se pudo determinar la demanda de los actores sociales de la cuenca. La misma se presenta en el cuadro 1.

Cuadro 1 : Principales aspectos de la demanda de los actores sociales de la cuenca del río Teculután, año 2009.

EN ASPECTO DE ORDENAMIENTO	EN EL ASPECTO PRODUCTIVO
Manejo del recurso hídrico	Turismo
Manejo del recurso forestal	Acuicultura
Manejo del recurso suelo	Desarrollo agropecuario: cultivos permanentes (frutales), desarrollo ganadero para los mercados locales y departamentales.
Control de la contaminación ambiental	
Control en la depredación de la biodiversidad	
Ordenamiento urbano y rural	

Fuente: Elaborado con base en los resultados de entrevistas con agricultores miembros de ADICOMTEC, observaciones y criterios técnicos.

Los actores, en base a las entrevistas personales, de acuerdo con las necesidades y problemática identificadas en la cuenca, determinaron dos aspectos de importancia y los cuales consideraron que serían los puntos a desarrollar dentro un plan integrado de manejo de la cuenca. Para ellos, el deterioro de los recursos naturales tiene sus raíces en la poca capacidad institucional, tanto para velar por el cumplimiento de las leyes como para ejercer actividades de administración y control. Por otro lado, si bien es cierto que el municipio de Teculután posee una pobreza focalizada y no generalizada, también se requiere de proyectos que generen mayor ingresos a la economía local, por lo tanto, dentro del proceso de consulta, se identificaron las acciones a realizar dentro del marco del potencial natural y productivo de la cuenca, a efecto de analizar y evaluar la posibilidad de desarrollar ciertas iniciativas productivas que contribuyan a mejorar el nivel de vida la población.

1.5.3.2 Oferta

De acuerdo con los estudios técnicos realizados, en el área de la cuenca se encuentran cinco zonas de vida, siendo éstas: el Bosque Pluvial Montano Bajo, el Bosque muy Húmedo Subtropical Frío, el Bosque Húmedo Subtropical Templado, el Bosque Seco Subtropical y el Monte Espinoso Subtropical. Dentro de estas zonas de vida se encuentra una gran diversidad de especies vegetales como animales, que proporcionan un valor al patrimonio natural de la cuenca; sin embargo, una de las mayores riquezas, que posee esta área lo constituye el recurso agua, ya que su disponibilidad aún no llega a niveles de escasez, aunque en época de verano los caudales tienden a bajar, lo cual ocurre dentro de los parámetros normales.

Así mismo, los recursos forestales proporcionan una relativamente adecuada cobertura, lo cual contribuye a la recarga hídrica de la cuenca. (INAB, 2000). Se estima que el 68.5% del área total de la cuenca se encuentra bajo cobertura forestal en varios estratos: Bosque de coníferas denso, bosque de coníferas abierto, bosque de latifoliadas alto, bosque de latifoliadas bajo, bosque cultivado de ciprés y bosque cultivado de pino. Además existen como área importante con cubierta de pasto.

Por el lado socioeconómico y ubicación del municipio, éste presenta ventajas comparativas y competitivas las cuales guardan una estrecha relación con respecto a los recursos hídricos y forestales del área. (NITTLER,JB;BARAHONA R.) Una de esas vinculaciones puede ser considerada como una potencialidad para el desarrollo de actividades de turismo, de industria y de comercio de bienes y servicios producidos en el mismo municipio.

1.6 Identificación de programas y proyectos

De acuerdo con el objetivo definido para el manejo de la cuenca, y con mentalidad futurístico pretendiendo realizar actividades pertinentes al ordenamiento territorial y para este caso una caracterización del suelo y agua de la parte media de la cuenca del Rìo Teculutàn, se han establecido participativamente diferentes programas y proyectos, los cuales contribuirán a mejorar la situación actual de los recursos naturales y por ende, al nivel de vida de la población. Lo que se pretende con estos proyectos, es en primer lugar, velar porque los recursos naturales sean aprovechados en forma racional, tanto para uso doméstico como en aquellas actividades industriales, además, mejorar y ampliar las opciones productivas dirigidas a pequeños y medianos productores a fin de diversificar los ingresos de la población.(SEGEPLAN,2002).

En el cuadro 2 , se presentan los diferentes programas y proyectos identificados para ser ejecutados dentro del área de la cuenca.

Cuadro 2 : Identificación de programa y proyectos recomendados para ser ejecutados en la cuenca del Río Teculután.

Programa	Proyecto	Descripción
1. Programa de ordenamiento Territorial	1.1 Proyecto de apoyo al desarrollo de la Reserva de Biósfera Sierra de las Minas	Desarrollar acciones para fortalecer la conservación y manejo de las diferentes áreas que están dentro de los límites de la cuenca y que pertenecen a la Reserva de Biósfera de la Sierra de las Minas.
	1.2 Proyecto de desarrollo de recursos hídricos	Este proyecto pretende principalmente alcanzar consensos con los distintos grupos de interés para hacer del agua un recurso de base y que sea manejado ordenadamente para que cumpla una función social fundamental.
	1.3 Proyecto de manejo forestal	Al igual que con el recurso hídrico, el recurso forestal debe ser aprovechado en forma sostenible, especialmente en aquellas áreas que están fuera de la Reserva de Biosfera de la Sierra de las Minas. Un componente básico puede ser el establecimiento de plantaciones forestales, con especies nativas, con los objetivos de protección y producción energética.

	<p>1.4 Proyecto de conservación de suelos</p>	<p>En el área de la cuenca, el 78.9% del área presenta problemas de erosión hídrica de los suelos, la cual se presenta en formas laminar, en surcos e incluso en cárcavas; los niveles de erosión se estiman de moderada hasta severa. Para garantizar el mantenimiento de la calidad de los suelos y para evitar la producción de sedimentos hacia el río, tiene que emprenderse un proyecto que minimice la pérdida de los suelos por efecto de la erosión.</p>
	<p>1.5 Proyecto de ordenamiento espacial (urbano - rural)</p>	<p>El proyecto pretende ordenar las diferentes actividades que se desarrollan dentro del área de la cuenca de acuerdo a su potencial y capacidad. Está enfocado no sólo para que se implemente a nivel rural sino también en los espacios urbanos.</p>
	<p>1.6 Mejoramiento de los servicios públicos.</p>	<p>Mediante este proyecto se identificarán todas aquellas acciones que impliquen mejorar los servicios y que a la vez se asegure el saneamiento ambiental de los poblados, minimizando la contaminación, especialmente del agua y el suelo.</p>

	1.7 Proyecto de desarrollo institucional (unidad de administración de la cuenca)	Básicamente se pretende establecer un ente administrativo y técnico cuya función será la de velar por el buen manejo de los recursos naturales. Será además, una instancia en donde estarán representados todos los actores sociales de la cuenca.
2. Programa de desarrollo productivo	2.1 Proyecto de desarrollo turístico	De acuerdo con el potencial biofísico que poseen los recursos naturales y los componentes socioculturales en la cuenca, se identificarán las áreas que pueden representar opciones tanto para el ecoturismo como para el agroturismo y otras formas de desarrollo turístico.
	2.2 Proyecto de desarrollo de la acuicultura	<p>Teniendo el recurso hídrico como uno de los mas importantes a nivel de la cuenca, se aprovechará para la implementación de unidades productivas ya sean comunales o privadas para la producción de peces.</p> <p>Estos podrán ser comercializados en mercados a nivel local o departamental. Será un medio para generar ingresos así como para mejorar la dieta alimenticia local.</p>

	<p>2.3 Proyecto de desarrollo agropecuario (cultivos permanentes, mango, marañón, aguacate otras frutas). Ganadería bovina y especies menores</p>	<p>Se evaluará la posibilidad de implementar cultivos permanentes a efecto de proporcionar cobertura y generar producción para la comercialización, especialmente transformada.</p> <p>Los cultivos permanentes son una opción y principalmente los frutícolas.</p> <p>En los aspectos pecuarios se impulsará la producción específicamente de ganado en aquellas áreas en donde la capacidad lo permita. Se evaluará el modelo de producción para el establecimiento de las unidades. Existe potencial de mercado tanto a nivel local como departamental.</p>
--	---	--

Fuente: Elaborado con base a trabajo de campo y consulta con los agricultores miembros de la ADICOMTEC.

1.7 Conclusiones

- En base a la elaboración del árbol de problemas, y en base a los proyectos recomendados para realizar en la cuenca del Río Teculután, tomando en cuenta las necesidades y requerimientos del consorcio del proyecto PESH, es necesario realizar lo siguiente:

Realizar el balance hídrico general de la cuenca del Río Teculután, Zacapa.

Determinar la calidad físico-química del agua con fines de riego de los principales afluentes de la cuenca del Río Teculután, Zacapa.

Análisis del uso, capacidad de uso e intensidad de uso de la tierra del área donada en usufructo a la ADICOMTEC, ubicada en la parte media de la cuenca del río Teculután, Zacapa.

Formulación de lineamientos de manejo de los recursos suelo y agua de el área donada en usufructo a la ADICOMTEC ubicada en la parte media de la cuenca, con fines de agricultura bajo riego.

- De acuerdo al diagnóstico realizado de la cuenca del Río Teculután, se plantea el siguiente trabajo de graduación:

Caracterización de Recursos Naturales de la parte media (Área otorgada en usufructo a la ADICOMTEC) de la Cuenca del Río Teculután, con fines de diversificación Agrícola, Teculután Zacapa.

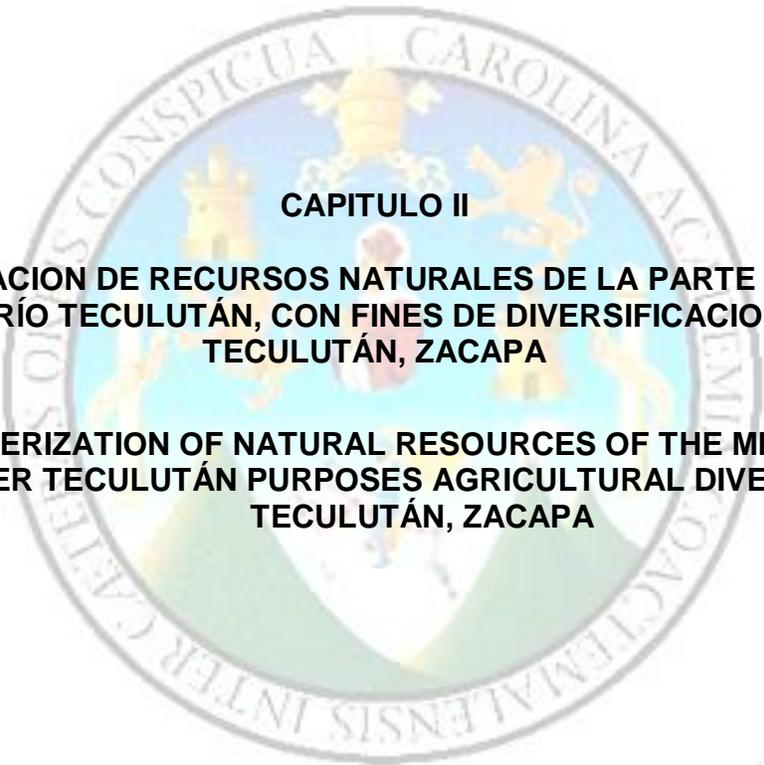
1.8 Recomendación

- Es recomendable realizar la caracterización de los recursos naturales (suelo y agua) de la parte media de la cuenca del Río Teculután con fines de diversificación agrícola.

1.9 Bibliografía

- IIA (USAC, Facultad de Agronomía, Instituto de Investigaciones Agronómicas, GT); DIGI (USAC, Dirección General de Investigación, GT). 1995. Proyecto de investigación básica para la planificación del manejo de la cuenca experimental del río Itzapa, informe anual 1994. Guatemala. 104 p.
- INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2000. Manual para la determinación de la capacidad de uso de la tierra. Guatemala. 96 p. (Manual no. 1).
- _____. 2001. Normas de manejo forestal: capítulo 1: conservación de suelo y agua. Guatemala. s.p.
- Nittler, JB; Barahona, R. 1993. El manejo de cuencas en el Proyecto de Desarrollo Agrícola de Guatemala. Guatemala, MAGA / PRODESA / USAID. 65 p.
- SEGEPLAN (Secretaria de Planificación y Programación de la Presidencia de la República, GT). 2002. Sistema nacional de inversión pública (SNIP): manual de formulación y evaluación de proyectos, módulo ii. Guatemala. 120 p.

Vo. Bo.: _____
Ing. Agr. Rolando Udine Aragón Barrios



CAPITULO II

CARACTERIZACION DE RECURSOS NATURALES DE LA PARTE MEDIA DE LA CUENCA DEL RÍO TECULUTÁN, CON FINES DE DIVERSIFICACION AGRICOLA, TECULUTÁN, ZACAPA

CHARACTERIZATION OF NATURAL RESOURCES OF THE MIDDLE PART OF THE RIVER TECULUTÁN PURPOSES AGRICULTURAL DIVERSIFICATION, TECULUTÁN, ZACAPA

2.1 Presentación

En la actualidad, las instituciones nacionales e internacionales, se han preocupado por los crecientes problemas derivados de la utilización inadecuada de los recursos naturales. Dentro de los recursos que son principalmente afectados se encuentran el suelo y el agua, en diferentes intensidades, de acuerdo al manejo agrícola y forestal utilizado y la intensidad de uso de la tierra.

En Guatemala, la presión sobre el recurso hídrico derivado de la degradación de la cobertura vegetal y suelo, en áreas de captación y regulación hidrológica, se manifiesta cuando los manantiales se pierden y se reduce el régimen del caudal de los ríos.

La planificación del manejo de los recursos presentes en la cuenca de estudio, inicia en la caracterización de aspectos sociales, económicos y biofísicos; que permiten tomar decisiones sobre la base de las particularidades de la misma, disminuyendo así el riesgo de degradación y aumentando la certeza de las acciones a emprender. Se generan valores cualitativos y cuantitativos de sus problemas y oportunidades, con la finalidad de proponer proyectos que permitan aprovechar los recursos bajo el modelo sostenible y sustentable, implicando que éstos sean económicamente rentables, socialmente aceptables y ambientalmente viables.

El presente estudio tiene como objetivo la caracterización de los Recursos Naturales de la Cuenca del Río Teculután, en el marco del proyecto PESH de CARE-WWF, el cual cuenta con la finalidad de realizar acciones para la recuperación de las zonas con conflictos de uso, para que pueda iniciar una prestación de un servicio hidrológico. Todo lo anterior tuvo una cobertura de los proveedores en siete comunidades de la Microcuenca Teculután, teniendo una relación directa con la municipalidad de Teculután como usuario de los servicios hidrológicos.

La presente investigación es parte de las actividades del programa del Ejercicio Profesional Supervisado, de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala y el apoyo del proyecto PESH de CARE-WWF realizado de Febrero a Noviembre de 2009. Esta investigación generó información básica sobre la cantidad y calidad de agua así como la Capacidad de uso, intensidad de uso y Uso de la tierra en la

parte baja de la cuenca del Río Teculután, Zacapa, para que esta información pueda servir para el planteamiento de futuras estrategias con fines de diversificación Agrícola.

Los resultados obtenidos de la presente investigación, fueron: balance hídrico, calidad físico-química del agua con fines de riego, capacidad de uso e intensidad de uso de la tierra y lineamientos de manejo de los recursos suelo y agua teniendo un valor de recarga hídrica de $1.41 \text{ m}^3/\text{s}$, la calidad físico-química de el agua de los efluentes estudiados es buena encontrándose dentro de la clasificación C1S1, C2S1 respectivamente, la tierra presenta un valor mas alto de capacidad de uso Ap/F y el mayor porcentaje de la tierra de acuerdo a la intensidad de uso se encuentra dentro de la categoría de uso sobre-utilizado, teniendo dicha información se plantearon lineamientos de manejo de los recursos suelo y agua de el area cedida en usufructo a la Asociación de Desarrollo Integral Agropecuario de las Comunidades de Teculután.

2.2 Definición del Problema

Actualmente en Guatemala se ha generado información muy limitada para llegar a un entendimiento claro y definir políticas o planes de manejo de recursos hídricos o recursos naturales asociados respecto del vínculo del ciclo hidrológico forestal, así también la relación existente entre dicho vínculo con la interacción entre el clima, suelos y las diferentes especies asociadas a los bosques. Es de suma importancia generar información de esta dinámica, lo cual por medio de la obtención de datos respaldará los criterios técnicos que la gestión forestal puede utilizar para responder a las diferentes interrogantes existentes sobre el uso racional de los bosques tomando muy en cuenta su importante función en la recarga hídrica.

La cuenca del Río Teculután, como fuente principal del recurso hídrico al municipio de Teculután, Zacapa, cuenta con áreas desprovistas de cobertura forestal, lo cual tiene un efecto negativo sobre la conservación productiva en el suelo principalmente la pérdida de su capacidad de infiltración, la misma tiene como resultado el incremento en la tasa de escurrimiento superficial, trayendo con ello un incremento en el arrastre de partículas y desgaste del suelo.

La degradación de los recursos naturales de la cuenca por parte de las poblaciones que se encuentran dentro y fuera de la misma, están provocando problemas ambientales, que repercuten en la calidad y cantidad de agua superficial, así como en los otros recursos naturales.

Dentro de los lineamientos de trabajo del proyecto PESH de CARE-WWF se realizaron los estudios de caracterización de los recursos naturales de la parte media (Área donada en usufructo a la ADICOMTEC), de la cuenca del Río Teculután con fines de Diversificación Agrícola, para generar información básica en cuanto a calidad y cantidad de agua dentro de la cuenca así mismo la Capacidad de Uso, Intensidad de Uso y Uso Actual de la tierra, que pueda servir para el planteamiento de estrategias de producción agrícola conservando y manejando de manera sostenible los recursos naturales de la cuenca.

2.3. Marco Teórico

2.3.1 Marco Conceptual

2.1.1.1 Caracterización de recursos naturales (suelo y agua)

Es la descripción y análisis de los aspectos naturales y sociales relevantes de un área determinado; su propósito es entender la situación actual (Gobernación de Antioquia 2007).

La importancia de la caracterización agro- ecológica y económica de una zona, es poder conocer las potencialidades y limitaciones de la misma (Gobernación de Antioquia 2007).

2.1.1.2 Calidad del agua

La calidad del agua se refiere a las condiciones en que se encuentra el agua respecto a características físicas, químicas y biológicas, en su estado natural o después de ser alteradas por el accionar humano. El concepto de calidad del agua ha sido asociado al uso del agua para consumo humano, entendiéndose que el agua es de calidad cuando puede ser usada sin causar daño. Sin embargo, dependiendo de otros usos que se requieran para el agua, así se puede determinar la calidad del agua para dichos usos. En este contexto, se considera que el agua es de buena calidad cuando está exenta de sustancias y microorganismos que sean peligrosos para los consumidores y está exenta de sustancias que transmitan sensaciones sensoriales desagradables para el consumo, como el color, el olor, el sabor o turbiedad. La importancia de la calidad del agua radica en que el agua es uno de los principales medios para la transmisión de muchas enfermedades que afectan a los humanos.(Herrera,1995)

El agua que es recomendable para consumo humano se llama agua potable, la cual puede provenir de fuentes superficiales o subterráneas y generalmente debe estar tratada para eliminar cualquier contaminación. En Guatemala existe una norma para agua potable establecida por la comisión de Guatemalteca de Normas COGUANOR. En ella se establecen límites máximos aceptables y permisibles de compuestos químicos,

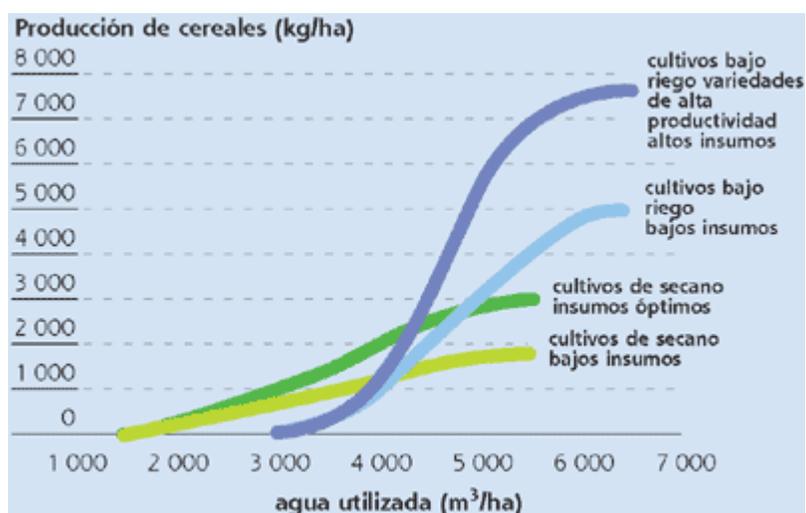
características sensoriales, biocidas y límites microbiológicos, así como las concentraciones de cloro y métodos de análisis bacteriológicos (Herrera, 1995).

Entre los factores que determinan la calidad del agua están:

- Factores físicos: La calidad del agua modificada por sustancias puede no ser tóxica, pero cambia el aspecto del agua, entre ellas los sólidos en suspensión, la turbidez, el color, la temperatura (Herrera, 1995).
- Factores químicos: Las actividades industriales generan contaminación al agua cuando hay presencia metales pesados tóxicos para los humanos tales como arsénico, plomo, mercurio y cromo. La actividad agrícola contamina cuando emplea fertilizantes que son arrastrados hacia las aguas, especialmente nitratos y nitritos. Además, el uso inadecuado de plaguicidas contribuye a contaminar el agua con sustancias tóxicas para los humanos (Herrera, 1995).
- Factores biológicos-bacteriológicos: Existen diversos organismos que contaminan el agua. Las bacterias son uno de los principales contaminantes del agua. Los coliformes representan un indicador biológico de las descargas de materia orgánica. Las coliformes totales no son indicadores estrictas de contaminación de origen fecal, puesto que existen en el ambiente como organismos libres. Sin embargo, son buenos indicadores microbianos de la calidad de agua. La *escherichia coli* es la única bacteria que sí se encuentra estrictamente ligada a las heces fecales de origen humano y de animales de sangre caliente. También contaminan el agua virus, algas, protozoos y hongos. La calidad del agua se mide por la presencia y cantidad de contaminantes y para conocerse con exactitud es necesario realizar un análisis del agua en un laboratorio especializado (Herrera, 1995).

2.1.1.3 Agricultura bajo riego

Durante las décadas recientes la agricultura bajo riego ha sido una fuente de producción de alimentos muy importante. Como muestra el gráfico adjunto, los mayores rendimientos de los cultivos que pueden obtenerse en regadío son más del doble que los mayores que pueden obtenerse en secano. Incluso la agricultura bajo riego con bajos insumos es más productiva que la agricultura de secano con altos insumos. El control, con bastante precisión, de la absorción del agua por las raíces de las plantas tiene estas ventajas (FAO 2000).



Fuente: Agricultura bajo riego (FAO,2000)

Figura 1. Productividad y requerimientos de la agricultura bajo riego y la de secano en suelos de climas áridos.

Aún así, el regadío contribuye menos a la producción agrícola que el secano. Globalmente, la agricultura de secano se practica en el 83 por ciento de las tierras cultivadas y produce más del 60 por ciento de los alimentos del mundo. En regiones tropicales con escasez de agua, como los países de la región del Sahel, la agricultura de secano se practica en más del 95 por ciento de las tierras cultivadas, porque en estas zonas el riego convencional de cultivos para la producción de alimentos puede ser muy costoso y apenas justificable en términos económicos (FAO 2000).

Hay otras razones que justifican por qué el riego convencional no puede continuar creciendo tan rápidamente como en las últimas décadas. Una razón es que el costo real del regadío no se conoce, porque citando a un autor el riego es «una de las actividades más subvencionadas del mundo.» Los costes ambientales de las zonas regables convencionales son también altos y no repercuten en los precios de los alimentos, y a menudo el riego intensivo produce anegamiento y salinización. Actualmente, alrededor del 30 por ciento de las tierras regadas están moderada o severamente afectadas. Anualmente, el área regada se está reduciendo aproximadamente en el 1-2 por ciento a causa de la salinización de las tierras (FAO 2000).

Por supuesto, no solamente seguirá practicándose el riego sino que también la superficie bajo riego aumentará a pesar de estos inconvenientes. Lo que se necesita imprescindiblemente es mejorar la eficiencia del riego (FAO 2000).

Básicamente hay cinco métodos de riego:

- Riego de superficie, que cubre toda la superficie cultivada o casi toda.
- Riego por aspersión, que imita a la lluvia.
- Riego por goteo, que aplica el agua gota a gota solamente sobre el suelo que afecta a la zona radicular.
- Riego subterráneo de la zona radicular, mediante contenedores porosos o tubos instalados en el suelo.
- Subirrigación, si el nivel freático se eleva suficientemente para humedecer la zona radicular.

Los dos primeros métodos, riego de superficie y por aspersión, se consideran riego convencional. Actualmente, el riego de superficie es sin duda la técnica más común, especialmente entre los pequeños agricultores, porque no requiere operar ni mantener equipos hidráulicos complejos. Por esta razón, es probable que el riego de superficie domine también en 2030, aunque consuma más agua y en ocasiones cause problemas de anegamiento y salinización (FAO 2000).

El riego por goteo y el riego subterráneo son dos tipos de riego localizado, que es un método de riego cada vez más popular por su máxima eficacia, ya que aplica el agua solamente donde es necesaria siendo las pérdidas pequeñas. Sin embargo, la tecnología no es todo, porque el riego a pequeña escala y el uso de aguas residuales urbanas pueden incrementar la productividad del agua tanto como los cambios de la tecnología de riego (FAO 2000).

2.1.1.4 Capacidad de uso de la tierra

El Estudio de Capacidad de Uso de la Tierra (ECUT), debe de concebirse como una herramienta de toma de decisiones, al considerar los datos aportados como propuestas que permitan reducir el sobreuso del recurso suelo y con ello estabilizar a mediano plazo el manejo de los recursos naturales. El ECUT permite desarrollar acciones a instituciones gubernamentales, organizaciones no gubernamentales (ONG), programas y proyectos nacionales e internacionales para orientar el apropiado manejo del recurso tierra. La tierra es un recurso limitado y no renovable y el crecimiento de la población humana determina la existencia de conflictos en torno a su aprovechamiento. Es urgente armonizar los diversos tipos de tierras con el aprovechamiento más racional posible, a fin de optimizar la producción sostenible y satisfacer diversas necesidades de la sociedad, conservando al mismo tiempo, los ecosistemas frágiles y la herencia genética (FAO 1994).

Esta armonización de tipos de tierras con tipos de usos es posible con la planificación del uso, partiendo de la evaluación sistemática del potencial de la tierra y del agua, de las alternativas de su aprovechamiento, y de las condiciones económicas y sociales que orientan la selección y adopción de las mejores opciones (FAO 1985, 1994). Dentro de la planificación del uso de la tierra una etapa importante es la determinación de la aptitud de la misma.

2.1.1.5 Aforo

El caudal o gasto es el volumen de agua que pasa por una sección específica del cauce de un río en un tiempo determinado y al conjunto de operaciones que conduce a la valoración del gasto (Herrera, 1995).

2.1.1.6 Aforo de corrientes

Conjunto de operaciones realizadas en un afluente o río para determinar el caudal circulante en un momento determinado, anotando al mismo tiempo la altura en escala milimétrica, (INAB-FAUSAC, 2003). El caudal de una corriente no es constante en el tiempo, es muy importante conocer sus fluctuaciones, mediante una serie de aforos, que debidamente valorizados y compilados, nos conducen a encontrar las leyes en que se rige la corriente, esto es el régimen mensual, anual y cíclico de una corriente; con lo que se puede relacionar el caudal con el tiempo para obtener el hidrograma o hidrógrafo característico de un río (Herrera, 1995).

2.1.1.7 Aforos diferenciales

Cuando se realizan aforos en algunos tramos del río (corriente principal), para que a partir de los caudales se determine si se aporta agua al acuífero o este último se proporciona, es decir si el río es influente o efluente. De esta manera se podrán conocer la descarga del acuífero o existencia de recarga hídrica por este factor (INAB-FAUSAC, 2003).

Este tipo de aforo sirve para determinar los sectores en los cuales la precipitación pluvial constituye una recarga potencial al acuífero (precipitación efectiva), después de los efectos del suelo, vegetación, topografía, etc. Parte de ella es posible que emerja como manantiales (corrientes secundarias) o directamente alimente a la corriente superficial principal de la cuenca (río efluente), por lo tanto haciendo medidas de caudal en intervalos relativamente pequeños sobre la longitud del cauce, se pueden detectar los sectores en los que el río se comporta como efluente o bien a través de infiltración de agua dentro de su cauce pasa a constituir también una recarga al acuífero (río influente), (INAB-FAUSAC, 2003).

Actualmente sirve para tener una idea cuantitativa de que fracción de precipitación efectiva contribuye al caudal de la corriente principal siendo esta siempre menor que la cantidad de recarga potencial. Uniendo el conocimiento de la recarga potencial en cada una de las unidades de mapeo definidas y los caudales aforados, es posible realizar la importancia de los aportes de las partes altas de una cuenca principalmente. Para la localización y aforo de manantiales se deben ubicar en coordenadas geográficas o coordenadas UTM y su

altitud en m.s.n.m., utilizando un sistema de posicionamiento global GPS (INAB-FAUSAC, 2003).

2.1.1.8 Secciones de control de aforo

Se refiere al punto donde se efectúa la medición del caudal, en una sección transversal del río. Esta sección debe de cumplir con ciertas características importantes como: 1.- Accesibilidad cercano a un centro poblado, preferentemente aguas arriba del punto seleccionado; 2.- Ubicación del tramo de aforo, el caudal debe ser estable para que no suceda sedimentación o erosión del mismo; 3.- Conformación o permeabilidad, que se refiere a que no existan fugas de agua subsuperficial o subterránea cercana a la sección y 4.- Rango de velocidad del agua del río entre 0.1 a 2.5 m/s, (Herrera,1998).

Existen varios tipos de secciones de aforo; el aforo de secciones en forma natural es el que se caracteriza porque su área es variable, teniendo el problema que en ella se produce mucha sedimentación o erosión, lo que impide la tomas de caudales exactos principalmente en época lluviosa (Herrera,1995).

2.1.1.9 Métodos para el cálculo de aforos de agua superficial

Los métodos prácticos de aplicación más frecuentes son:

- Método volumétrico
- Método Parshall
- Método de vertederos y orificios
- Método sección-velocidad (flotadores, molinetes y pendiente hidráulica)
- Otros métodos (tubos de Pitot y Venturi, Balanza hidrométrica, trazadores y ultrasonido).

De estos métodos los más prácticos de aplicación son: Método Volumétrico y método de sección velocidad.

- A. Método volumétrico. Usado para corrientes pequeñas como manantiales de agua o riachuelos, siendo el método más exacto, este método consiste en llegar el

caudal a un depósito permeable cuyo volumen sea conocido y tomar el tiempo total en que se llena dicho depósito (INAB-FAUSAC,2003).

$$Q = \text{Volumen} / \text{Tiempo} = \text{m}^3/\text{s} \text{ ó } \text{l/s}$$

Se utiliza para trabajos experimentales o para tener una idea rápida del caudal que aporta determinado riachuelo o en la prueba de bombeo donde se utilizan recipientes de 54 galones (toneles), (1 galón = 3.78 litros), (INAB-FAUSAC, 2003).

B. Método sección velocidad. El caudal de un río por este método estará dado por: **Q = Área * Velocidad media, expresada en m³/s ó l/s.** En este método se determina separadamente: La sección transversal del cauce y la velocidad de la corriente del agua.

a. Determinación de la sección transversal del cauce: Determinado el punto dónde se efectuara la mediciones deberán de colocar dos estacas, una a cada orilla del río y fijándose que las líneas que las une, sea perpendicular a la dirección del río para determinar el ancho del mismo, (INAB-FAUSAC, 2003).

Dividir el ancho del cauce en secciones de acuerdo al cuadro 1.

Cuadro 3. Consideraciones a tomar para medir caudales en ríos.

Ancho del cauce (m)		Espaciamiento (m)
De	a	
0	1	0.2
1	2	0.25
2	4	0.5
4	8	1
8	15	1.5
15	25	3
25	30	5

Luego obtener: a) El ancho y profundidad al principio y al final de cada tramo, b) la profundidad media del área parcial, por medio de la fórmula: **Profundidad media del área parcial: $(a + b) / 2$.**

Obteniendo el área parcial de cada sección a través de la fórmula siguiente:

$$A_i = (a + b) / 2 * L.$$

Donde:

A_i = Cualquier área parcial de cada sección

L = Ancho del área parcial o longitud

a = Profundidad uno

b = Profundidad dos

a. Determinación de la velocidad media. Esta se efectúa por medio de los flotadores, molinetes, como se describe a continuación:

i. Flotadores. Son cuerpos mas ligeros que el agua y que conducidos en suspensión por la corriente adquieren una velocidad superficial o media, que resulta según la clase de flotadores empleados (superficiales o sumergibles) y para lo cual se deben desarrollar los siguientes pasos o etapas (INAB-FAUSAC ,2003).

Selección de un tramo de aforo recto, libre de obstáculos cuya longitud no sea menor de seis veces el ancho del río, de ser posible. La velocidad se obtiene tomando el tiempo que tarda el material (flotador) en recorrer un tramo de longitud conocida, $V = \text{Distancia} / \text{Tiempo}$.

Se obtienen dos tipos de velocidad, esto de acuerdo al tipo de flotador que se utilice (INAB-FAUSAC, 2003).

Velocidad superficial (V_s): se obtiene con flotadores superficiales, los cuales pueden ser pequeñas piezas de madera, botellas, corchos, pelotas plásticas y algunas frutas,

tomando enguanta que no estén influenciados por el viento. Velocidad media (V_m): Se obtiene en forma aproximada por los flotadores sumergidos, ya que estos tienen forma de barra o del bastón, lo cual nos permite tomar una posición vertical, extendiéndose desde la superficie hasta cerca del fondo de la columna de agua, proporcionando así un promedio de las velocidades de la corriente.

ii. Estimación de la velocidad media (V_m): Si se usan varios flotadores superficiales, se promedia su velocidad, por lo tanto esta corresponde a la V_s media (INAB-FAUSAC, 2003).

De igual forma se obtiene la velocidad media utilizando varios bastones sumergidos a lo largo de un tramo del río. Posteriormente se obtiene: **$K = V_m / V_s$** .

Donde K , es un factor de corrección que se utiliza para transformar la velocidad superficial en velocidad media, $V_m = K * V_s$ (para los siguientes aforos). En estos casos se puede usar el valor de K de 0.85 a 0.90 como se reporta en la literatura, (INAB-FAUSAC, 2003) . El caudal se obtiene: Q (m^3/s ó l/s) = Área de la sección (m^2) por velocidad media (m/s).

iii. Molinetes: Son instrumentos que sirven para registrar velocidades de flujos (agua y viento) en forma indirecta, utilizando la medición del número de revoluciones de una hélice a través de un sensor en determinado intervalo de tiempo. Existen varios modelos, que por norma incluyen su ecuación correspondiente basada en su calibración que permite obtener en base al número de revoluciones del valor de velocidad. La velocidad calculada se determina en base a la constante del equipo (INAB-FAUSAC, 2003).

La profundidad para ubicar cada molinete en cada punto de aforo se realiza a 0.6 de la profundidad total del río en ese punto. Para la determinación de la velocidad ajustada en el último punto del río, como el molinete se coloca superficialmente se multiplica 0.8 por la velocidad calculada, (INAB-FAUSAC, 2003) (23). El registro del tiempo se efectúa con un cronómetro, el cual deberá de tener apreciaciones mínimas (Herrera, 1995).

2.1.1.10 Suelo

Cuerpo natural formado a partir de materiales minerales orgánicos que cubren parte de la superficie terrestre, que contiene materia viva y que pueden soportar vegetación natural y que en algunos casos ha sido transformada por la actividad humana (Tobías, 2006).

2.1.1.11 Tierra

La tierra es el área geográfica que comprende el ambiente incluyendo el clima, relieve, hidrografía y vegetación y dentro de estos componentes se encuentra la actividad del hombre (Tobías, 2006).

2.1.1.12 Uso de la tierra

Descripción de las formas de uso de la tierra. Puede ser expresado a un nivel general en términos de cobertura vegetal. A un nivel más específico se habla de tipo de uso de la tierra, el cual consiste en una serie de especificaciones técnicas dentro de un contexto físico, económico y social (INAB 2000).

2.1.1.13 Capacidad de uso de la tierra

Determinación en términos físicos, del soporte que tiene una unidad de tierra de ser utilizada para determinados usos o coberturas y/o tratamientos.

Generalmente se basa en el principio de la máxima intensidad de uso soportable sin causar deterioro físico del suelo (INAB 2000).

2.1.1.14 Clasificación de tierras por capacidad de uso

De acuerdo con Klingebiel y Montgomery (1961) es un agrupamiento de interpretaciones que se hacen principalmente para fines agrícolas y comienza por la distinción de las

unidades de mapeo. Permite hacer algunas generalizaciones con respecto a las potencialidades del suelo, limitaciones de uso y problemas de manejo. Se refiere solo a un nivel máximo de aplicación del recurso suelo, sin que este se deteriore, con una tasa más grande que la tasa de su formación. En este contexto, el deterioro del suelo se refiere sobre todo al arrastre y transporte hacia abajo de la pendiente de partículas de suelo por la acción del agua precipitada. (INAB 2000).

2.1.1.15 Uso correcto

Uso que indica que no hay discrepancia entre la capacidad de uso de la Tierra y el uso que actualmente se le está dando (INAB 2000).

2.1.1.16 Uso potencial

Uso virtualmente posible con base en la capacidad biofísica de uso, y las circunstancias socioeconómicas que rodean a una unidad de tierra. Indica el nivel hasta el cual se puede realizar un uso según la supuesta capacidad del suelo, bajo las circunstancias locales y actuales. Bajo este contexto, el uso potencial es menos intensivo o de igual intensidad que el uso a capacidad, pero nunca más intensivo (INAB 2000).

2.1.1.17 Cuenca hidrográfica

La cuenca hidrográfica es una unidad fisiográfica conformada por el conjunto de sistemas de curso de aguas definidos por el relieve (Pértegas Díaz, S. 2007).

2.1.1.18 Aguas superficiales

Se llama así a la masa de agua acumulada en el interior de los continentes de forma natural, con superficies y profundidades variables, según su situación, y que pueden ser de agua dulce o salada. Incluyen lagos, lagunas, ríos y los arroyos. (Pértegas Díaz, S. 2007).

2.1.1.19 Nacimientos

Los nacimientos son afloramientos de agua subterránea.(Miranda Castillo, N. 2007).

2.1.1.20 Calidad de agua

El término calidad del agua es relativo, referido a la composición del agua en la medida en que esta es afectada por la concentración de sustancias producidas por procesos naturales y actividades humanas (GNU, 2009 Wikipedia).

2.1.1.21 Parámetros físicos

2.1.1.21.A Temperatura

Es un factor que tiene una gran influencia en la mayoría de los procesos químicos y biológicos del agua. Afecta la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, la velocidad de fotosíntesis de algas y plantas acuáticas más grandes, la velocidad metabólica de organismos acuáticos y la sensibilidad de los organismos a desechos tóxicos, parásitos y enfermedades (FDN 2005).

2.1.1.21.B Conductividad

Expresa la capacidad del agua para transferir una corriente eléctrica, la cual se incrementa principalmente con el contenido de iones (sólidos disueltos) y la temperatura (Guerra, 2004). La conductividad es útil como una medición general de la calidad de agua de río. Cada río tiende a tener un rango relativamente constante de conductividad que, una vez establecido, puede ser usado como línea base para comparaciones con las medidas regulares de conductividad. Los cambios significativos en conductividad podrían entonces ser un indicador de que una descarga o alguna otra fuente de contaminación han entrado al río (FDN 2005).

2.1.1.21.C Sólidos disueltos totales (TDS).

Los sedimentos pueden representar una sustancia contaminante tanto desde el punto de vista físico como químico. La contaminación física característica de los sedimentos es la turbidez (limitada penetración de la luz solar) y la sedimentación (pérdida de la capacidad de almacenaje de los embalses, destrucción de las barreras de coral, pérdida de las áreas de desove etc.). La contaminación química debida a los sedimentos incluye la absorción de metales y el fósforo, así como las sustancias químicas orgánicas hidrofóbicas (FDN 2005).

Los sólidos disueltos totales indican la cantidad de materia en solución y materia sólida cargada por el río. Los sólidos disueltos constituyen los iones solubles en el agua cuyos principales cationes y aniones son: Na^+ , K^+ , Ca_2^+ , Mg_2^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- y CO_3^{2-} , los cuales se incorporan al agua a través de la atmósfera durante la lluvias o en los suelos durante la escorrentía. Estos indican la cantidad de materia en solución y materia sólida cargada por el río (FDN 2005).

La alta concentración de sólidos totales ocasiona una baja calidad de agua y problemas de balance de agua para algunos organismos individuales. La alta concentración de sólidos disueltos puede llevar efectos laxantes en el agua para beber y contar con un mal sabor mineral en el agua (FDN 2005).

2.1.1.22 Parámetros químicos

2.1.1.22.A PH

Medida de la concentración de iones de Hidrógeno en el agua. Este puede variar debido a la fotosíntesis, concentraciones de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos, así como la actividad bacteriana, entre otros factores. Los rangos de pH adecuados para la vida acuática en agua dulce, establecidos por la Environment Protection Agency de los Estados Unidos es de 6.5 a 8.5 (EPA, 2000). Aguas fuera del rango normal, de 6 a 9, pueden ser dañinas para la vida acuática (por debajo de 7 son ácidas y por encima de 7 son

alcalinas). Estos niveles de pH pueden causar perturbaciones celulares y la eventual destrucción de la flora y fauna acuática (FDN 2005).

2.1.1.22.B Oxígeno disuelto

Constituye uno de los elementos de mayor importancia en los ecosistemas acuáticos, ya que su presencia y concentración define el tipo de especies que ocurren de acuerdo con sus tolerancias y adaptaciones; y por ende establece toda la estructura y funcionamiento biótico (FDN 2005)

2.1.1.22.C Nutrientes

El fósforo se puede analizar en la forma de fosfato (PO_4), el cual generalmente es introducido a los cuerpos de agua como descargas fecales, detergentes con aditivos fosfatos y los fertilizantes agrícolas. En la mayoría de las ocasiones el fósforo es un factor limitante en la proliferación de algas, por lo cual se podría considerar que las descargas de este nutriente en los cuerpos de agua, como las iniciadoras de la eutrofización. Los fosfatos totales no deberán exceder de 0.05 mg/l en afluentes a lagos o embalses ni de 0.025 mg/l dentro del lago o embalse, para prevenir el desarrollo de especies biológicas indeseables y para controlar la eutrofización acelerada (FDN 2005).

El nitrógeno se analiza en la forma de amoníaco, nitrato y nitrito. El amoníaco, NH_3 , es el resultado de los desechos metabólicos tanto de las algas como los organismos en el medio en forma de excretas, así como el resultado de la descomposición de la materia orgánica. Es utilizado normalmente como un indicador de la contaminación reciente de un cuerpo de agua o la cercanía de una fuente de contaminación. El amonio es muy tóxico en la forma de amoníaco, equilibrio que desplaza al incrementarse al pH, esto significa que al tener concentraciones altas de amonio y valores altos de pH, el grado de toxicidad del agua, se incrementa (FDN 2005).

El nitrato de forma natural proviene del último estado de la putrefacción de la materia orgánica a través de bacterias de los géneros *Nitrosomonas* y *Nitrobacter*. También es incorporado al agua por la descomposición natural de la materia nitrogenada de las aguas

de desecho, como de los fertilizantes agrícolas. La aparición de los nitritos depende principalmente de una vía oxidativa medida por bacterias del género *Nitrosomonas*, que convierten el amonio en nitrito consumiendo el oxígeno disuelto en el agua. Su evaluación es importante para determinar el estado de autodepuración de un cuerpo de agua y la periodicidad de las descargas de éste. La presencia de sulfatos en el agua está relacionado con la presencia de azufre provenientes de la oxidación de la pirita y del uso del ácido sulfúrico, en los vertidos de ciertas industrias (FDN 2005).

2.1.1.22.D Bacterias coliformes

Las coliformes son una familia de bacterias que se encuentran comúnmente en las plantas, el suelo y los animales, incluyendo a los humanos. La presencia de bacterias coliformes en el suministro de agua es un indicio de que el suministro de agua puede estar contaminado con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición. Generalmente, las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo (GNU, 2009 Wikipedia).

2.1.1.23 Balance hídrico del suelo

El balance hídrico del suelo tiene la finalidad de determinar el volumen total de la recarga que se da en la cuenca. En Guatemala, al igual que en otras investigaciones realizadas en diferentes lugares, demuestra que a mayor intervalo de tiempo de cálculo en el balance hídrico se subestima la carga (Chamorro, 2006).

2.1.1.24 Aspectos del balance hídrico del suelo

2.1.1.24.A Determinación de la evapotranspiración potencial

Para el cálculo de la evapotranspiración pueden utilizarse métodos directos e indirectos. En los métodos indirectos existen varias fórmulas empíricas que permiten obtener la evapotranspiración potencial. Los factores que determinan la evapotranspiración son tan complejos que es muy difícil poder considerarlas todas en una expresión matemática, por lo que algunos autores se basan en la temperatura,

mientras que otros procuran acercarse más a la realidad incluyendo otros factores físicos y biológicos (Chamorro, 2006)

Los métodos se utilizan dependiendo de la información meteorológica disponible para el área de estudio. Dentro de estos métodos se encuentran: Thornthwaite y Hargreaves (Chamorro, 2006)

2.1.1.24.B Determinación de la precipitación efectiva

La determinación de la precipitación efectiva se hace en base a registros de precipitación obtenidos en una estación meteorológica, la cual tiene influencia ya sea en el área total de estudio o en una porción de ella. Con los datos de los registros de la precipitación de la estación, se establece un valor de precipitación media anual, mientras que su área de influencia se determina a través de isoyetas (Chamorro, 2006)

Existen varios factores que intervienen en la determinación de la precipitación efectiva, entre ellos se mencionan principalmente los siguientes: Intensidad de la precipitación, la velocidad de la intensidad de infiltración en el suelo, la cobertura vegetal y la topografía. A partir de estos factores existen diversos métodos para calcular la precipitación efectiva (Chamorro, 2006)

2.1.1.24.C Obtención del valor de precipitación efectiva

Para determinar la precipitación efectiva, se utiliza el método desarrollado por Schosinsky & Losilla (2000). El método se basa en la utilización de una ecuación resultante de correlación estadística en análisis de bandas de pluviógrafo. Considera la velocidad de infiltración del suelo como el factor principal que condiciona la cantidad de precipitación pluvial que puede infiltrarse. Esta depende básicamente de las características físicas del suelo como son la textura, estructura, compactación y contenido de humedad, las que se consideran independientes de la localidad en la que se encuentre dicho suelo (Chamorro, 2006)

El método considera tres aspectos: 1) Relación entre la infiltración de agua en el suelo y la intensidad de lluvia (K_{fc}) (fracción que infiltra por acción de textura del suelo, 2) Factor de pendiente del terreno (K_p) (fracción que infiltra por efecto de pendiente) y 3)

Factor de cobertura vegetal (K_v) (fracción que infiltra por efecto de la cobertura vegetal).

La suma de cada uno de los factores indica el valor de coeficiente de infiltración para el respectivo suelo e indica la capacidad del mismo a permitir la infiltración dentro de él. Adicionalmente se considera la cantidad de agua de lluvia que retiene la vegetación a través de sus hojas y que se evapora sin llegar al suelo y por consiguiente no se infiltra (Chamorro, 2006).

- Ecuación de precipitación efectiva

La ecuación de precipitación efectiva, según Schosinky & Losilla (2000) es la siguiente:

$$P_{ef} = (1 - K_i) \times C_i \times P$$

Donde:

P_{ef} = Precipitación efectiva (precipitación que infiltra (mm))

K_i = Valor de retención vegetal (hojas). Para bosque, la retención es de 0.20, para cultivos en general 0.12 y para techos de casas, caminos y áreas construidas de de 0.1 a 0.05

C_i = Coeficiente de infiltración ($K_{fc} + K_p + K_v$)

P = Precipitación mensual (mm)

2.1.1.24.D Determinación de la infiltración básica

El método más recomendable en cada una de las pruebas es el de Porchet, el cual es descrito en Custodio & Llamas (2001) por considerarse de buen grado de precisión por su versatilidad en el campo como se menciono anteriormente.

- Relación entre infiltración de agua en suelos y la intensidad de lluvia (K_{fc})

La ecuación que relaciona la capacidad de infiltración de agua en el suelo (infiltración básica f_c) con la intensidad de lluvia generada por Schosinsky & Losilla (2000) es el siguiente:

$$K_{fc} = 0.267 \times \ln(f_c) - 0.000154 \times (f_c) - 0.723$$

Donde:

K_{fc} = Factor de infiltración de agua en el suelo e intensidad de lluvia

\ln = Logaritmo natural

f_c = Valor de infiltración básica (mm/día) (Chamorro,2006).

- Factor que se infiltra por medio de la pendiente (K_p)

Los valores de este factor propuestos por Schosinsky & Losilla (2000) se presentan en el cuadro 2.

Cuadro 4. Valores de coeficientes (K_p) según valores de pendientes.

CATEGORIA	RANGO DE PENDIENTE	COEFICIENTE (K_p)
Muy plana	0.02 – 0.06 %	0.3
Plana	0.3 – 0.4 %	0.2
Algo plana	1 – 2 %	0.15
Promedio	2 – 7 %	0.1
Fuerte	Mayor de 7%	0.06

Fuente: INAB, (2003)

- Factor de cobertura vegetal del terreno (K_v)

Este factor, dependiendo de la cobertura vegetal del terreno, los valores que se asignan se presentan en el Cuadro 3

Cuadro 5. Valores de coeficientes (Kv) según tipo de cobertura vegetal.

TIPO DE COBERTURA VEGETAL	COEFICIENTE (Kv)
Zacate (menor 50%)	0.09
Terrenos cultivados	0.1
Con pastizales	0.18
Bosques	0.2
Zacate (mayor 75%)	0.21

Fuente: INAB, (2003)

2.1.1.24.E Cálculo de balance hídrico de suelos

Los cálculos de recarga se realizan en una hoja de cálculo de Excel, en la cual se introducen las variables de características físicas del suelo (capacidad de infiltración, densidad aparente), grados de humedad (capacidad de campo y punto de marchites permanente) y clima (precipitación y evapotranspiración). Con esta información el programa calcula la recarga potencial de la unidad en lámina de agua y también las necesidades de riego en lámina. Los cálculos se efectúan con un intervalo mensual (Chamorro, 2006).

2.4 Marco Referencial

2.4.1 Generalidades biofísicas de la microcuenca

La microcuenca Teculután tiene un área de 228.27 km², y se ubica en el departamento de Zacapa, localizado al oriente del país. Esta microcuenca pertenece a la subcuenca del río Motagua y se localiza en el municipio de Teculután.

El municipio de Teculután dista de la cabecera departamental de Zacapa en 28 kilómetros a través de la ruta principal de la Capital de Guatemala a Puerto Barrios, y del municipio a la Ciudad Capital a 121 Km.; está localizado exactamente en el valle formado entre el río Motagua y la Sierra de las Minas (CARE-WWF-IIEDE).

De la Microcuenca dependen once sistemas de agua potable, aunque también se extrae agua para 22 tomas de riego para todo Teculután y municipios vecinos. Su rango altitudinal está entre los 200 a 2,900 msnm, cuenta con una extensión de 20,033.071 ha. Según registros de los últimos años tiene un caudal promedio de 2,454.74 l/s, un caudal específico de 11.01 L/s/km², una cobertura forestal de 10,842 Ha (49 % de la extensión total), posee una totalidad en longitud de ríos de 46,455.715 m. Esta microcuenca es en su zonificación en la parte alta y media zona núcleo y zona de recuperación y en la parte media y baja es zona de amortiguamiento (CARE-WWF-IIED).

La temperatura aproximada se sitúa entre los 16 y 36 grados centígrados a la sombra, según la época del año. En los meses de marzo y abril la temperatura asciende por encima de los 36 grados. La precipitación pluvial anual es 600 a 900 mm.

En la microcuenca Teculután se tienen las siguientes zonas de vida: bosque pluvial montano bajo subtropical (bp-MB), bosque muy húmedo subtropical (frío) (bmh-s(f)), bosque húmedo subtropical (templado) (bh.s(t)), bosque seco tropical (bs.S) y monte espinoso subtropical (me-s)(1) (CARE-WWF-IIED).

2.4.2 Fisiografía

La mayor parte de la cuenca está asentada en la región fisiográfica llamada Tierras Altas Cristalinas. Una pequeña porción al sur en la parte plana de la cuenca está asentada en la llamada depresión del Motagua (CARE-WWF-IIED).

2.4.3 Clima

Las condiciones climáticas están definidas por elementos y factores que interactúan en una forma dinámica dando a la cuenca variedad y riqueza de climas y microclimas. Así el comportamiento del clima es aquel que se da para el resto de la sierra. La temperatura media varía entre 13° C y 32° C. La humedad relativa puede variar entre 80 a 95%. (CARE-WWF-IIED)

De acuerdo con el sistema de zonas de vida representadas en la cuenca se puede inferir que la precipitación pluvial va de 500 mm/año, en el valle del Motagua hasta una cantidad cerca de los 3,000 mm en la parte más elevada de la cuenca (CARE-WWF-IIED).

2.4.4 Flora

El estudio de flora de la cuenca comprende únicamente especies arbustivas cuyo fuste no supera los 10 cm. de diámetro y especies herbáceas (CARE-WWF-IIED).

2.4.5 Zonas de vida

Por Influencia del gradiente de altitud, la topografía del terreno y la vegetación representada en el área que cubre la cuenca, se encuentran comprendidas cinco zonas de vida (Ver mapa de zona de vida), siendo estas:

- Bosque pluvial montano bajo,
- Bosque muy húmedo subtropical frío,
- Bosque húmedo subtropical templado,
- Bosque seco subtropical,
- Monte espinoso subtropical.

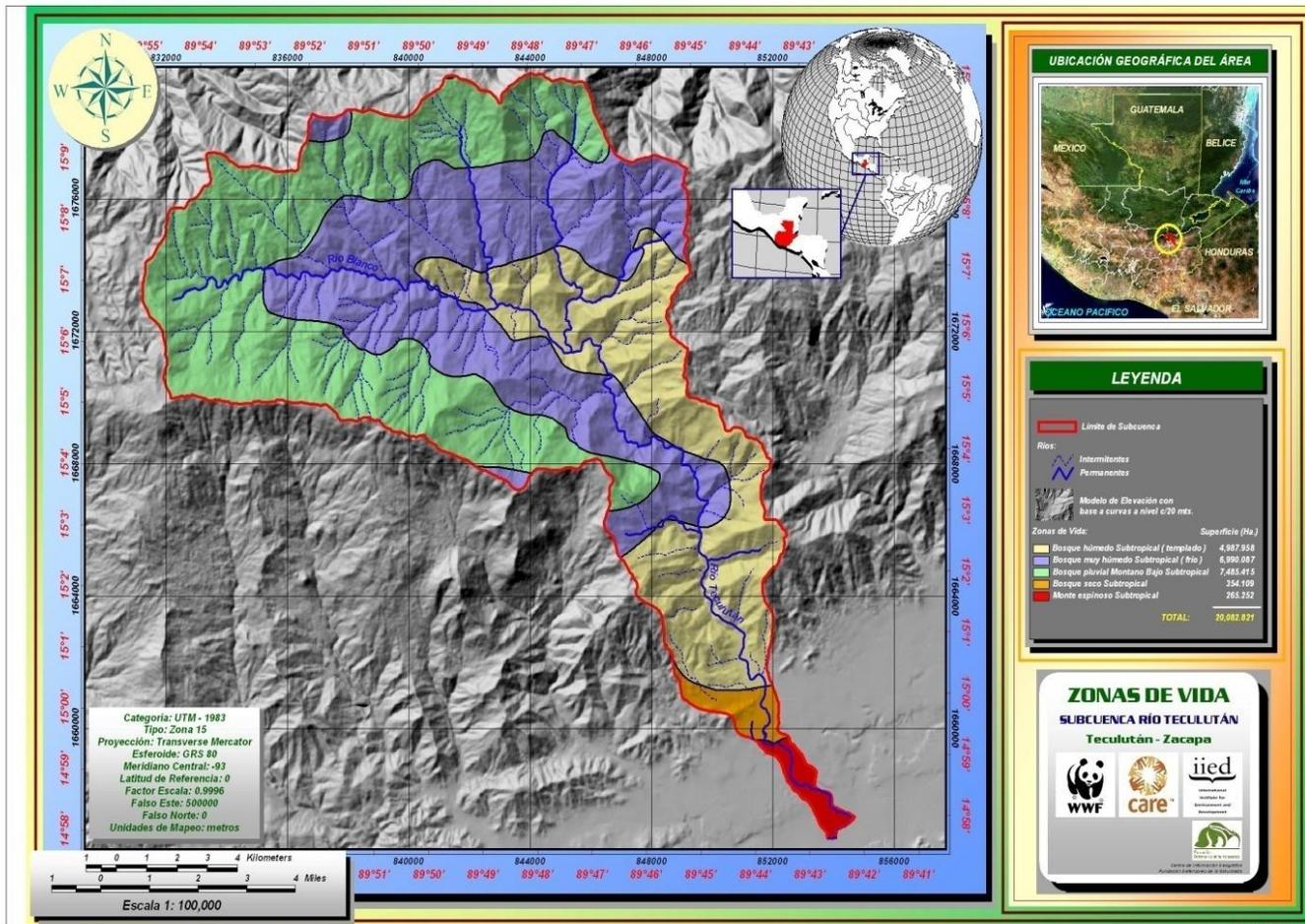


Figura 2. Mapa de zonas de vida de la cuenca del río Teculután.

2.4.6 Ubicación geográfica de la cuenca del río Teculután

En la figura 3, se presenta la ubicación de la cuenca del río Teculután que se encuentra enmarcada dentro de las coordenadas geográficas $89^{\circ} 41' 30''$ y $89^{\circ} 55' 10''$ de longitud oeste y $14^{\circ} 58' 10''$ a $15^{\circ} 11' 05''$ de latitud Norte, en donde se aprecia que la misma está en la región oriental del país, constituyéndose en una subcuenca tributaria del río Motagua, una de las macrocuencas más importantes del país. Sus límites con respecto a otras cuencas son: Al norte, cuenca del río Polochic; al sur, cuenca del río Motagua; al este, cuenca del río Pasabien y al oeste cuencas de los ríos Guijón y La Palmilla. (Ver figura 3).

2.4.7 Geología regional

Según el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (2000), la cuenca del río Teculután se ubica en uno de los segmentos del sistema de fallas del Motagua, la cual conjuntamente con las fallas de Polochic-Chixoy y Jocotán constituyen el contacto entre las placas tectónicas de Norteamérica y Caribe, conocidas en Guatemala como los bloques Maya y Chortí respectivamente. Dichos bloques se mueven relativamente uno con respecto al otro en forma transcurrente en sentido izquierdo es decir en forma siniestral.

El valle del río Motagua es una zona de sutura, en la cual una serie de basaltos oceánicos fue comprimida por unidades continentales metamórficas de alto grado, lo cual ocurrió en el más reciente evento de colisión durante el periodo geológico del Cretácico. Dicha colisión dio como resultado el emplazamiento de cuerpos de rocas ultrabásicas dentro de las rocas que fueron “metamorfosadas”, las rocas ultrabásicas han sufrido posteriormente el proceso de serpentización, más tarde se empezó a generar el movimiento transcurrente siniestral, el cual ha producido el trituramiento de los cuerpos de rocas produciendo la milonitización de los mismos a lo largo de la zona de falla, al mismo tiempo la fusión de parte del material que fue subducido provocó la formación de masas de magma que fueron intrusionadas y que han aflorado en la actualidad en la parte alta de la Sierra de las Minas como resultado del proceso de erosión (CARE-WWF-IIED).

2.4.8 Geomorfología

Según el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (2000), la geomorfología del área está controlada fundamentalmente por la zona de sutura, lo cual provocó la formación y elevación de la Sierra de las Minas así como de la zona de falla transcurrente del Motagua, este evento concluyó a finales del período Cretácico, el cual combinado con la compresión y cizalla produjo el metamorfismo de las rocas preexistentes así como el resquebrajamiento de las rocas en varias direcciones. A partir de ese momento la zona ha sido afectada por la erosión, deslizamientos y derrumbes, dando lugar al desarrollo del patrón de drenaje, el cual se ha desarrollado a lo largo de zonas de debilidad siendo bastante denso debido a la baja permeabilidad del terreno, el intenso fracturamiento, el relieve del área, la cubierta vegetal, el grado de intemperismo del terreno, así como de los eventos sísmicos e hidrometeorológicos que han afectado la zona a lo largo del tiempo,

estos eventos han provocado deslizamientos y derrumbes así como grandes precipitaciones, estas últimas han provocado el desarrollo de escorrentía superficial de tipo turbulento y torrencial, lo que asociado con los otros factores mencionados han provocado una intensa erosión (CARE-WWF-IIED).

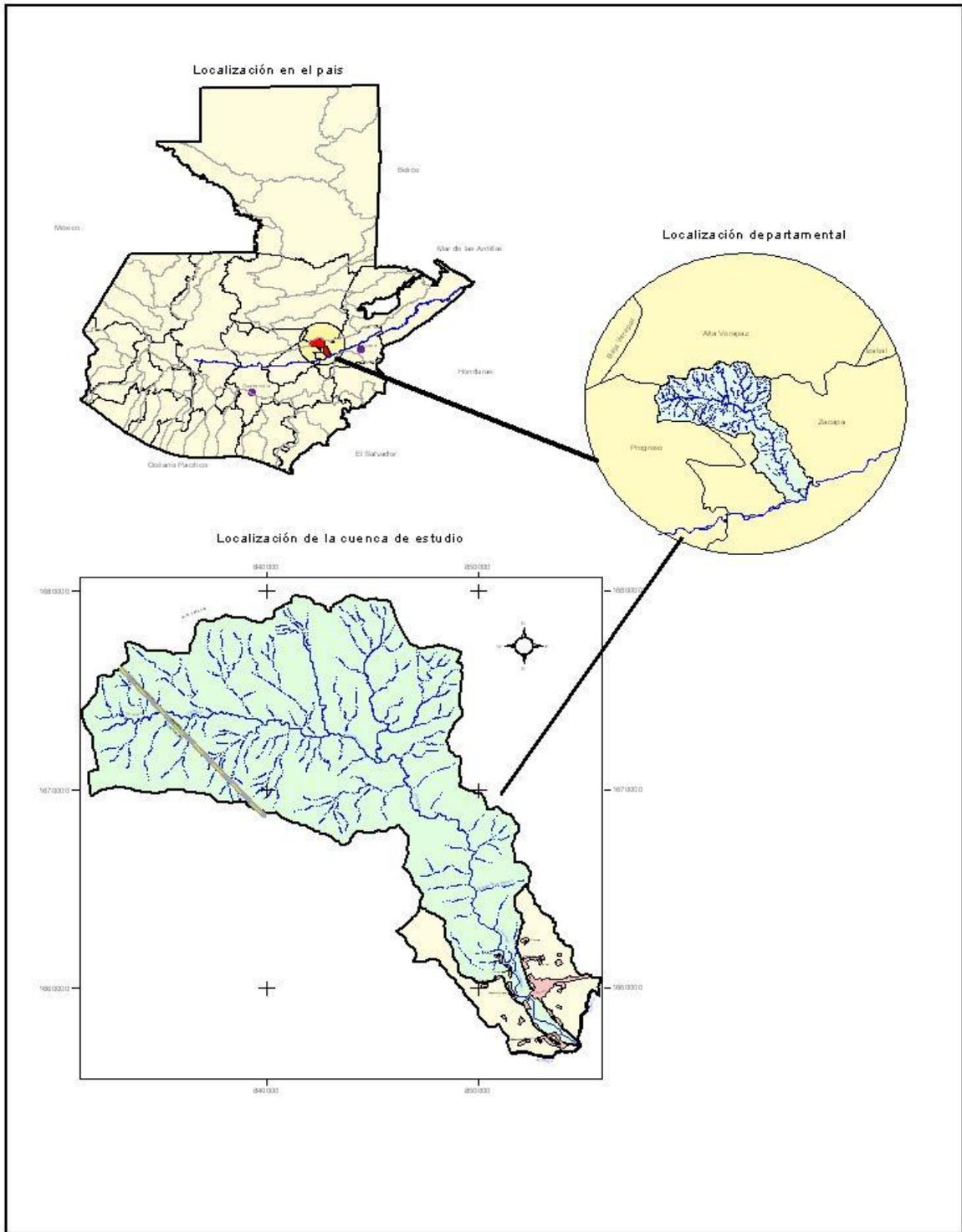


Figura 3. Ubicación de la cuenca hidrográfica del río Teculután, mostrando el área de estudio en el país y a nivel departamental (Escala 1:50,000)

La cuenca del río Teculután se encuentra comprendida entre los departamentos de Zacapa y El Progreso, corresponde al departamento de Zacapa el territorio municipal de Teculután con una superficie de 215.47 Km², y para el departamento El Progreso una extensión de 12.80 Km², la cual corresponde al municipio de San Agustín Acasaguastlán. (Ver figura 3. Mapa de acceso).

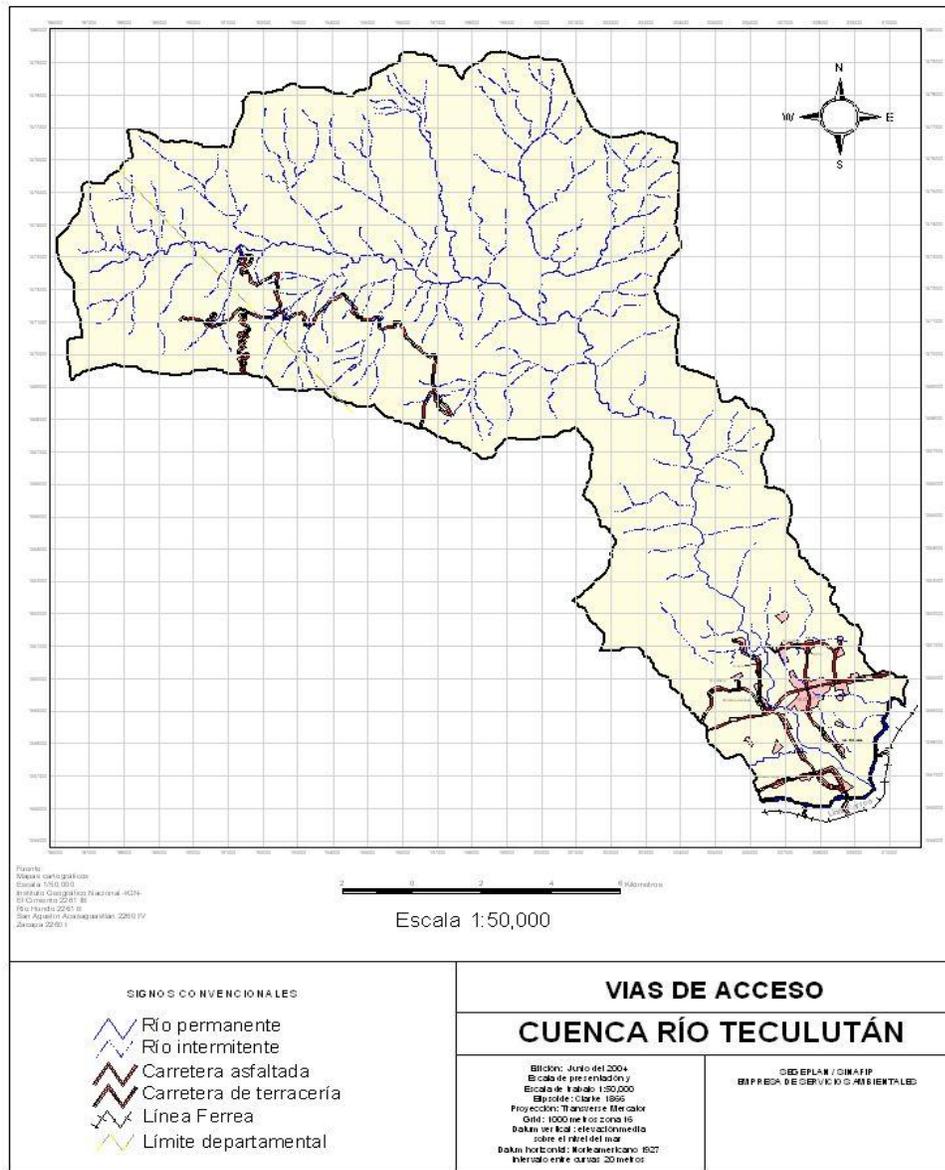


Figura 4. Mapa de vías de acceso, cuenca del río Teculután.

2.5 OBJETIVOS

2.5.1 OBJETIVO GENERAL

- Realizar una caracterización de los Recursos Naturales (Suelo y Agua), de la parte media (Área en usufructo donado a la ADICOMTEC), de la cuenca del Río Teculután, Zacapa con fines del desarrollo de agricultura bajo riego.

2.5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- A. Cuantificar el balance hídrico general de la cuenca del Río Teculután, Zacapa.
- B. Determinar la calidad físico-química del agua con fines de riego de los principales afluentes de la cuenca del Río Teculután, Zacapa.
- C. Analizar la capacidad de uso e intensidad de uso de la tierra del area donada en usufructo a la ADICOMTEC, ubicada en la parte media de la cuenca del río Teculután, Zacapa.
- D. Formular lineamientos de manejo de los recursos suelo y agua de el area donada en usufructo a la ADICOMTEC ubicada en la parte media de la cuenca, con fines de agricultura bajo riego.

2.6 Metodología

2.6.1 Balance hídrico general de la microcuenca del Río Teculután, Zacapa

El balance hídrico se establece para un lugar y un período dados, por comparación entre los aportes y las pérdidas de agua en ese lugar y para ese período. Se tienen también en cuenta la constitución de reservas y las extracciones ulteriores sobre esas reservas. Las aportaciones de agua se efectúan gracias a las precipitaciones. Las pérdidas se deben esencialmente a la combinación de la evaporación y la transpiración de las plantas, lo cual se designa bajo el término evapotranspiración. Las dos magnitudes se evalúan en cantidad de agua por unidad de superficie, pero se traducen generalmente en alturas de agua; la unidad más utilizada es el milímetro. Al ser estas dos magnitudes físicamente homogéneas, se las puede comparar calculando, ya sea su diferencia (precipitaciones menos evaporación), ya sea su relación (precipitaciones sobre evaporación). El balance es evidentemente positivo cuando la diferencia es positiva o cuando la relación es superior a uno. Se elige una u otra expresión en función de comodidades o de obstáculos diversos. El escurrimiento a partir de una unidad de superficie se contará en las pérdidas. La infiltración se considera como una puesta en reserva bajo forma de capas subterráneas o de agua capilar en el suelo (Hypergeo, 2010).

2.6.2 Aspectos del balance hídrico del suelo

2.6.3 Determinación de la evapotranspiración potencial

Para el cálculo de la evapotranspiración potencial, se utilizó el método de Hargreaves debido a la disponibilidad de datos en la cuenca. La evapotranspiración depende de factores muy variables como el contenido de humedad en el suelo y el desarrollo vegetal en la planta los cuales son muy difíciles de medir, Hargreaves es un método práctico y confiable, además de ser un método diseñado para la región Centroamericana y su ecuación es:

$$ETP = 0.0075 * TMF * RSM$$

Donde:

ETP: Evapotranspiración en mm/mes

TMF: Temperatura Media Mensual en grados Fahrenheit

RSM: Radiación Solar Incidente Mensual.

$$RSM = 0.075 * RMM * S^{1/2}$$

Donde:

RMM: Radiación mensual extraterrestre en mm/mes

S: Brillo medio mensual %

$$RMM = RS * \text{No. De días al mes}$$

Donde:

RS: Radiación solar (Cuadro 4)

Cuadro 6. Radiación solar extraterrestre, RMM, expresada en evaporación equivalente a mm/día para los meses del año de acuerdo a Herrera 1995.

	Norte	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
LATITUD	14	12.4	13.6	14.6	15.7	15.9	15.7	15.7	15.7	15.1	14.1	13	12
	16	12	13.3	14.7	15.6	16	15.9	15.9	15.7	15	13.9	12	12

Para el país que se encuentra en Latitud Norte 15, hay que hacer cálculos utilizando Latitud Norte 14 y 16.

$$S = K_s * (100 - HR)^{1/2}$$

Donde:

Ks: Constante igual a 12.5 (para región Centroamericana)

HR: Humedad relativa media en %

Esta ecuación se utiliza cuando se tienen datos de humedad media, al no contarse con este tipo de información, se calcula a partir del siguiente cuadro:

Cuadro 7. Duración máxima media diaria de horas de brillo solar para diferentes meses del año en latitud 15 grados norte de acuerdo a Herrera 1995.

	Norte	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
LATITUD	15	11.3	11.6	12	12.5	12.8	13	12.9	12.6	12.2	11.8	11	11

Para este dato de la tabla se obtiene directo ya que el país está en latitud Norte 15°.

2.6.4 Determinación de la precipitación efectiva:

- Ecuación de precipitación efectiva

La ecuación de precipitación efectiva, según Schosinky & Losilla (2000) es la siguiente:

$$P_{ef} = (1 - K_i) \times C_i \times P$$

Donde:

P_{ef} = Precipitación efectiva (precipitación que infiltra (mm))

K_i = Valor de retención vegetal (hojas). Para bosque, la retención es de 0.20, para cultivos en general 0.12 y para techos de casas, caminos y áreas construidas de de 0.1 a 0.05

C_i = Coeficiente de infiltración ($K_{fc} + K_p + K_v$)

P = Precipitación mensual (mm)

2.6.5 Determinación de la infiltración básica

El método más recomendable en cada una de las pruebas es el de Porchet, el cual es descrito en Custodio & Llamas (2001) por considerarse de buen grado de precisión por su versatilidad en el campo como se menciono anteriormente.

- Relación entre infiltración de agua en suelos y la intensidad de lluvia (Kfc)

La ecuación que relaciona la capacidad de infiltración de agua en el suelo (infiltración básica f_c) con la intensidad de lluvia generada por Schosinsky & Losilla (2000) es el siguiente:

$$K_{fc} = 0.267 \times \ln(f_c) - 0.000154 \times (f_c) - 0.723$$

Donde:

K_{fc} = Factor de infiltración de agua en el suelo e intensidad de lluvia

\ln = Logaritmo natural

F_c = Valor de infiltración básica (mm/día) (3)

- Factor que se infiltra por medio de la pendiente (K_p)

Los valores de este factor propuestos por Schosinsky & Losilla (2000) se presentan en el cuadro 6.

Cuadro 8. Valores de coeficientes (K_p) según valores de pendientes.

CATEGORIA	RANGO DE PENDIENTE	COEFICIENTE (K_p)
Muy plana	0.02 – 0.06 %	0.3
Plana	0.3 – 0.4 %	0.2
Algo plana	1 – 2 %	0.15
Promedio	2 – 7 %	0.1
Fuerte	Mayor de 7%	0.06

Fuente: (INAB, 2003)

- Factor de cobertura vegetal del terreno (K_v)

Este factor, dependiendo de la cobertura vegetal del terreno, los valores que se asignan se presentan en el Cuadro 7

Cuadro 9. Valores de coeficientes (Kv) según tipo de cobertura vegetal.

TIPO DE COBERTURA VEGETAL	COEFICIENTE (Kv)
Zacate (menor 50%)	0.09
Terrenos cultivados	0.1
Con pastizales	0.18
Bosques	0.2
Zacate (mayor 75%)	0.21

Fuente:(INAB, 2003)

2.6.6 Balance hídrico de la cuenca del Río Teculután

Consistió básicamente en la realización del análisis de la información recopilada en la fase de gabinete inicial y generado en la fase de campo. Para el cálculo del balance hídrico se utilizó la precipitación pluvial, evapotranspiración, caudales de los ríos.

Utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Entradas} - \text{Salidas} = \pm \text{Cambio en el almacenamiento}$$

En donde las entradas de la cuenca del Río Teculután consisten en la precipitación pluvial, y las salidas están determinadas por el flujo de los ríos en los puntos de aforo y por la evapotranspiración.

El dato de balance hídrico, se obtuvo a partir de la siguiente ecuación:

$$P_p = ETR + Esc + Ret + Rec$$

Donde:

Pp: Precipitación pluvial (mm).

ETR: Evapotranspiración real (mm).

Esc: Escorrentía superficial (mm).

Ret: Retención Vegetal (mm).

Rech: Recarga hídrica (mm).

En donde hay que calcular la escorrentía superficial utilizando la ecuación:

$$\text{Escorrentía} = \text{Precipitación} - \text{Retención} - \text{Precipitación efectiva.}$$

Los cálculos de recarga se realizaron en Excel, en la cual se introdujeron las variables de características físicas del suelo (capacidad de infiltración, densidad aparente), grados de humedad (capacidad de campo y punto de marchites permanente), y clima (precipitación y evapotranspiración). Estos resultados se obtuvieron en el Laboratorio de Suelo-Agua-Planta de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Con esta información se calculó la recarga potencial de la unidad en lámina de agua.

2.6.7 Recopilación de información climática

Se recopiló y organizó la información climática, de precipitación, temperatura máxima y mínima de la estación meteorológica del INDE ubicada en el caserío San Lorenzo, a mediados de la subcuenca Río Hondo (1780 msnm), como también la información climática de la estación meteorológica del INSIVUMEH del Río Parabién, la cual se encuentra en la parte baja de la misma (260 msnm).

Cuadro 10. Ubicación de las estaciones climáticas del área de estudio.

Estación	Cuenca	Departamento	Municipio	Elev	Lat	Long
Pasabién	Motagua	Zacapa	Río Hondo	260	150214	894057
San Lorenzo	Motagua	Zacapa	Río Hondo	1720	150508	893947

2.6.8 Determinación de la calidad físico-química del agua con fines de riego de los principales afluentes de la cuenca del Río Teculután, Zacapa.

2.6.9 Características físico-químicas

2.6.9.1 Ubicación de puntos de aforo

Se ubicaron puntos de aforo determinando la ubicación con la ayuda de la hoja cartográfica de la cuenca del río Teculután (El cimientó 2261 III, Río Hondo 2261 II, San Agustín Acasagustlan 2260 IV, Zacapa 2260 II) y el reconocimiento del área.

2.6.9.2 Ubicación de muestreo de calidad de agua

Los puntos de muestreo para el análisis de calidad de agua corresponden a los efluentes con posibles características para agua de riego en la parte alta de la cuenca, cercanos al área en usufructo, los cuales fueron georeferenciados para posteriormente poder ser muestreados.

2.6.9.3 Realización de aforos

Los caudales ubicados en la parte alta se calcularon de acuerdo al método de aforo Volumétrico debido a la accesibilidad al lugar y características de las fuentes de agua.

2.6.9.4 Calidad de agua

Los análisis físico-químicos se realizaron en laboratorio, para lo cual, se tomaron muestras de agua en envases plásticos de 500 cc debidamente identificados con el nombre del punto de muestreo. Las muestras de agua fueron tomadas de los principales efluentes del río Teculután, así como de nacimientos dentro de la cuenca, cercanos al área en usufructo agrícola, con fines de abastecer de agua de riego al dicho usufructo.

2.6.10 Análisis del uso, capacidad de uso e intensidad de uso de la tierra del área donada en usufructo a la Asociación de Desarrollo Integral Agropecuario de las Comunidades de Teculután

Utilizando la metodología de clasificación por capacidad de uso de la tierra del INAB y USDA para riego, se realizó el análisis del uso, capacidad de uso e intensidad de uso de la tierra, principalmente del área (35 hectáreas) cedida en usufructo a la ADICOMTEC por la municipalidad de Teculután, dicha área ubicada en la parte media de la cuenca, para lo cual se realizarán los mapas en un SIG (Arc Map versión 9.2).

2.6.10.1 Muestreo de suelos

Se realizaron tres muestreos de suelo, tomando en cuenta el suborden de suelo, esto con la finalidad de obtener las constantes de humedad (capacidad de campo y punto de marchites permanente), densidad aparente para finalmente obtener la velocidad de infiltración por suborden de suelo dentro de la microcuenca del río Teculután. Estos resultados se obtuvieron en el laboratorio de Suelo-Planta-Agua de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos.

2.6.11 Formulación de lineamientos de manejo de los recursos suelo y agua de el área donada en usufructo a la Asociación de Desarrollo Integral Agropecuario de las Comunidades de Teculután

Luego de haber realizado el balance hídrico, determinado las características físico-químicas y microbiológica del agua, y el análisis del uso, capacidad de uso e intensidad de uso de la tierra, se realizó la formulación de lineamientos de manejo de los recursos suelo y agua, en base a lo investigado y criterios técnicos, para poder tener un mejor aprovechamiento y conservación de los recursos naturales con fines de diversificación agrícola por parte de los socios de la ADICOMTEC

2.7 Resultados

2.7.1 Determinación de la recarga hídrica al acuífero de la microcuenca del río Teculután

El cálculo de la recarga hídrica al acuífero de la cuenca del río Teculután, es de suma importancia debido a que nos permite tener un dato cuantitativo del agua de lluvia que está recargando al acuífero, y da un valor máximo de extracción de agua a través de fuentes artificiales tales como pozos perforados manual o mecánicamente.

Para el cálculo de la recarga hídrica es importante tomar en consideración aspectos que se describen y discuten a continuación.

8.1.1 Datos Climáticos

Para el cálculo de recarga hídrica se necesitan datos de precipitación pluvial y evapotranspiración potencial (ETP). La información fue tomada y generada a partir de datos obtenidos en las estaciones aledañas a la microcuenca del río Teculután, el resumen de esta información se presenta en los cuadros 9 y 10. En la Figura 5 se observa el mapa de isoyetas de la cuenca del río Teculután.

Cuadro 11. Distribución mensual de la precipitación pluvial (mm) según el mapa de isoyetas de la cuenca del río Teculután (2,008).

Mes	Precip. Promedio Mensual	Fracción decimal	Isoyeta 2000	Isoyeta 1800	Isoyeta 1600	Isoyeta 1200	Isoyeta 800
			Precip (mm)	Precip (mm)	Precip (mm)	Precip (mm)	Precip (mm)
Octubre	162	0.097	194	175	155	116	78
Noviembre	56	0.034	67	60	54	40	27
Diciembre	29	0.017	35	31	28	21	14
Enero	17	0.01	20	18	16	12	8
Febrero	16	0.01	19	17	15	11	8
Marzo	16	0.01	19	17	15	11	8
Abril	50	0.03	60	54	48	36	24
Mayo	182	0.109	218	196	174	131	87
Junio	350	0.21	419	377	335	251	168
Julio	207	0.124	248	223	198	149	99
Agosto	251	0.15	301	271	240	180	120
Septiembre	334	0.2	400	360	320	240	160
TOTAL	1670	1	2000	1800	1600	1200	800

Fuente: Registros meteorológicos de las estaciones aledañas a la Cuenca del río Teculután.

Cuadro 12. Distribución mensual de la evapotranspiración potencial -ETP- (mm) considerando la elevación media del área correspondiente a cada isoyeta del mapa de isoyetas de la cuenca del río Teculután (2,008).

Mes	ETP Promedio Mensual (mm)	Fracción decimal	Isoyeta: 2000	Isoyeta: 1800	Isoyeta: 1600	Isoyeta: 1200	Isoyeta: 800
			Elevac prom: 2300	Elevac prom: 1850	Elevac prom: 1350	Elevac prom: 825	Elevac prom: 350
			ETP (mm)	ETP (mm)	ETP (mm)	ETP (mm)	ETP (mm)
Octubre	92	0.074	69	85	103	121	138
Noviembre	99	0.079	75	92	111	131	149
Diciembre	110	0.088	83	102	123	145	165
Enero	117	0.094	88	108	131	154	176
Febrero	111	0.089	84	103	124	146	167
Marzo	129	0.103	97	119	144	170	194
Abril	120	0.096	90	111	134	158	180
Mayo	133	0.106	100	123	149	175	200
Junio	88	0.07	66	81	98	116	132
Julio	89	0.071	67	82	99	117	134
Agosto	83	0.066	62	77	93	110	125
Septiembre	78	0.062	59	72	87	103	117
TOTAL	1249	1	940	1156	1396	1648	1876

Fuente: Registros meteorológicos de las estaciones aledañas a la Cuenca del río Teculután.



Figura 5. Mapa de isoyetas de la microcuenca del río Teculután

Al valor de precipitación, se debe restar el valor de agua retenida en la cubierta vegetal y que es evaporada directamente de la superficie foliar. También debe restarse el agua que no infiltra, es decir la porción de agua de lluvia que escurrirá superficialmente. El valor resultante se denomina precipitación que infiltra o precipitación efectiva.

El valor de ETP es un valor máximo que se registrará cuando las condiciones de humedad del suelo sean óptimas, es decir tendrá un contenido de humedad equivalente al de capacidad de campo. Como no siempre el suelo va a estar en un contenido de humedad igual al de capacidad de campo, el valor real de la evapotranspiración disminuirá. Estos

valores inferiores o iguales a la ETP, se llaman evapotranspiración real (ETR). El valor de la ETR se restará del de la precipitación efectiva, para obtener la cantidad de agua almacenada en el suelo y/o agua que recarga al acuífero.

2.7.2 Relación entre la hidrogeología y el uso de la tierra

El mapa de uso de la tierra (presentado en este mismo documento), fue simplificado en cuanto a los diferentes usos, agrupando aquellos que fueran similares, tales como bosque, pastos, cultivos agrícolas, bancos de arena y centros poblados. Este mapa simplificado de uso de la tierra (Figura 6) sirvió para determinar el valor de retención vegetal de agua de lluvia, es decir, la precipitación que queda sobre la superficie foliar y que se evapora posteriormente. Esta retención varía según la vegetación, siendo mayor en bosque que en cultivos anuales u hortícolas. Los valores de retención según la cobertura vegetal, se muestran en el cuadro 11.

Según el tipo de cobertura vegetal presente, se puede determinar la profundidad radicular y por lo tanto la profundidad del estrato de suelo en el cual la vegetación predominante extrae agua. Estos valores se presentan en el cuadro 11.

Cuadro 13. Valores de retención vegetal de la lluvia y de profundidad de raíces en el suelo para diferentes usos de la tierra en la cuenca del río Teculután (2,009).

Uso de la Tierra	Valor de Retención Vegetal (Decimal)	Profundidad Radicular (m)
Cultivos agrícolas	0.06	0.5
Bosque	0.12	2
Pasto	0.08	0.6
Centros poblados	0.08*	---
Bancos de arena	0.00**	---

Fuente: Schosinsky (1,999).

* En el uso de la tierra de centros poblados, se considera 50 % del área como pasto (jardines) y 50 % como superficie impermeable.

** En bancos de arena no existe vegetación, por lo que no hay retención vegetal.

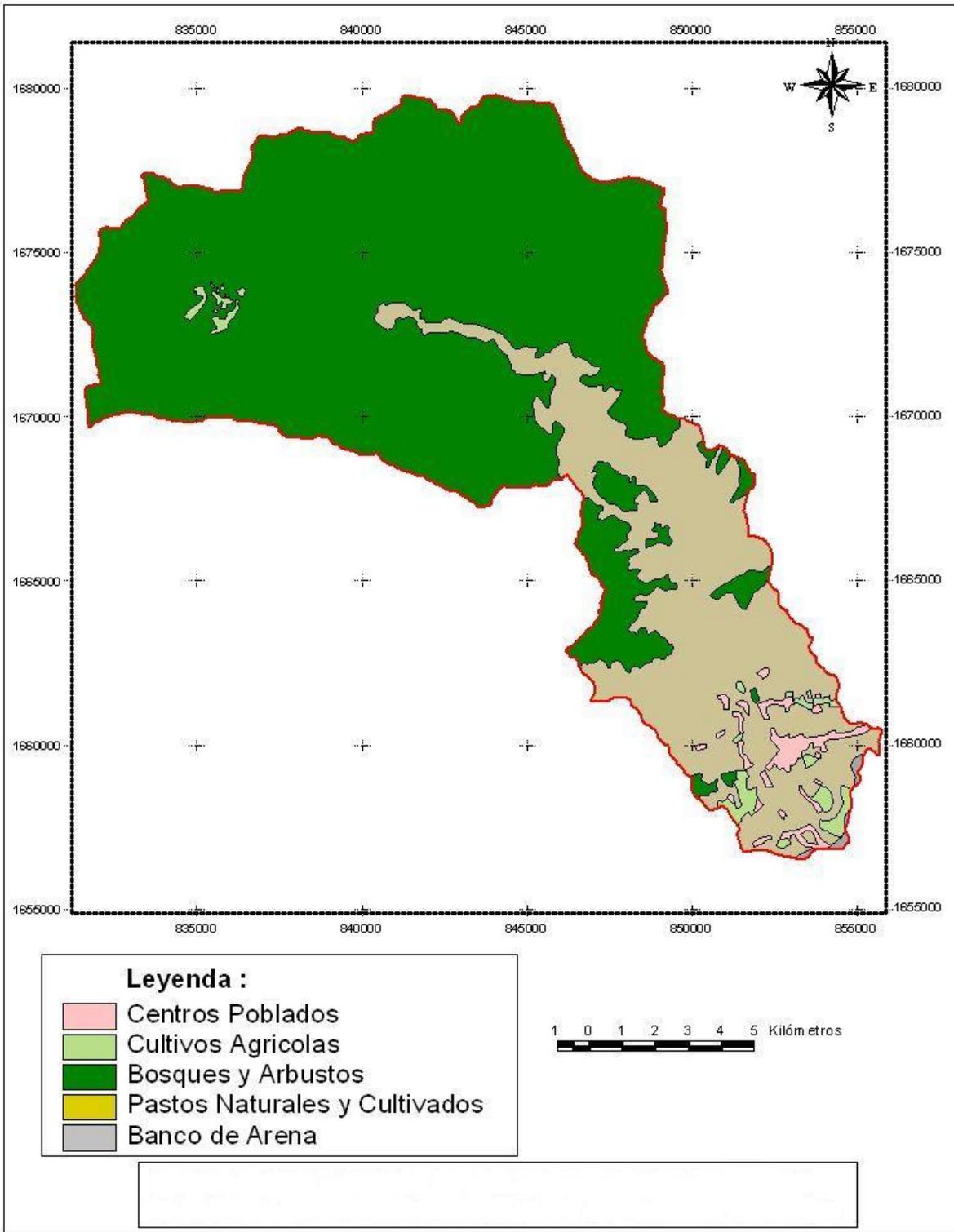


Figura 6. Mapa simplificado de uso de la tierra para cálculo de recarga hídrica.

2.7.3 Características de suelo

Las características de suelo que interesan para el cálculo de recarga hídrica al acuífero, son las constantes de humedad, densidad aparente y velocidad de infiltración de agua en el suelo. Estos valores indican la cantidad de agua que puede ser almacenada en el suelo y que se encuentra disponible para la vegetación.

Para determinar estos parámetros, se utilizó un mapa de suelos, en el cual están agrupados los suelos que tienen características similares; por lo que los valores de constantes de humedad y densidad aparente obtenidos se pueden considerar representativos para dichas unidades.

Para el presente estudio, se utilizó como base el mapa de Clasificación Taxonómica a nivel de suborden de suelos, generado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación –MAGA- a escala 1:250,000.

Los valores de constantes de humedad (capacidad de campo -cc- y punto de marchitez permanente -pmp-), y densidad aparente, obtenidos de muestras recolectadas en cada una de las unidades de clasificación taxonómica presentes en la cuenca del río Teculután, se muestran en el cuadro 12; además se presenta la velocidad de infiltración de agua en el suelo, utilizando el método de Porchet.

Cuadro 14. Valores de constantes de humedad; densidad aparente y velocidad de infiltración de agua en el suelo, según clasificación taxonómica a nivel de suborden de suelos de la cuenca del río Teculután (2,009).

Suborden de Suelos*	Capacidad de Campo** (%)	Punto de Marchitez Permanente** (%)	Densidad Aparente** (g/cm³)	Velocidad de Infiltración (cm/hora)
Ps (ustepts, inceptisol) – Ls (ustalfs, alfisol)	23.6	13.1	1.004	19.8
Eo (orthents, entisol)	23.41	15.17	1.1553	21.5
Ep (Psamments, Entisol) – Ef (Fluvents, Entisol) – Ps (Ustepsts, Entisol) – Eo (Orthents, Entisol)	23.573	12.68	1.0085	28.5

Fuente: Elaborado con base en el trabajo de campo

* Divisiones obtenidas del Mapa de clasificación taxonómica de suelos a nivel de suborden de la República de Guatemala. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.

** Valores obtenidos en el laboratorio de suelo y agua de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala

2.7.4 Cálculo de recarga hídrica

El cálculo de recarga hídrica se hace para cada una de las subunidades resultantes de la sobreposición de los mapas de Isoyetas, simplificado de uso de la tierra y clasificación taxonómica a nivel de suborden de suelos.

Para el cálculo de la porción de lluvia que no infiltra y escurre directamente, Schosinsky (1.999) obtuvo una ecuación que relaciona la capacidad de infiltración de agua en el suelo (infiltración básica) con la intensidad de lluvia, que es la siguiente:

$$K_{fc} = 0.267 \ln (f_c) - 0.000154 (f_c) - 0.723$$

Donde:

K_{fc}: Factor de infiltración de agua en el suelo e intensidad de lluvia.

Ln: Logaritmo neperiano (natural).

f_c: Valor de infiltración básica (mm/hora).

Con los valores de infiltración básica obtenidos en las pruebas de infiltración, se utilizó la fórmula de Schosinsky obteniéndose con ello los valores de K_{fc}, que se presentan en el cuadro 13.

Cuadro 15. Valores de Kfc obtenidos por el método Schosinsky para los valores de infiltración básica (fc) de cada suborden de suelos del mapa de clasificación taxonómica de la cuenca del río Teculután (2,009).

Suborden de Suelos *	Velocidad de Infiltración ** (mm/hora)	Kfc
Ps (Ustepts, Inceptisol) – Ls (Ustalfs, Alfisol)	198	0.58
Eo (Orthents, Entisol)	215	0.59
Ep (Psamments, Entisol) – Ef (Fluvents, Entisol) – Ps (Ustepsts, Entisol) – Eo (Orthents, Entisol)	285	0.63

Fuente: Elaboración propia en base a trabajo de campo.

* Divisiones obtenidas del Mapa de clasificación taxonómica a nivel de suborden de suelos de la República de Guatemala. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.

** Velocidad de infiltración obtenida a través de prueba de infiltración por el método de Porchet.

El cálculo de recarga hídrica al acuífero se hace para cada subunidad resultante de la sobreposición de los mapas de isoyetas, clasificación taxonómica y uso de la tierra. En la presente investigación, se analizó un total de 17 subunidades. En cada subunidad, se realizó un análisis de balance hídrico. (Ver Anexo)

La unidad de uso de la tierra de bancos de arena, no se consideró en el cálculo de recarga hídrica, ya que está ubicado a un lado del río Motagua, y se considera como área de descarga del acuífero.

El cálculo de recarga hídrica al acuífero es una parte del balance hídrico general de la cuenca, por lo que en el cuadro 14. se presenta el balance hídrico para la cuenca del río Teculután, todos los valores son obtenidos de los 17 análisis de recarga hídrica que se presentan en los Anexos.

Cuadro 16. Balance hídrico de la cuenca del río Teculután (2,009).

ENTRADAS			SALIDAS		
Factor	m ³ /año	Porcentaje	Factor	m ³ /año	Porcentaje
Prec Pluvial	380,764,714	100	ETR	152,803,837	40.13
-	-	-	Esc. Superf	141,478,194	37.16
-	-	-	Recarga Hídrica	44,418,394	11.66
-	-	-	Retención Vegetal	42,064,249.60	11.05
SUMATORIA	380,764,714	-	SUMATORIA	380,764,675	100

Fuente: Elaboración propia en base a datos de campo.

Al sumar la Escorrentía Superficial y Recarga Hídrica y transformar los datos, se obtiene un caudal de 5.89 m³/s, valor de agua que puede captarse a través del río Teculután o del acuífero a través de pozos. Estos valores son considerados sin que existan aportes de agua de la cuenca hacia cuencas vecinas o bien aporte de las cuencas vecinas hacia la cuenca del río Teculután.

El valor de recarga hídrica al acuífero, como se observa en el cuadro 13, es de 11.66 % del total de precipitación pluvial que cae en la cuenca del río Teculután. Al transformar los valores de recarga hídrica, se determina que esta es de 1.41 m³/s. Toda la recarga hídrica no se puede extraer de un acuífero, concluyéndose que el 50 % de la recarga hídrica se puede extraer sin mayores problemas, por lo que se determina que la cantidad disponible de agua subterránea para extracción a través de pozos, sin que provoque la extinción del recurso hídrico subterráneo en la cuenca del río Teculután es de aproximadamente 700 L/s.



Figura 7. Recurso hídrico, cuenca del río Teculután

Cuadro 17. Resumen de resultados al realizar 17 balances hídricos (cálculos de recarga) a cada una de las subunidades resultantes del cruce de mapas de isoyetas, uso de la tierra y clasificación taxonómica, cuenca del río Teculután (2,009).

Isoyeta (mm)	Codigo de Clasificación Taxonómica	Uso de la Tierra	Area Total (km ²)	Precipitación Pluvial (m ³)	Precipitación Efectiva (m ³)	Escorrentía Superficial (m ³)	Retención Vegetal (m ³)	Evapotranspiración Real (m ³)
2000	Ps - Ls	Bosque	45.5124661	91024932.2	46459125.4	33642814.9	10922991.9	30990423.6
2000	Eo	Bosque	11.3781165	22756233.1	11815036.2	8210448.89	2730747.97	7673008.83
1800	Ps - Ls	Bosque	62.2283835	112011090	57170460.5	41399299	13441330.8	47288659.5
1800	Ps - Ls	Pastos	14.9901764	26982317.5	14397764.6	10425967.5	2158585.4	9191142.84
1800	Ps - Ls	Cult. Agrícolas	0.29623488	533222.792	290713.066	210516.358	31993.3675	175353.943
1800	Eo	Bosque	21.2301667	38214300.1	19840864.6	13787719.5	4585716.01	15954693.4
1600	Ps - Ls	Bosque	14.9697421	23951587.4	12224890.2	8852506.7	2874190.49	12145494.6
1600	Ps - Ls	Pastos	11.6431328	18629012.4	9940441.02	7198250.4	1490320.99	7524106.51
1600	Eo	Bosque	0.66532187	1064514.99	552696.185	384077.01	127741.799	538323.686
1600	Eo	Pastos	5.98789685	9580634.95	5200368.65	3613815.5	766450.796	3749259.44
1200	Eo	Bosque	3.78740739	4544888.87	2359706.3	1639795.9	545386.664	2359671.22
1200	Eo	Pastos	8.83728391	10604740.7	5756253.25	4000108.19	848379.255	4772213.64
800	Eo	Pastos	6.71346775	5370774.2	2915256.24	2025856.03	429661.936	2543387.73
800	Asociaciones	Bosque	0.57885667	463085.338	256734.511	150780.586	55570.2405	256730.44
800	Asociaciones	Pastos	12.6066598	10085327.9	5845456.03	3433045.61	806826.23	5749236.26
800	Asociaciones	Cult Agrícolas	3.15210738	2521685.9	1493342.39	877042.357	151301.154	1200283.66
800	Asociaciones	Centros Pob	3.03295675	2426365.4	703160.693	1626150.09	97054.6161	691847.39
0		Banco de arena	0.76982261		0	0	0	
TOTALES			227.610377	380764714	197222270	141478194	42064249.6	152803837

6.5 Determinación de la calidad del recurso hídrico

6.5.1 Áreas de muestreo

Por la importancia que tienen las fuentes de agua para consumo humano y su utilización con fines de riego, se recolectó muestras en los nacimientos de agua que surten del vital líquido a la población de las comunidades del municipio de Teculután, nacimientos de la parte alta de la cuenca cercanos a el área otorgada en usufructo a la ADICOMTEC.

2.7.5 Resultados análisis de laboratorio muestras de agua

Cuadro 18. Análisis físico de laboratorio, muestras de agua de la cuenca del río Teculután (2,009).

Lugar	Apariencia			Color			Turbiedad		
	Res	LMA	LMP	Res	LMA	LMP	Res	LMA	LMP
Presa Las Minas	Limpia	--	--	6	5	35	3	5	15
Nacimiento Piedra del Zapato	Limpia	--	--	N.D.	5	35	3	5	15

Fuente: Juan Carlos Rosito (2009).

Referencia: Res = Resultado. LMA = Límite máximo aceptable. LMP = Límite máximo permitido. N.D. = No detectable.

Los resultados de análisis físico de laboratorio indican que el agua proveniente de todas las fuentes es físicamente de buena calidad, teniendo la muestra procedente de la Presa de Las Minas un indicador de coloración elevado, pero dentro del rango máximo permitido. La muestra recopilada del Nacimiento Piedra del Zapato presenta una buena calidad de acuerdo al resultado de laboratorio. Se puede concluir que la calidad física de las muestras de agua analizadas, es satisfactorio.

6.5.3 Análisis químico de laboratorio

Cuadro 19. Resultados de análisis químico de laboratorio, realizado a las muestras recolectadas dentro de la cuenca del río Teculután (2,009).

Parámetro	Unidad	LMA	LMP	Punto 1	Punto 2
pH	Unidades de pH	7 -7.5	6.5 -8.5	7.82	7.25
Conductividad Eléctrica	μmχ/σνεμεισ	--	<1500	100	417
Salinidad	0/00	--	--	N.D.	N.D.
Hierro Total	mg/L	0.1	1	0.129	0.097
Manganeso	mg/L	0.05	0.5	0.04	0.04
Ortofosfatos	mg/L	--	--	0.01	0.02
Calcio	mg/L	75	150	12.3	62.47
Magnesio	mg/L	50	100	6.22	37.2
Sodio	mg/L			3.8	5.39
Potasio	mg/L			0.63	0.94
Nitritos	mg/L	--	--	0.015	0.014
Nitratos	mg/L	--	10	5.6	4.3
Sulfatos	mg/L	100	250	65	59
Cloruros	mg/L	100	250	6.08	7.09
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	100	500	37.79	214.9
Alcalinidad a pH 8.3	mg CaCO ₃ /L	--	--	6.96	16.25
Alcalinidad a pH 4	mg CaCO ₃ /L	--	--	64.98	253
Sólidos disueltos totales	mg/L	500	1000	40	170

Fuente: Juan Carlos Rosito (2009).

Referencia: LMA = Límite máximo aceptable. LMP = Límite máximo permitido.
Mg/L = miligramos por litro. mg CaCO₃/L = miligramos por litro de carbonato de calcio.

1 = Presa Las Minas. 2 = Nacimiento Piedra del Zapato.

La interpretación de los análisis químicos de laboratorio es la siguiente: Los valores de Hierro total y Manganeseo: Los niveles están entre el límite máximo aceptado y el máximo permitido. Se observa que conforme se acerca el agua subterránea al río Motagua, aumenta sus niveles de hierro y manganeso. Estos niveles pueden deberse a que existe un ambiente reducido en el agua subterránea, debido a la presencia de materia orgánica en abundancia (la broza del bosque o acumulación de estiércol y residuos de cosecha). Realmente los límites máximos permitidos para los niveles de hierro total y manganeso no son tóxicos a la salud humana o animal, se han definido más bien en base al sabor que le impregnan estos compuestos al agua (sabor óxido). La presencia de hierro y manganeso, si provocan daños en tuberías de conducción de agua al provocar incrustaciones y bloquear el paso del agua, además de favorecer la aparición de sarros color pardo-negrucos en losa sanitaria y/o enseres de cocina.

Valores de Calcio y Magnesio: Están cerca del límite máximo aceptable, especialmente la muestra recolectada en la parte media y baja (nacimiento Piedra del Zapato). Estos valores se explican porque el tipo de roca presente en dicha área es mármol. Este tipo de roca, se disuelve en el agua agregándole a estos valores altos de carbonatos de calcio y algunas veces magnesio. Los valores reportados por el laboratorio no provocan daños a la salud humana o animal, pero si pueden aumentar peligrosamente la cantidad de sales al suelo cuando se utiliza esta agua para riego.

Valores de Sodio y Potasio: Aumentan conforme se acerca el agua subterránea al río Motagua. Son valores aceptables, y se explican por el tiempo que está en contacto el agua subterránea con el medio geológico. Conforme aumenta el tiempo de tránsito del agua, aumenta su concentración de sales, especialmente de sodio y potasio, así como de cloruros y sulfatos, disminuyendo la cantidad de carbonatos y bicarbonatos.

Valores de Nitratos: En promedio estos valores se encuentran en el valor de 5 mg/L (que son las fuentes de agua para consumo humano). Estos niveles pueden incrementar conforme se acerca a el agua subterránea al río Motagua, el aumento de niveles de

nitratos en el agua subterránea se debe principalmente al uso indiscriminado de fertilizantes nitrogenados y mal manejo del estiércol animal.

Para disminuir la concentración de nitratos, se aconseja mezclar esta agua con agua proveniente de otras fuentes donde la concentración de nitratos es menor. Al mezclar el agua, se disminuye la concentración de nitratos.

Como conclusión final las características químicas del agua en los puntos muestreados, es aceptable para consumo humano o animal. Solo debe tenerse el cuidado necesario cuando se utiliza para riego debido a que aumentan los niveles de sales en el suelo.

Clasificación de Aguas de riego:

Las características que intervienen en la calidad de un agua de riego son: a) la concentración de sales solubles, b) la concentración de sodio (Na) en relación a otras sales, c) la concentración de cloruros y sulfatos, d) la concentración de boro y otras sustancias tóxicas (aluminio y selenio), y e) los carbonatos y bicarbonatos.(Castillo,1989).

A partir de los datos de CE y RAS se establece la clasificación del agua según las normas Riverside (cuadro 18 y figura 10) que es un método fundamental para definir su calidad.



Figura 8. Toma de muestras de agua y aforo de caudales, cuenca del río Teculután (2,009).



Figura 9. Toma de muestras de agua y aforo de caudales, cuenca del río Teculután (2,009).

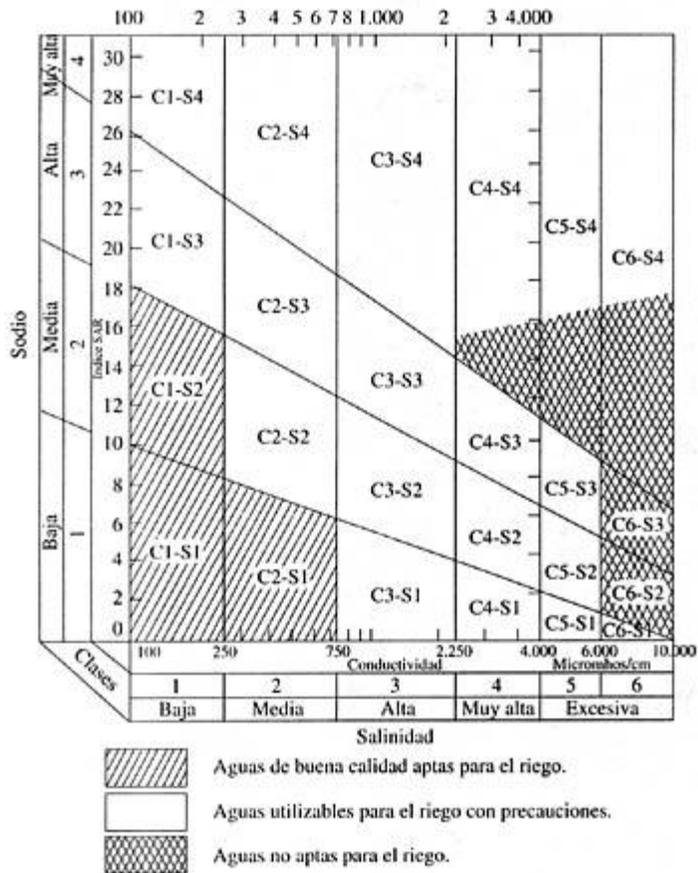


Figura 10. Normas de Riverside para evaluar la calidad de las aguas de riego. (U.S. Soil Salinity Laboratory). Blasco y de la Rubia (Lab. De suelos IRYDA, 1973)

Cuadro 20. Clasificaciones de las aguas según las normas Riverside (1,997).

Tipos	Calidad y normas de uso
C₁	Agua de baja salinidad, apta para el riego en todos los casos. Pueden existir problemas sólo en suelos de muy baja permeabilidad.
C₂	Agua de salinidad media, apta para el riego. En ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad.
C₃	Agua de salinidad alta que puede utilizarse para el riego de suelos con buen drenaje, empleando volúmenes de agua en exceso para lavar el suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.
C₄	Agua de salinidad muy alta que en muchos casos no es apta para el riego. Sólo debe usarse en suelos muy permeables y con buen drenaje, empleando volúmenes en exceso para lavar las sales del suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.
C₅	Agua de salinidad excesiva, que sólo debe emplearse en casos muy contados, extremando todas las precauciones apuntadas anteriormente.
C₆	Agua de salinidad excesiva, no aconsejable para riego.
S₁	Agua con bajo contenido en sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.
S₂	Agua con contenido medio en sodio, y por lo tanto, con cierto peligro de acumulación de sodio en el suelo, especialmente en suelos de textura fina (arcillosos y franco-arcillosos) y de baja permeabilidad. Deben vigilarse las condiciones físicas del suelo y especialmente el nivel de sodio cambiante del suelo, corrigiendo en caso necesario
S₃	Agua con alto contenido en sodio y gran peligro de acumulación de sodio en el suelo. Son aconsejables aportaciones de materia orgánica y empleo de yeso para corregir el posible exceso de sodio en el suelo. También se requiere un buen drenaje y el empleo de volúmenes copiosos de riego.
S₄	Agua con contenido muy alto de sodio. No es aconsejable para el riego en general, excepto en caso de baja salinidad y tomando todas las precauciones apuntadas.

Fuente: Riverside (1997)

Cuadro 21. Clasificación de agua para riego basada en la C.E. y RAS, de los efluentes analizados cercanos a el área de usufructo agrícola, cuenca del río Teculután (2,009).

Clasificación del agua para Riego		
RAS	C.E (micromhos/cm)	Clasificación
0.76	100	C1S1
1.25	417	C2S1

Fuente: Elaboración propia a base de datos de campo

Según los datos obtenidos y basándose en la clasificación del agua de riego en base a la C.E y RAS, la muestra que tiene una clasificación C1S1, (C1), contiene una baja salinidad y puede usarse en la mayoría de suelos y cultivos. Las lluvias de la mayoría de las regiones lavan fácilmente las pocas sales que llevan las aguas. Sin embargo, en regiones con mediana a baja precipitación y en donde los suelos presentan una mediana permeabilidad pueden provocar salinidad a muy largo plazo, pero si se controla es fácilmente lavada con un adecuado riego. Se exceptúan aquellos suelos pesados, muy lentamente a nada permeables, o bien con drenaje interno restringido, mas aún si estos se localizan en zonas áridas. Estos suelos requieren de un control o monitoreo más puntual. (S1), Bajo contenido de sodio, pueden utilizarse en todos los suelos y en la mayoría de cultivos, son aguas de amplio uso, con muy poca probabilidad de alcanzar toxicidad de sodio. Sin embargo, aquellas aguas cuyo R.A.S. esta cercano a 10, deben usarse con cierta cautela en suelos pesados. Cultivos con alta sensibilidad al sodio, pueden no tolerar aguas con R.A.S. de 10. (Castillo, 1989)

C2S1: (C2), contiene una mediana salinidad, presentan un cierto grado de restricción, ya que estas aguas pasan de los 250 micromhos/cm, acentuándose más sus limitaciones cuando su C.E. está muy cerca de los 750 micromhos/cm. Pueden ser usados en suelos con buen drenaje y con cultivos tolerantes a cierta salinidad. Su uso es más permitido en regiones con lluvias apreciables ya que estas provocan el lavado de las sales depositadas por las aguas C2. Su uso es restringido en suelos pesados, poco permeables y con una capa freática muy poco profunda y más aún, en regiones donde las escasas lluvias no favorecen el lavado de sales. Se recomienda que sean usadas bajo un manejo adecuado del suelo. (S1), Bajo contenido de sodio, pueden utilizarse en todos los suelos y en la mayoría de cultivos, son aguas de amplio uso, con muy poca probabilidad de alcanzar toxicidad de sodio. Sin embargo, aquellas aguas cuyo R.A.S. esta cercano a 10, deben

usarse con cierta cautela en suelos pesados. Cultivos con alta sensibilidad al sodio, pueden no tolerar aguas con R.A.S. de 10.(Castillo,1989)

2.7.6 Aforo de Caudales

Con fines de aprovechamiento de agua de riego para la diversificación agrícola en el Área cedida en usufructo a la ADICOMTEC, se evaluaron caudales en época de estiaje ubicados en la quebrada El Macho con el objetivo de conocer el caudal de dichas corrientes permanentes, los cuales puedan abastecer de una lámina óptima para cultivos agrícolas. Los resultados obtenidos se presentan a continuación:

Cuadro 22. Caudales estimados de los puntos de monitoreo en la cuenca del río Teculután (2,009).

Punto	X	Y	Altitud msnm	Caudal (L/seg)	Caudal (L/h)	Caudal (L/día)	Caudal (m ³ /día)
1	208360	1662673	552	0.051	183.774	4410.576	4.411
2	208140	1663186	517	0.017	60.386	1449.256	1.449
3	208157	1663159	501	0.059	212.119	5090.855	5.091
4	208183	1663063	489	0.045	161.002	3864.05	3.864

Fuente: Oscar Avalos (2009).

El máximo caudal de estiaje por día a utilizar será de 5.091 m³/día.

Según Avalos, la evapotranspiración en el área otorgada en usufructo agrícola a la ADICOMTEC, es de 4 mm/día; lo cual indica que es necesario aplicar una lámina de riego de 8 mm/día para sustituir la evapotranspiración con lo cual se deduce que son necesarios 80 m³/ha/día lo cual equivale a un caudal de 0.92 lts/seg/ha, por lo cual se concluye que el caudal de estiaje no cubrirá las necesidades de demanda de agua por determinado cultivo que demande una lámina de 4 mm/día; por lo cual se deduce que el caudal medido solo puede abastecer de agua de riego a una área de 0.636 ha.



Figura 11. Primer punto de monitoreo, estimación de caudales de estiaje, cuenca del río Teculután (2,009).

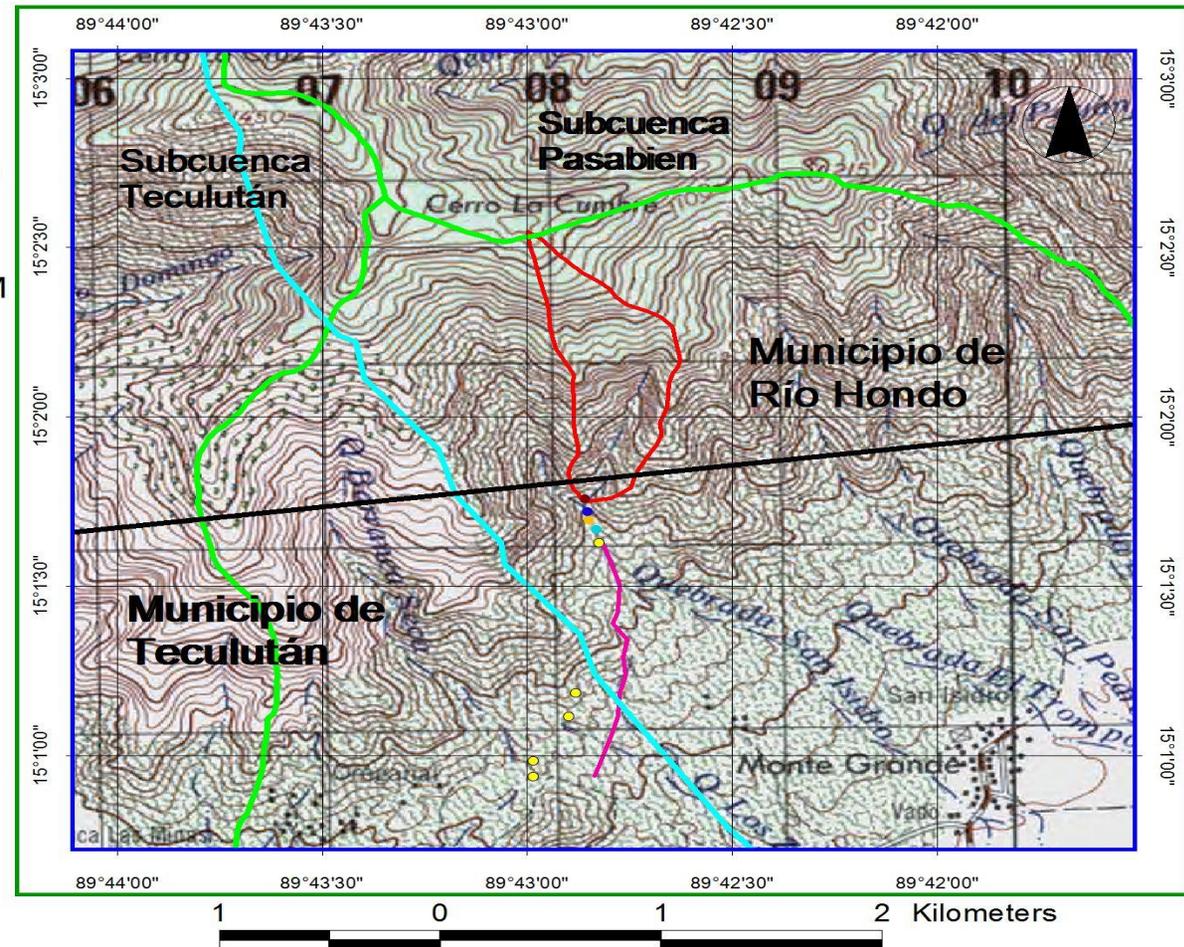


Figura 12. Segundo punto de monitoreo, estimación de caudales de estiaje, cuenca del río Teculután (2,009).

Cuadales de Estiaje
Abril de 2009
Microcenca
Quebrada San Isidro
Teculután, Zacapa

-  Area Protegida RBSM
 -  Municipios
 -  Subcuencas
 -  Conducción Agua
 -  Recorrido Usufructo
- Caudales Estiaje (l/seg)
-  0.017
 -  0.045
 -  0.051
 -  0.059
-  Microcuenca

Fuente:
Municipios - SIG MAGA 2000
Subcuencas y Area Protegida
- CIDDEF 2006



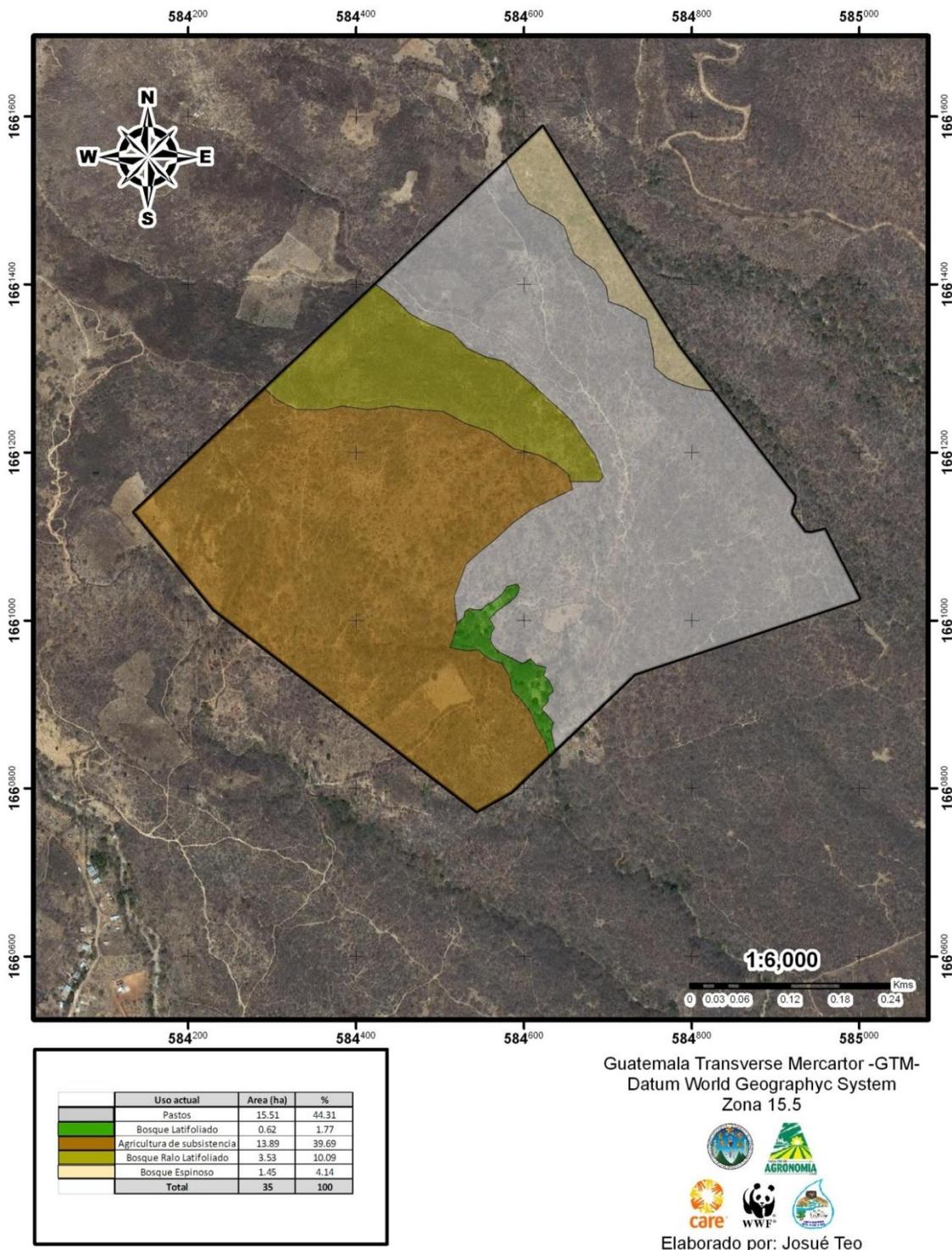
Fuente: Oscar Avalos (2009)

Figura 13. Ubicación de puntos de aforo, monitoreo de caudales de estiaje

2.7.7 Análisis del uso, capacidad de uso e intensidad de uso del suelo, área otorgada en usufructo a la ADICOMTEC

Para la realización del análisis del uso, capacidad de uso e intensidad de uso del suelo, del área otorgada en usufructo a la ADICOMTEC, se utilizó la metodología del INAB, entre los factores que se consideran como determinantes están la profundidad efectiva del suelo y la pendiente del terreno, ambos varían en sus rangos dentro de las regiones en que se dividió al país. Adicionalmente se consideran la pedregosidad (superficial e interna) y el drenaje superficial como factores que en forma temporal o permanente pueden modificar la capacidad de uso de la tierra. Estos cuatro factores fueron considerados dentro del esquema adoptado en virtud de que, a juicio de expertos, son los que principalmente definen la aptitud física para el crecimiento, manejo y conservación, de una unidad de tierra cuando es utilizada para propósitos específicos como usos de naturaleza forestal y agroforestal (Rodas 1996).

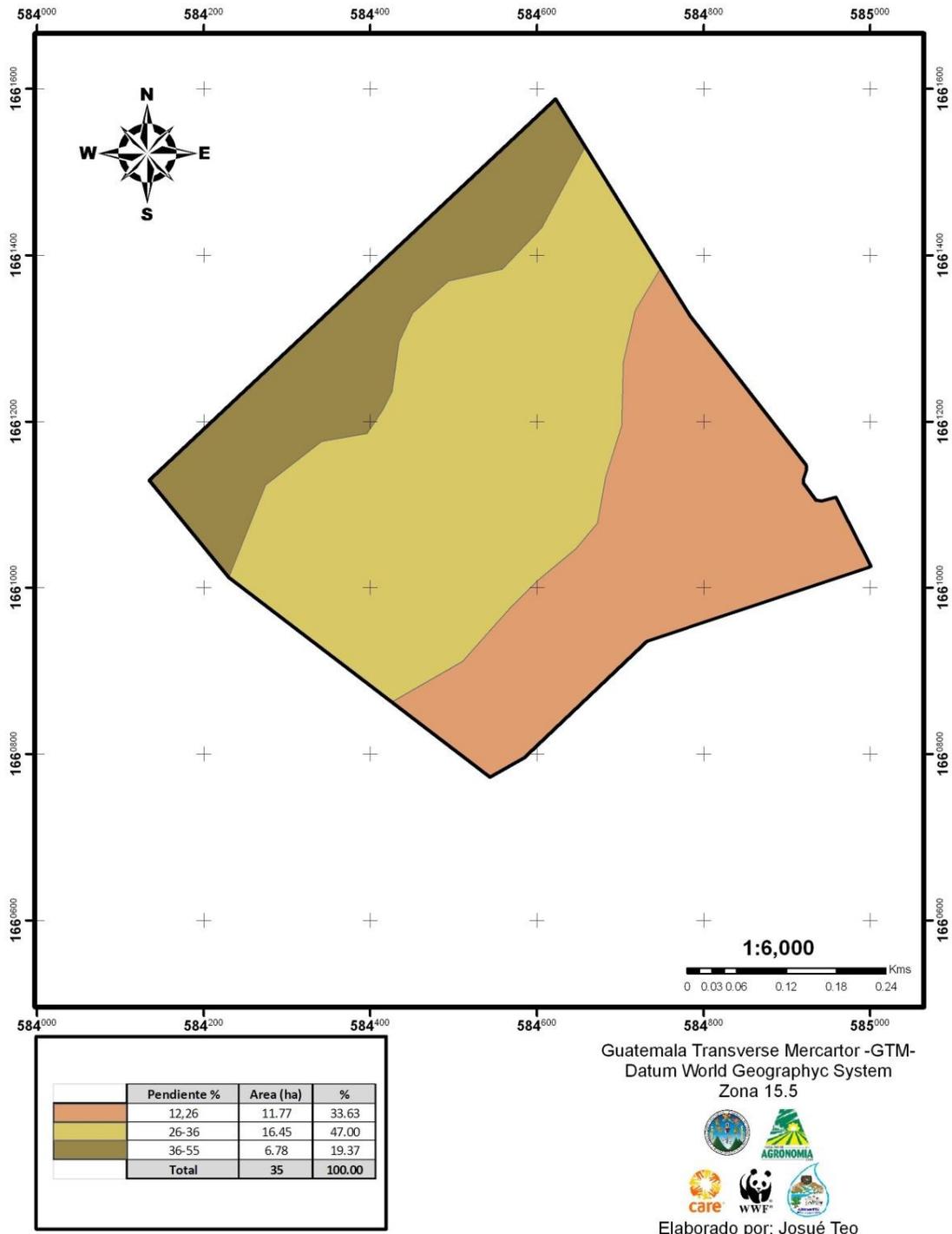
Las categorías de capacidad de uso que se emplean en la metodología, se ordenan en forma decreciente en cuanto a la intensidad de uso soportable sin poner en riesgo la estabilidad -física- del suelo, se presentan a continuación. No se incluyen criterios de fertilidad de suelos, ni aspectos ligados a la producción (acceso, mercados y costos), por lo que son categorías indicativas de usos mayores en términos de la protección que ofrecen a las capas superiores del suelo.



Mapa de Uso Actual del Area de Usufructo Agrícola, ADICOMTEC

Figura 14. Mapa de uso de la tierra del usufructo agrícola

En el mapa generado de Uso Actual del área de usufructo agrícola de la ADICOMTEC, el área que tiene un mayor porcentaje dentro del polígono es el uso del suelo con pastos con un 44.82% principalmente jaragua (*Hyparrhenia rufa*) y pasto Oveja (*Brachiaria spp*) y una área de 15.54 hectáreas, seguido del suelo en uso con agricultura de subsistencia con un 39.69% principalmente maíz (*Zea mayz*) y una área de 11.89 hectáreas, posteriormente se encuentra el Bosque ralo latifoliado, con un 10.09% y una área de 5.58 hectáreas, y por último se encuentran el Bosque espinoso y el Bosque latifoliado con un 4.14% y 1.77 % con una área de 1.45 hectáreas y 0.62 hectáreas respectivamente. Claramente se puede observar que los mayores usos son Pastos debido a la explotación de ganado vacuno a manera extensiva en el área, así como la agricultura de subsistencia, principalmente maíz (*Zea mayz*), cultivado en el área por los pequeños agricultores como seguridad alimentaria familiar.



Mapa de Pendientes del Area de Usufructo Agrícola, ADICOMTEC

Figura 15. Mapa de pendientes área de usufructo agrícola

En el mapa de pendientes generado para obtener dicho factor determinante del uso del suelo según la metodología del INAB, en el cual se puede observar, que la mayor pendiente se encuentra dentro de los rangos de 26-36% con una área de 16.45 hectáreas presentando un valor porcentual dentro del polígono de 47%, seguido de las pendientes que se encuentran dentro del rango de 12-36% con una área de 11.77 hectáreas y un valor porcentual de 33.63%, así también un rango de pendiente entre el 36-55% con una área de 6.78 hectáreas y un valor porcentual de 19.37%. Esto demuestra que las pendientes dentro del terreno son muy variables, pero se encuentran distribuidas de una forma relativa dentro del polígono.

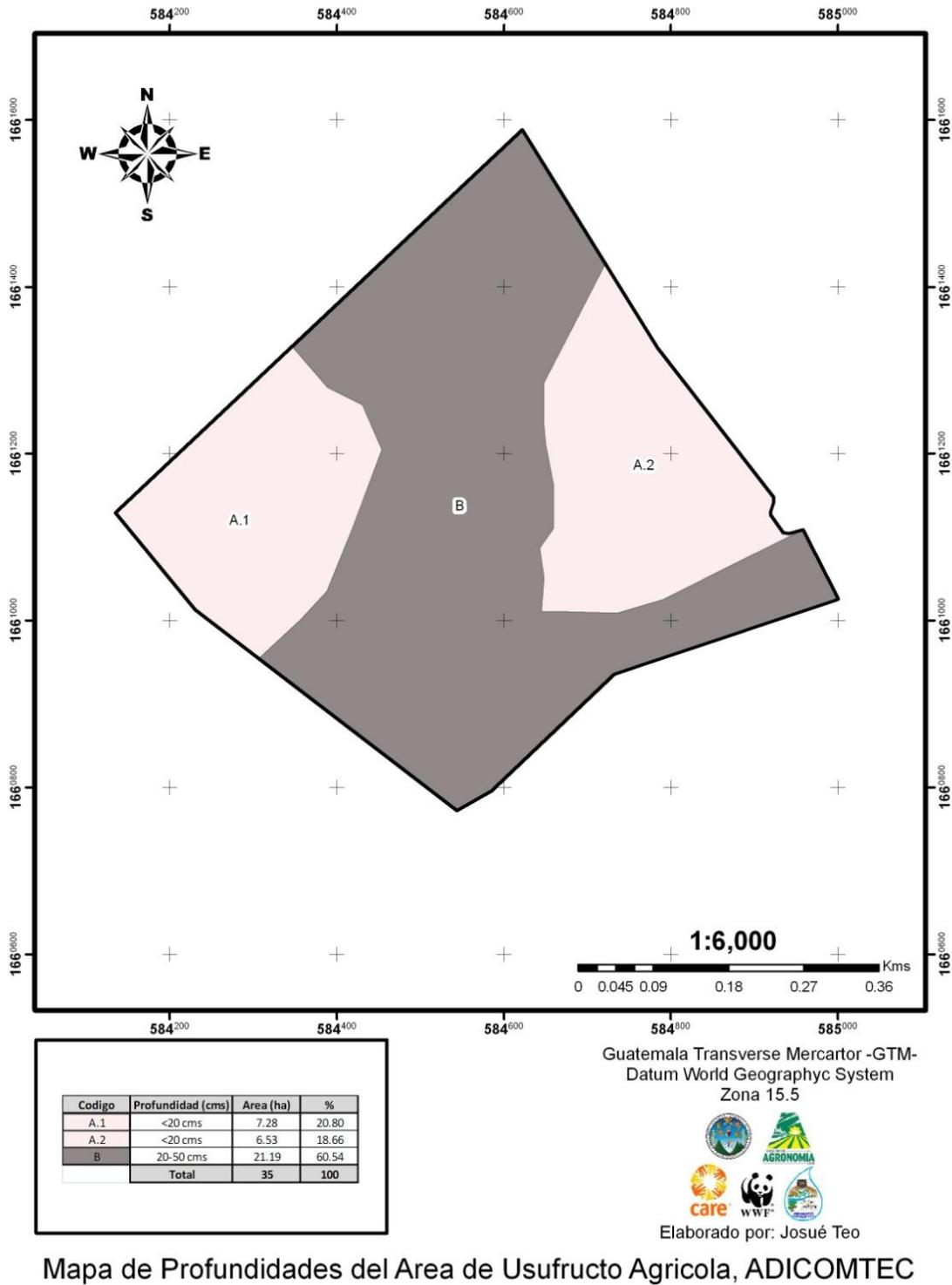
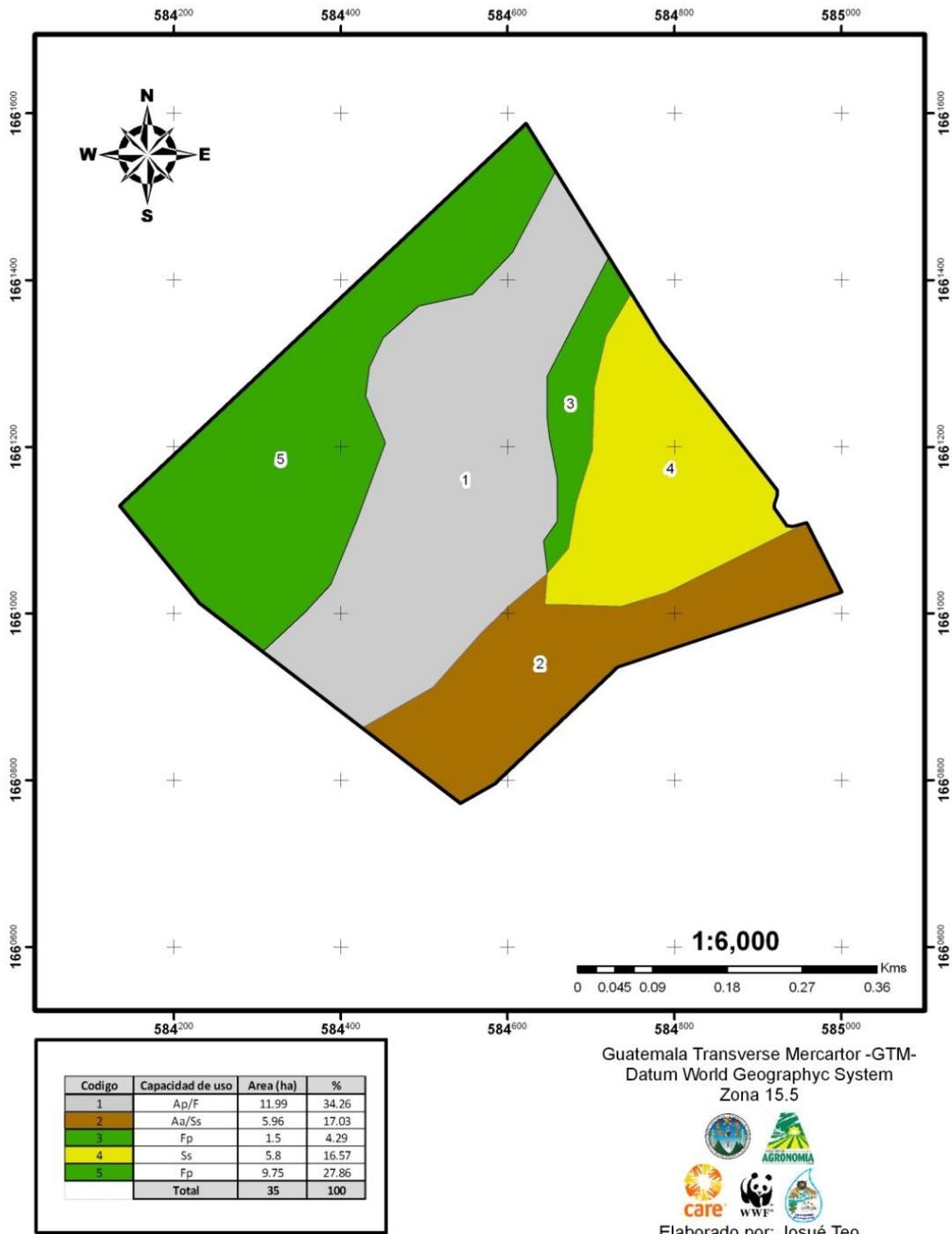


Figura 16. Mapa de profundidades efectivas área de usufructo agrícola

De la misma manera que se genero el mapa de pendientes, también se genero el mapa de profundidades, en donde se presentan las profundidades efectivas que se encuentran dentro del polígono cedido en usufructo agrícola a la ADICOMTEC, en donde se observa que la mayor profundidad varía entre los 20-50 cms (B), con una área de 21.19 hectáreas y un valor porcentual de 60.54%, así también las profundidades menores a 20 cms (A1,A2) presentan un área total de 13.81 hectáreas con un valor porcentual total de 39.46 %.



Mapa de Capacidad de Uso de la Tierra, del Area de Usufructo Agrícola, ADICOMTEC

Figura 17. Mapa de capacidad de uso de la tierra área de usufructo agrícola

Teniendo los mapas de los factores determinantes del suelo según la metodología del INAB se generó el mapa de capacidad de uso de la tierra para el área cedida en usufructo a la ADICOMTEC, lo cual sirve para generar el mapa de intensidad de uso, y con ello poder tomar decisiones acertadas en cuanto al uso del suelo, implementando y haciendo un uso adecuado del suelo, en base a su capacidad de uso y de esta manera poder realizar un uso eficiente del recurso suelo.

Después de utilizar los factores determinantes como lo son la profundidad efectiva del suelo y la pendiente del terreno, se consideraron también la pedregosidad (superficial e interna) y el drenaje superficial como factores que en forma temporal o permanente pueden modificar la capacidad de uso de la tierra de acuerdo con la metodología del INAB. Según el mapa de capacidad de uso generado, el polígono cuenta con una área total de 35 hectáreas divididas de acuerdo a la capacidad de uso de la tierra de la siguiente manera : 11.99 hectáreas con una capacidad de uso Ap/F que representa a Agroforestería con cultivos permanentes y Tierras forestales para producción, una área de 5.96 hectáreas con una capacidad de uso Aa/Ss que representa a Agroforestería con cultivos anuales y Sistemas silvopastoriles, así también cuenta con una área de 5.8 hectáreas con una capacidad de uso Ss que representa a Sistemas silvopastoriles, y cuenta con dos áreas de 9.75 y 1.5 hectáreas respectivamente con una capacidad de uso Fp que representa a las Tierras forestales de protección.

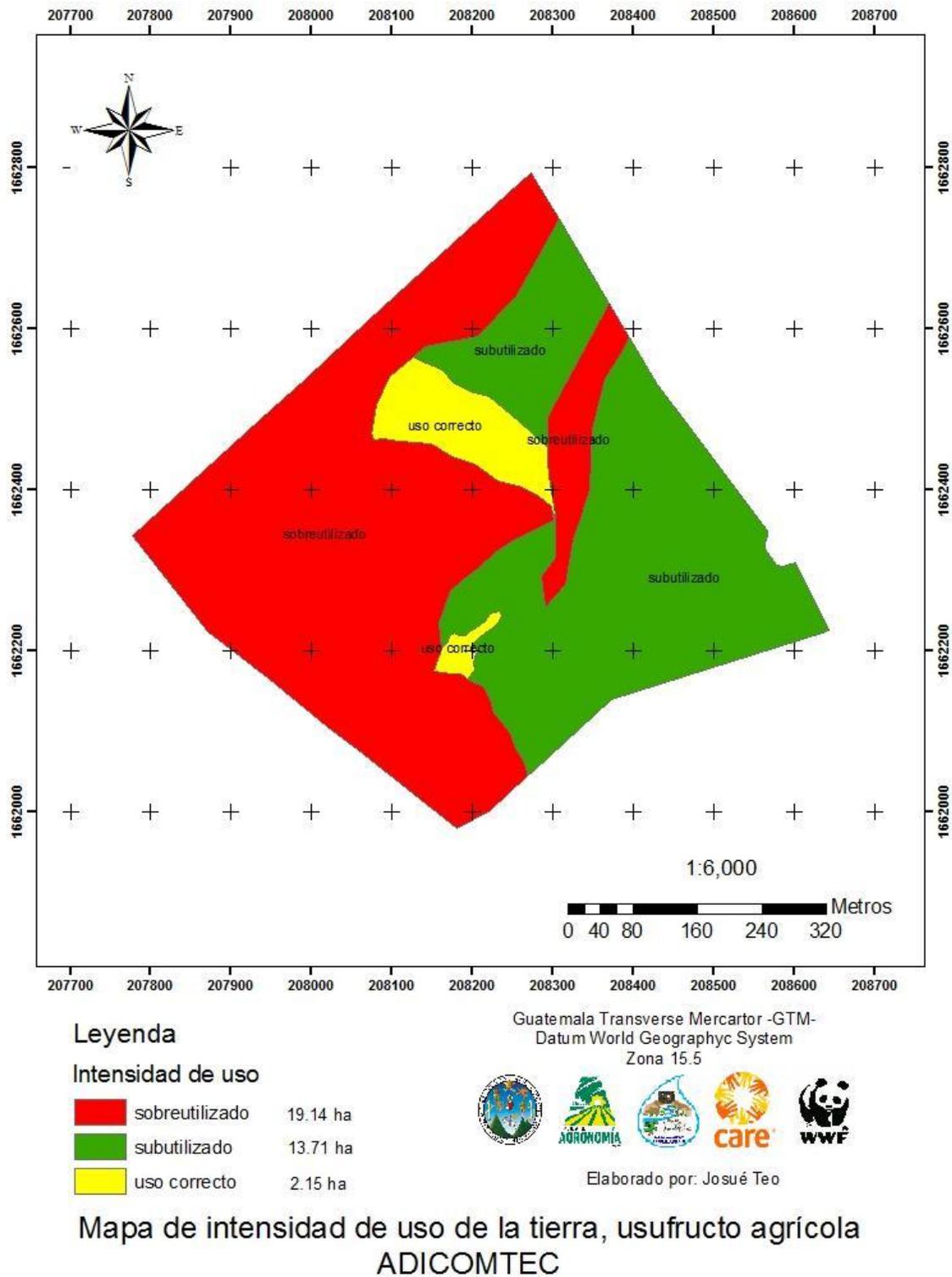


Figura 18. Mapa de intensidad de uso de la tierra área de usufructo agrícola

En el mapa de intensidad de uso de la tierra, se puede observar que el terreno cedido en usufructo a la ADICOMTEC, con fines de diversificación agrícola, cuenta con tres categorías de uso, sobresaliendo el uso sobre utilizado con una área de 19.14 hectáreas, posteriormente se encuentra la categoría de uso subutilizado con una área de 13.71 hectáreas y por último se encuentra la categoría de uso correcto contando con una área de 2.15 hectáreas. De acuerdo con el mapa de intensidad de uso, es necesario determinar cuáles son los cultivos apropiados de acuerdo a la capacidad de uso del suelo, con la finalidad de conservar el recurso suelo eficientando el uso del mismo y de esta manera poder obtener mayores beneficios para la ADICOMTEC.

2.8 Lineamientos de manejo de los recursos suelo y agua de el área cedida en usufructo a la Asociación de Desarrollo Integral Agropecuario de las Comunidades de Teculután.

De acuerdo con los diferentes análisis realizados y principalmente el aforo de los efluentes posibles para abastecer de agua de riego a el área de usufructo agrícola, se observa claramente que la misma es muy limitado haciendo referencia a el caudal más alto obtenido el cual es de $5.091 \text{ m}^3/\text{día}$, con lo cual solo se puede abastecer de agua de riego a un área de 0.636 ha de acuerdo a la evapotranspiración del área que es de 4 mm/día. Es recomendable analizar otros efluentes cercanos al área en usufructo, ubicados en el Bucul, lugar que se encuentra bastante cercano al área en donde los efluentes podrían aportar un caudal que puede ser aprovechable, además de reducir los costos por concepto de tubería de conducción del agua, debido a la cercanía al área hacia donde se quiere llevar el agua para riego.

La reducida disponibilidad del recurso hídrico de la microcuenca no puede poner en marcha o implementarse un sistema productivo con riego; por lo tanto puede realizarse un abastecimiento con fines de riego conduciendo agua desde el Río Teculután.

Una de las ventajas del área del proyecto es que se ubica próximo a la comunidad El Oreganal, la cual se abastece de agua para consumo humano del Río Teculután por un sistema por gravedad, es decir que se puede colocar un sistema de conducción para riego paralelo y junto al sistema de agua de consumo humano de dicha comunidad.

Si se puede desarrollar un proyecto de este tipo es conveniente que el sistema de riego sea lo más eficiente (riego por goteo), para no hacer mal uso del recurso; este sistema deberá incluir tanques de almacenamiento para abastecer de una forma sostenible el sistema productivo en un horario recomendado para la aplicación de una lámina de riego, es decir a horas no aptas (cuando hay más calor o más incidencia solar) cuando se aplica el riego (mayores pérdidas), que es lo utilizado en la región.

De acuerdo al mapa de capacidad de uso e intensidad de uso, es recomendable realizar un uso del suelo de acuerdo a la capacidad del mismo, en donde según los mapas anteriormente mencionados, en especial el de capacidad de uso, es recomendable diversificar el uso del suelo dentro del área en usufructo trabajando en 11.99 hectáreas con una capacidad de uso Ap/F que representa a Agroforestería con cultivos permanentes y Tierras forestales para producción, una área de 5.96 hectáreas con una capacidad de uso Aa/Ss que representa a Agroforestería con cultivos anuales y Sistemas silvopastoriles, así también cuenta con una área de 5.8 hectáreas con una capacidad de uso Ss que representa a Sistemas silvopastoriles, y cuenta con dos áreas de 9.75 y 1.5 hectáreas respectivamente con una capacidad de uso Fp que representa a las Tierras forestales de protección, para el caso de la agroforestería uno de los cultivos que más se acopla a las características de suelo y clima en el área sería el de Mango Tommy atking (*Mangifera indica, var. Tommy atking*).

El objetivo de la producción de mango Tommy se orienta a contribuir a mejorar la calidad de vida de la población directa e indirectamente vinculada y al desarrollo económico local de su área de cobertura, en este caso el área cedida en usufructo por la municipalidad de Teculután a la ADICOMTEC, generando fuentes de trabajo para mejorar los ingresos familiares de los productores, de los empleados y del núcleo familiar.

Sobre la base de la demanda del producto, especialmente para el mercado internacional y la experiencia acumulada en el área sobre la producción y exportación de mango se establece la oportunidad de mercado del proyecto, se realizaron investigaciones sobre la oferta y demanda, la comercialización y precios, esta investigación demostró que el proyecto es viable de ejecutar desde el punto de vista del mercado.

La operación del proyecto no requiere de alta tecnología, el equipo necesario es de fácil adquisición en el mercado guatemalteco, exige la disponibilidad de terrenos técnicamente apropiados para lo cual el área de usufructo agrícola cuenta con las condiciones propicias , con topografía accesible, acceso a fuentes de agua de calidad, material vegetativo certificado, labores de manejo del cultivo como fertilización, riego, poda, control de maleza, control de enfermedades y plagas. La asistencia técnica puede coordinarse con PROFRUTA del MAGA para garantizar el éxito del proyecto.

Para el caso de los sistemas silvopastoriles, conviene trabajar con especies como Leucaena (*Leucaena leucocephala*), Madre cacao (*Gliricidia sepium*), que son especies forrajeras con un alto contenido de proteína cruda, estas especies forrajeras pueden combinarse con pastos de la zona, en especial pasto oveja (*Brachiaria sp*) y pasto estrella (*Cynodon dactylon*), estos pastos además de ser fácilmente adaptables a las condiciones edafoclimáticas de la zona, son una buena opción para tecnificar el uso correspondiente. En las áreas de tierras forestales de producción pueden cultivarse especies forestales como, Ramón (*Brossimum alicastrum*), Pino Ocarpa (*Pinus ocarpa*), Matilisguate (*Tabebuia rosea*) ,Conacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), Zapatón (*Swietwnia humilis*) que son las especies forestales adaptables a la zona en cuanto a suelo y clima, para el caso del Ramón, además de ser una planta forestal, es una especie prometedor para la seguridad alimentaria en la familia debido a que produce cuatro veces más proteína y alimento que el maíz, teniendo usos parecidos al maíz ,también es una planta de uso forrajero, fuente de energía (bosques energéticos).

2.9 Conclusiones

- La recarga hídrica natural de la microcuenca del Río Teculután es de 44,418,394 m³/año que representa un 11.66 % de la precipitación pluvial del área.
- El agua proveniente de todas las fuentes analizadas es físicamente de buena calidad, teniendo la muestra procedente de la Presa de Las Minas un indicador de coloración elevado, pero dentro del rango máximo permitido. La muestra recopilada del Nacimiento Piedra del Zapato presenta una buena calidad de acuerdo al resultado de laboratorio. Se puede concluir que la calidad física de las muestras de agua analizadas, es satisfactorio.
- De acuerdo a el análisis del uso, capacidad de uso e intensidad de uso de la tierra del área cedida en usufructo a la Asociación de Desarrollo Integral Agropecuario de las Comunidades de Teculután, en el mapa de intensidad de uso de la tierra, se puede observar que dicha área cuenta con tres categorías de uso, sobresaliendo el uso sobre utilizado con una área de 19.14 hectáreas, posteriormente se encuentra la categoría de uso subutilizado con una área de 13.71 hectáreas y por último se encuentra la categoría de uso correcto contando con una área de 2.15 hectáreas.
- Se ha logrado plantear diferentes lineamientos de manejo de los recursos suelo y agua de el área cedida en usufructo a la ADICOMTEC, en donde se especifican lineamientos básicos para el aprovechamiento del agua presente en los efluentes cercanos a el usufructo agrícola, así también se dieron lineamientos del uso adecuado del suelo basados en la capacidad e intensidad de uso, planteándose proyectos adecuados al uso de suelo que con su aplicación y ejecución pueden beneficiar a los usuarios de el usufructo agrícola.

2.10 Recomendaciones

- En cuanto a la calidad fisicoquímica del agua analizada la misma se encuentra bajo buenas condiciones para la utilización de agua para riego como lo es el nacimiento Piedra del Zapato, y Presa de las minas, pero es recomendable analizar las fuentes cercanas a El Bucul que son fuentes que se encuentran más cercanas a el área en donde se pretende cultivar y diversificar cultivos.
- De acuerdo al mapa de intensidad de uso de la tierra, se recomienda realizar el uso adecuado del recurso suelo, tomando en cuenta la capacidad de uso de la tierra para el caso de la agroforestería el cultivo que más se acopla a las características edafoclimáticas de la zona es el Mango Tommy (***Manguifera indica, var. Tommy atking***), con el fin de poder definir cultivos acordes a la capacidad de uso del recurso suelo y poder aprovechar de una mejor manera el recurso y explotarlo con la finalidad de conservarlo, para el caso de los sistemas silvopastoriles, conviene trabajar con especies como Leucaena (***Leucaena leucocephala***), Madre cacao (***Gliricidia sepium***), que son especies forrajeras con un alto contenido de proteína cruda, estas especies forrajeras pueden combinarse con pastos de la zona, en especial pasto oveja (***Brachiaria sp***) y pasto estrella (***Cynodon dactylon***), estos pastos además de ser fácilmente adaptables a las condiciones edafoclimáticas de la zona, son una buena opción para tecnificar el uso correspondiente, es recomendable en las áreas de tierras forestales de producción cultivar especies forestales como, Ramón (***Brossimum alicastrum***), Pino Ocarpa (***Pinus ocarpa***), Matilisguate (***Tabebuia rosea***), Conacaste (***Enterolobium cyclocarpum***), Zapatón (***Swietwnia humilis***) que son las especies forestales adaptables a la zona en cuanto a suelo y clima, para el caso del Ramón, además de ser una planta forestal, es una especie prometedora para la seguridad alimentaria en la familia debido a que produce cuatro veces más proteína y alimento que el maíz, teniendo usos parecidos al maíz ,también es una planta de uso forrajero, fuente de energía (bosques energéticos).

- Realizar estudios de prefactibilidad y económicos financieros de los diferentes cultivos que se pueden implementar en el área de estudio los cuales pueden ser Mango Tommy, cítricos, jocote marañon, aguacate, mazapán, tomando en cuenta la intensidad de uso de la tierra y en base a los lineamientos planteados poder explotar estos cultivos de alta producción que se adaptan al tipo de suelo de el área cedida en usufructo agrícola.

2.11 Bibliografía

1. CARE, GT; WWF, CR; IIED, GT. 2007a. Estudio de sistemas de vida en la microcuenca del río Teculután, cuenca del río Motagua, ubicada en el municipio de Teculután, del departamento de Zacapa, Guatemala, Centroamérica: informe de consultoría. Guatemala. 87 p.
2. _____. 2007b. Estudio de valoración económica de los servicios hidrológicos del río Teculután, cuenca del río Motagua, ubicada en el municipio de Teculután, del departamento de Zacapa, Guatemala, Centroamérica: informe de consultoría. Guatemala. 60 p.
3. Castillo Orellana, S. 1989. Análisis y calidad de agua con fines de riego. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, Instituto de Investigaciones Agronómicas. 108 p.
4. Chamorro Batres, TM. 2006. Evaluación del efecto de la precipitación interna sobre la escorrentía superficial y la erosión hídrica en cuatro diferentes densidades de cobertura forestal con manejo del sotobosque en una plantación de *Pinus maximinoi* H. E. Moore. en la finca Río Frío, Santa Cruz Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 46 p.
5. Dávila, DC. 2006. Trabajo de graduación en la finca Agua Tibia, Mataquescuintla, Jalapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 129 p.
6. FDN (Fundación Defensores de la Naturaleza, GT). 2005. Informe sobre el comportamiento de la calidad del agua en la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas durante el año 2005. Guatemala. 35 p.
7. _____. 2008. Pre inventario forestal de la finca San Luís Buena Vista. Guatemala. 4 p.
8. Flores M, CF. 2008. Caracterización de los recursos naturales del municipio de Champerico con fines de ordenamiento territorial. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 100 p.
9. Fuentes, RC. 2008. Recursos naturales: fauna (en línea). España. Consultado 15 oct 2008. Disponible en <http://monografias.com/trabajos10/cani/cani.Shtml>
10. Gobernación de Antioquia, CO. 2007. Procedimiento para la orientación el uso aprovechamiento adecuado y sostenible del territorio (en línea). Colombia. Consultado 28 set 2008. Disponible en <http://www.minambiente.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=463&conID=248>
2

11. Herrera Ibáñez, IR. 1995. Manual de hidrología. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 223 p.
12. Hypergeo.EU. 2010. Balance hídrico (en línea). EU. Consultado 27 abr 2010. Disponible en <http://www.hypergeo.eu/spip.php?article300>
13. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1973. Mapa topográfico de la república de Guatemala: hoja Amatitlán, no 2050II. Guatemala. Esc.1:50,000. Color.
14. _____. 1985. Mapa topográfico de la república de Guatemala: hoja Escuintla, no 2058IV. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color
15. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2000. Manual para la clasificación de tierras por capacidad de uso. Guatemala. 96 p.
16. Lenntech, NL. 2006. Agua residual & purificación del aire. Rotterdamseweg, Delft, Holanda, Holding. 84 p.
17. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2000. Mapas temáticos digitales de la república de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:250,000. Color. 1 CD.
18. Miranda Castillo, N. 2007. Recursos naturales (en línea). Argentina. Consultado 28 set 2008. Disponible en <http://monografias.com/trabajos6/recuz/recuz.shtml>
19. Municipalidad de Teculután, Zacapa, GT. 2002. Monografía del municipio de Teculután, Zacapa. Guatemala. 94 p.
20. Pértegas Díaz, S. 2007. Tierra y espacio (en línea). Argentina. Consultado 4 ene 2009. Disponible en <http://practiciencia.com.ar/ctierra/superficie/hidrosfera/continente/rios/index.html>
21. Simmons, C, Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1000 p.
22. Tobías, H. 1996. Manual de clasificación de tierras con fines de riego. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 4 p.
23. _____. 2003. Proyecto de investigación forestal: metodología para la determinación de áreas de recarga hídrica natural; manual capacitación técnica. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 106 p.

24. _____. 2006. Guía para la descripción de suelos: manual de laboratorio de suelos. 2 ed. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 73 p.
25. Wikipedia.com. 2009. Calidad de agua (en línea). España. Consultado 20 dic 2008. Disponible en http://es.wikipedia.org/wiki/Calidad_del_agua

Vo. Bo.: _____
Ing. Agr. Rolando Udine Aragón Barrios

2.12 Apéndices

Cuadro 23A. Cálculo de recarga hídrica al acuífero de la cuenca del Río Teculután

Isoyeta: 2000 mm

Uso de la tierra:

Bosque

Suborden de suelos: Ps (Ustepts, Inceptisol) -Ls (Ustalfs, Alfisol)

cc (%) =	23.6	cc (mm) =	474	Kfc =	0.58
pmp (%) =	13.1	pmp (mm) =	263	R.V. =	0.12
Dens Ap =	1.004	Prof Rad (cm) =	200	P Ef = (0.58 x Prec)*(1-R.V.)	

MES	Prec	P Ef	ETP	ETR	HI	HF	Rec (mm)
Octubre	194	99	69	69	474	474	30
Noviembre	67	34	75	75	474	434	0
Diciembre	35	18	83	74	434	377	0
Enero	20	10	88	52	377	336	0
Febrero	19	10	84	33	336	313	0
Marzo	19	10	97	27	313	295	0
Abril	60	31	90	27	295	299	0
Mayo	218	111	100	70	299	340	0
Junio	419	214	66	66	340	474	14
Julio	248	127	67	67	474	474	60
Agosto	301	153	62	62	474	474	91
Septiembre	400	204	59	59	474	474	145
TOTAL	2000	1021	940	681			340

cc: Capacidad de campo (mm ó porcentaje)

pmp: Punto de marchitez permanente (mm ó porcentaje)

Dens Ap: Densidad aparente (g/cm³)

Prof Rad: Profundidad radicular (cm)

Prec: Precipitación pluvial (mm)

Kfc: Factor de Schosinsky para la infiltración de agua

R.V.: Retención vegetal de agua

P Ef: Precipitación efectiva (mm)

ETP: Evapotranspiración potencial (mm)

ETR: Evapotranspiración real (mm)

HI: Humedad inicial al periodo (mm)

HF: Humedad final del periodo (mm)

Rec: Recarga (mm)

Cuadro 24A. Cálculo de recarga hídrica al acuífero de la cuenca del Río Teculután

Isoyeta: 2000 mm

Uso de la tierra: Bosque

Suborden de suelos: Eo (Orthents, Entisol).

cc (%) =	23.41	cc (mm) =	541	Kfc =	0.59
pmp (%) =	15.17	pmp (mm) =	351	R.V. =	0.12
Dens Ap =	1.1553	Prof Rad (cm) =	200	P Ef = (0.59 x Prec)*(1-R.V.)	

MES	Prec	P Ef	ETP	ETR	HI	HF	Rec (mm)
Octubre	194	101	69	69	541	541	31
Noviembre	67	35	75	75	541	501	0
Diciembre	35	18	83	73	501	446	0
Enero	20	11	88	49	446	407	0
Febrero	19	10	84	29	407	388	0
Marzo	19	10	97	24	388	374	0
Abril	60	31	90	26	374	379	0
Mayo	218	113	100	75	379	418	0
Junio	419	218	66	66	418	541	28
Julio	248	129	67	67	541	541	62
Agosto	301	156	62	62	541	541	94
Septiembre	400	208	59	59	541	541	149
TOTAL	2000	1038	940	674			364

cc: Capacidad de campo (mm ó porcentaje)

pmp: Punto de marchitez permanente (mm ó porcentaje)

Dens Ap: Densidad aparente (g/cm³)

Prof Rad: Profundidad radicular (cm)

Prec: Precipitación pluvial (mm)

Kfc: Factor de Schosinsky para la infiltración de agua

R.V.: Retención vegetal de agua

P Ef: Precipitación efectiva (mm)

ETP: Evapotranspiración potencial (mm)

ETR: Evapotranspiración real (mm)

HI: Humedad inicial al periodo (mm)

HF: Humedad final del periodo (mm)

Rec: Recarga (mm)

Cuadro 25A. Cálculo de recarga hídrica al acuífero de la cuenca del Río Teculután.

Isoyeta: 1800 mm

Uso de la tierra:

Bosque

Suborden de suelos: Ps (Ustepts, Inceptisol) -Ls (Ustalfs, Alfisol)

cc (%) =	23.6	cc (mm) =	474	Kfc =	0.58
pmp (%) =	13.1	pmp (mm) =	263	R.V. =	0.12
Dens Ap =	1.004	Prof Rad (cm)=	200	P Ef = (0.58 x Prec)*(1-R.V.)	

MES	Prec	P Ef	ETP	ETR	HI	HF	Rec (mm)
Octubre	175	89	85	85	474	474	4
Noviembre	60	31	92	92	474	413	0
Diciembre	31	16	102	80	413	349	0
Enero	18	9	108	49	349	309	0
Febrero	17	9	103	27	309	291	0
Marzo	17	9	119	21	291	279	0
Abril	54	28	111	23	279	284	0
Mayo	196	100	123	70	284	313	0
Junio	377	193	81	81	313	424	0
Julio	223	114	82	82	424	456	0
Agosto	271	138	77	77	456	474	43
Septiembre	360	184	72	72	474	474	112
TOTAL	1800	919	1156	760			159

cc: Capacidad de campo (mm ó porcentaje)

pmp: Punto de marchitez permanente (mm ó porcentaje)

Dens Ap: Densidad aparente (g/cm³)

Prof Rad: Profundidad radicular (cm)

Prec: Precipitación pluvial (mm)

Kfc: Factor de Schosinsky para la infiltración de agua

R.V.: Retención vegetal de agua

P Ef: Precipitación efectiva (mm)

ETP: Evapotranspiración potencial (mm)

ETR: Evapotranspiración real (mm)

HI: Humedad inicial al periodo (mm)

HF: Humedad final del periodo (mm)

Rec: Recarga (mm)

Cuadro 26A. Cálculo de recarga hídrica al acuífero de la cuenca del Río Teculután

Isoyeta: 1800 mm

Uso de la tierra:

Pastos

Suborden de suelos: Ps (Ustepts, Inceptisol) -Ls (Ustalfs, Alfisol)

cc (%) =	23.6	cc (mm) =	142.1664	Kfc =	0.58
pmp (%) =	13.1	pmp (mm) =	78.9144	R.V. =	0.08
Dens Ap =	1.004	Prof Rad (cm) =	60	P Ef = (0.58 x Prec)*(1-R.V.)	

MES	Prec	P Ef	ETP	ETR	HI	HF	Rec (mm)
Octubre	175	93	85	85	142	142	8
Noviembre	60	32	92	66	142	108	0
Diciembre	31	17	102	29	108	96	0
Enero	18	10	108	16	96	90	0
Febrero	17	9	103	13	90	87	0
Marzo	17	9	119	9	87	87	0
Abril	54	29	111	21	87	95	0
Mayo	196	105	123	62	95	138	0
Junio	377	201	81	81	138	142	115
Julio	223	119	82	82	142	142	37
Agosto	271	144	77	77	142	142	68
Septiembre	360	192	72	72	142	142	120
TOTAL	1800	960	1156	613			347

cc: Capacidad de campo (mm ó porcentaje)

pmp: Punto de marchitez permanente (mm ó porcentaje)

Dens Ap: Densidad aparente (g/cm³)

Prof Rad: Profundidad radicular (cm)

Prec: Precipitación pluvial (mm)

Kfc: Factor de Schosinsky para la infiltración de agua

R.V.: Retención vegetal de agua

P Ef: Precipitación efectiva (mm)

ETP: Evapotranspiración potencial (mm)

ETR: Evapotranspiración real (mm)

HI: Humedad inicial al periodo (mm)

HF: Humedad final del periodo (mm)

Rec: Recarga (mm)

Cuadro 27A. Calculo de recarga hídrica al acuífero de la cuenca del Río Teculután

Isoyeta: 1800 mm

Uso de la tierra: Cultivos agrícolas

Suborden de suelos: Ps (Ustepts, Inceptisol) -Ls (Ustalfs, Alfisol)

cc (%) =	23.6	cc (mm) =	118	Kfc =	0.58
pmp (%) =	13.1	pmp (mm) =	66	R.V. =	0.06
Dens Ap =	1.004	Prof Rad (cm)=	50	P Ef = (0.58 x Prec)*(1-R.V.)	

MES	Prec	P Ef	ETP	ETR	HI	HF	Rec (mm)
Octubre	175	95	85	85	118	118	10
Noviembre	60	33	92	49	118	102	0
Diciembre	31	17	102	28	102	92	0
Enero	18	10	108	17	92	84	0
Febrero	17	9	103	14	84	79	0
Marzo	17	9	119	10	79	79	0
Abril	54	29	111	20	79	88	0
Mayo	196	107	123	55	88	118	21
Junio	377	206	81	81	118	118	124
Julio	223	122	82	82	118	118	39
Agosto	271	147	77	77	118	118	71
Septiembre	360	196	72	72	118	118	124
TOTAL	1800	981	1156	592			389

cc: Capacidad de campo (mm ó porcentaje)

pmp: Punto de marchitez permanente (mm ó porcentaje)

Dens Ap: Densidad aparente (g/cm³)

Prof Rad: Profundidad radicular (cm)

Prec: Precipitación pluvial (mm)

Kfc: Factor de Schosinsky para la infiltración de agua

R.V.: Retención vegetal de agua

P Ef: Precipitación efectiva (mm)

ETP: Evapotranspiración potencial (mm)

ETR: Evapotranspiración real (mm)

HI: Humedad inicial al periodo (mm)

HF: Humedad final del periodo (mm)

Rec: Recarga (mm)

Cuadro 28A. Cálculo de recarga hídrica al acuífero de la cuenca del Río Teculután

Isoyeta: 1800 mm

Uso de la tierra: Bosque

Suborden de suelos: Eo (Orthents, Entisol).

cc (%) =	23.41	cc (mm) =	541	Kfc =	0.59
pmp (%) =	15.17	pmp (mm) =	351	R.V. =	0.12
Dens Ap =	1.1553	Prof Rad (cm) =	200	P Ef = (0.59 x Prec)*(1-R.V.)	

MES	Prec	P Ef	ETP	ETR	HI	HF	Rec (mm)
Octubre	175	91	85	85	541	541	6
Noviembre	60	31	92	92	541	481	0
Diciembre	31	16	102	78	481	419	0
Enero	18	10	108	44	419	384	0
Febrero	17	9	103	23	384	370	0
Marzo	17	9	119	18	370	361	0
Abril	54	28	111	23	361	367	0
Mayo	196	102	123	76	367	392	0
Junio	377	196	81	81	392	507	0
Julio	223	116	82	82	507	540	0
Agosto	271	140	77	77	540	541	63
Septiembre	360	187	72	72	541	541	115
Total	1800	935	1156	752	0		183

cc: Capacidad de campo (mm ó porcentaje)

pmp: Punto de marchitez permanente (mm ó porcentaje)

Dens Ap: Densidad aparente (g/cm³)

Prof Rad: Profundidad radicular (cm)

Prec: Precipitación pluvial (mm)

Kfc: Factor de Schosinsky para la infiltración de agua

R.V.: Retención vegetal de agua

P Ef: Precipitación efectiva (mm)

ETP: Evapotranspiración potencial (mm)

ETR: Evapotranspiración real (mm)

HI: Humedad inicial al periodo (mm)

HF: Humedad final del periodo (mm)

Rec: Recarga (mm)

Cuadro 29A. Cálculo de recarga hídrica al acuífero de la cuenca del Río Teculután

Isoyeta: 1600 mm

Uso de la tierra: Bosque

Suborden de suelos: Ps (Ustepts, Inceptisol) -Ls (Ustalfs, Alfisol)

cc (%) =	23.6	cc (mm) =	474	Kfc =	0.58
pmp (%) =	13.1	pmp (mm) =	263	R.V. =	0.12
Dens Ap =	1.004	Prof Rad =	200	P Ef = (0.58 x Prec)*(1-R.V.)	

MES	Prec	P Ef	ETP	ETR	HI	HF	Rec (mm)
Octubre	155	79	103	103	474	450	0
Noviembre	54	27	111	111	450	367	0
Diciembre	28	14	123	69	367	312	0
Enero	16	8	131	36	312	285	0
Febrero	15	8	124	17	285	275	0
Marzo	15	8	144	14	275	269	0
Abril	48	24	134	20	269	274	0
Mayo	174	89	149	71	274	293	0
Junio	335	171	98	94	293	370	0
Julio	198	101	99	98	370	373	0
Agosto	240	123	93	93	373	403	0
Septiembre	320	163	87	87	403	474	5
Total	1600	817	1396	811			5

cc: Capacidad de campo (mm ó porcentaje)

pmp: Punto de marchitez permanente (mm ó porcentaje)

Dens Ap: Densidad aparente (g/cm³)

Prof Rad: Profundidad radicular (cm)

Prec: Precipitación pluvial (mm)

Kfc: Factor de Schosinsky para la infiltración de agua

R.V.: Retención vegetal de agua

P Ef: Precipitación efectiva (mm)

ETP: Evapotranspiración potencial (mm)

ETR: Evapotranspiración real (mm)

HI: Humedad inicial al periodo (mm)

HF: Humedad final del periodo (mm)

Rec: Recarga (mm)

Cuadro 30A. Calculo de recarga hídrica al acuífero de la cuenca del Río Teculután

Isoyeta: 1600 mm

Uso de la tierra: Pasto

Suborden de suelos: Ps (Ustepts, Inceptisol) -Ls (Ustalfs, Alfisol)

cc (%) =	23.6	cc (mm) =	142	Kfc =	0.58
pmp (%) =	13.1	pmp (mm) =	79	R.V. =	0.08
Dens Ap =	1.004	Prof Rad =	60	P Ef = (0.58 x Prec)*(1-R.V.)	

MES	Prec	P Ef	ETP	ETR	HI	HF	Rec (mm)
Octubre	155	83	103	90	142	135	0
Noviembre	54	29	111	49	135	115	0
Diciembre	28	15	123	26	115	104	0
Enero	16	9	131	16	104	96	0
Febrero	15	8	124	13	96	91	0
Marzo	15	8	144	9	91	91	0
Abril	48	26	134	18	91	99	0
Mayo	174	93	149	48	99	142	1
Junio	335	179	98	98	142	142	81
Julio	198	106	99	99	142	142	6
Agosto	240	128	93	93	142	142	36
Septiembre	320	171	87	87	142	142	84
Total	1600	854	1396	646			208

cc: Capacidad de campo (mm ó porcentaje)

pmp: Punto de marchitez permanente (mm ó porcentaje)

Dens Ap: Densidad aparente (g/cm³)

Prof Rad: Profundidad radicular (cm)

Prec: Precipitación pluvial (mm)

Kfc: Factor de Schosinsky para la infiltración de agua

R.V.: Retención vegetal de agua

P Ef: Precipitación efectiva (mm)

ETP: Evapotranspiración potencial (mm)

ETR: Evapotranspiración real (mm)

HI: Humedad inicial al periodo (mm)

HF: Humedad final del periodo (mm)

Rec: Recarga (mm)

Cuadro 31A. Calculo de recarga hídrica al acuífero de la cuenca del Río Teculután

Isoyeta: 1600 mm

Uso de la tierra: Bosque

Suborden de suelos: Eo (Orthents, Entisol).

cc (%) =	23.41	cc (mm) =	541	Kfc =	0.59
pmp (%) =	15.17	pmp (mm) =	351	R.V. =	0.12
Dens Ap =	1.1553	Prof Rad =	200R.V.)	P Ef = (0.59 x Prec)*(1-	

MES	Prec	P Ef	ETP	ETR	HI	HF	Rec (mm)
Octubre	155	81	103	103	541	519	0
Noviembre	54	28	111	111	519	436	0
Diciembre	28	14	123	64	436	386	0
Enero	16	8	131	30	386	364	0
Febrero	15	8	124	14	364	358	0
Marzo	15	8	144	12	358	354	0
Abril	48	25	134	20	354	359	0
Mayo	174	91	149	77	359	372	0
Junio	335	174	98	98	372	448	0
Julio	198	103	99	99	448	451	0
Agosto	240	125	93	93	451	484	0
Septiembre	320	166	87	87	484	541	22
Total	1600	831	1396	809			22

cc: Capacidad de campo (mm ó porcentaje)

pmp: Punto de marchitez permanente (mm ó porcentaje)

Dens Ap: Densidad aparente (g/cm³)

Prof Rad: Profundidad radicular (cm)

Prec: Precipitación pluvial (mm)

Kfc: Factor de Schosinsky para la infiltración de agua

R.V.: Retención vegetal de agua

P Ef: Precipitación efectiva (mm)

ETP: Evapotranspiración potencial (mm)

ETR: Evapotranspiración real (mm)

HI: Humedad inicial al periodo (mm)

HF: Humedad final del periodo (mm)

Rec: Recarga (mm)

Cuadro 32A. Cálculo de recarga hídrica al acuífero de la cuenca del Río Teculután

Isoyeta: 1600 mm

Uso de la tierra: Pasto

Suborden de suelos: Eo (Orthents, Entisol).

cc (%) =	23.41	cc (mm) =	162	Kfc =	0.59
pmp (%) =	15.17	pmp (mm) =	105	R.V. =	0.08
Dens Ap =	1.1553	Prof Rad =	60	P Ef = (0.59 x Prec)*(1-R.V.)	

MES	Prec	P Ef	ETP	ETR	HI	HF	Rec (mm)
Octubre	155	84	103	79	162	162	6
Noviembre	54	29	111	45	162	147	0
Diciembre	28	15	123	26	147	136	0
Enero	16	9	131	17	136	127	0
Febrero	15	8	124	14	127	122	0
Marzo	15	8	144	10	122	120	0
Abril	48	26	134	17	120	129	0
Mayo	174	95	149	45	129	162	16
Junio	335	182	98	98	162	162	84
Julio	198	108	99	95	162	162	13
Agosto	240	131	93	93	162	162	38
Septiembre	320	174	87	87	162	162	87
Total	1600	868	1396	626			242

cc: Capacidad de campo (mm ó porcentaje)

pmp: Punto de marchitez permanente (mm ó porcentaje)

Dens Ap: Densidad aparente (g/cm³)

Prof Rad: Profundidad radicular (cm)

Prec: Precipitación pluvial (mm)

Kfc: Factor de Schosinsky para la infiltración de agua

R.V.: Retención vegetal de agua

P Ef: Precipitación efectiva (mm)

ETP: Evapotranspiración potencial (mm)

ETR: Evapotranspiración real (mm)

HI: Humedad inicial al periodo (mm)

HF: Humedad final del periodo (mm)

Rec: Recarga (mm)

Cuadro 33A. Cálculo de recarga hídrica al acuífero de la cuenca del Río Teculután

Isoyeta: 1200 mm

Uso de la tierra: Bosque

Suborden de suelos: Eo (Orthents, Entisol).

cc (%) =	23.41	cc (mm) =	541	Kfc =	0.59
pmp (%) =	15.17	pmp (mm) =	351	R.V. =	0.12
Dens Ap =	1.1553	Prof Rad =	200	P Ef = (0.59 x Prec)*(1-R.V.)	

MES	Prec	P Ef	ETP	ETR	HI	HF	Rec (mm)
Octubre	116	60	121	99	446	407	0
Noviembre	40	21	131	53	407	375	0
Diciembre	21	11	145	27	375	359	0
Enero	12	6	154	12	359	353	0
Febrero	11	6	146	7	353	353	0
Marzo	11	6	170	7	353	351	0
Abril	36	19	158	16	351	354	0
Mayo	131	68	175	66	354	356	0
Junio	251	131	116	83	356	404	0
Julio	149	77	117	80	404	400	0
Agosto	180	94	110	83	400	412	0
Septiembre	240	125	103	90	412	446	0
Total	1200	623	1648	623			0

cc: Capacidad de campo (mm ó porcentaje)

pmp: Punto de marchitez permanente (mm ó porcentaje)

Dens Ap: Densidad aparente (g/cm³)

Prof Rad: Profundidad radicular (cm)

Prec: Precipitación pluvial (mm)

Kfc: Factor de Schosinsky para la infiltración de agua

R.V.: Retención vegetal de agua

P Ef: Precipitación efectiva (mm)

ETP: Evapotranspiración potencial (mm)

ETR: Evapotranspiración real (mm)

HI: Humedad inicial al periodo (mm)

HF: Humedad final del periodo (mm)

Rec: Recarga (mm)

Cuadro 34A. Calculo de recarga hídrica al acuífero de la cuenca del Río Teculután

Isoyeta: 1200 mm

Uso de la tierra: Pasto

Suborden de suelos: Eo (Orthents, Entisol).

cc (%) =	23.41	cc (mm) =	162	Kfc =	0.59
pmp (%) =	15.17	pmp (mm) =	105	R.V. =	0.08
Dens Ap =	1.1553	Prof Rad =	60	P Ef = (0.59 x Prec)*(1-R.V.)	

MES	Prec	P Ef	ETP	ETR	HI	HF	Rec (mm)
Octubre	116	63	121	57	162	162	7
Noviembre	40	22	131	35	162	150	0
Diciembre	21	11	145	22	150	139	0
Enero	12	7	154	15	139	131	0
Febrero	11	6	146	12	131	125	0
Marzo	11	6	170	9	125	122	0
Abril	36	20	158	13	122	128	0
Mayo	131	71	175	31	128	162	7
Junio	251	137	116	95	162	162	41
Julio	149	81	117	67	162	162	14
Agosto	180	98	110	81	162	162	17
Septiembre	240	130	103	104	162	162	26
Total	1200	651	1648	540			111

cc: Capacidad de campo (mm ó porcentaje)

pmp: Punto de marchitez permanente (mm ó porcentaje)

Dens Ap: Densidad aparente (g/cm³)

Prof Rad: Profundidad radicular (cm)

Prec: Precipitación pluvial (mm)

Kfc: Factor de Schosinsky para la infiltración de agua

R.V.: Retención vegetal de agua

P Ef: Precipitación efectiva (mm)

ETP: Evapotranspiración potencial (mm)

ETR: Evapotranspiración real (mm)

HI: Humedad inicial al periodo (mm)

HF: Humedad final del periodo (mm)

Rec: Recarga (mm)

Cuadro 35A. Calculo de recarga hídrica al acuífero de la cuenca del Río Teculután

Isoyeta: 800 mm

Uso de la tierra: Pasto

Suborden de suelos: Eo (Orthents, Entisol).

cc (%) =	23.41	cc (mm) =	162	Kfc =	0.59
pmp (%) =	15.17	pmp (mm) =	105	R.V. =	0.08
Dens Ap =	1.1553	Prof Rad =	60	P Ef = (0.59x Prec)*(1-R.V.)	

MES	Prec	P Ef	ETP	ETR	HI	HF	Rec (mm)
Octubre	78	42	138	41	162	162	1
Noviembre	27	15	149	28	162	149	0
Diciembre	14	8	165	18	149	139	0
Enero	8	4	176	12	139	131	0
Febrero	8	4	167	10	131	125	0
Marzo	8	4	194	7	125	122	0
Abril	24	13	180	9	122	126	0
Mayo	87	47	200	19	126	153	0
Junio	168	91	132	60	153	162	22
Julio	99	54	134	47	162	162	6
Agosto	120	65	125	56	162	162	9
Septiembre	160	87	117	70	162	162	17
Total	800	434	1876	379			55

cc: Capacidad de campo (mm ó porcentaje)

pmp: Punto de marchitez permanente (mm ó porcentaje)

Dens Ap: Densidad aparente (g/cm³)

Prof Rad: Profundidad radicular (cm)

Prec: Precipitación pluvial (mm)

Kfc: Factor de Schosinsky para la infiltración de agua

R.V.: Retención vegetal de agua

P Ef: Precipitación efectiva (mm)

ETP: Evapotranspiración potencial (mm)

ETR: Evapotranspiración real (mm)

HI: Humedad inicial al periodo (mm)

HF: Humedad final del periodo (mm)

Rec: Recarga (mm)

Cuadro 36A. Cálculo de recarga hídrica al acuífero de la cuenca del Río Teculután

Isoyeta: 800 mm

Uso de la tierra: Bosque

Suborden de suelos: Ep (Psamments, Entisol) - Ef (Fluvents, Entisol) - Ps (Ustepts, Inceptisol) - Eo (Orthents, Entisol)

cc (%) =	23.573	cc (mm) =	545	Kfc =	0.63
pmp (%) =	12.68	pmp (mm) =	293	R.V. =	0.12
Dens Ap =	1.1553	Prof Rad =	200	P Ef = (0.63x Prec)*(1-R.V.)	

MES	Prec	P Ef	ETP	ETR	HI	HF	Rec (mm)
Octubre	78	43	138	70	377	350	0
Noviembre	27	15	149	43	350	322	0
Diciembre	14	8	165	24	322	306	0
Enero	8	5	176	12	306	298	0
Febrero	8	4	167	6	298	296	0
Marzo	8	4	194	6	296	295	0
Abril	24	13	180	11	295	297	0
Mayo	87	48	200	42	297	304	0
Junio	168	93	132	55	304	342	0
Julio	99	55	134	55	342	342	0
Agosto	120	67	125	57	342	351	0
Septiembre	160	89	117	63	351	377	0
Total	800	444	1876	444			0

cc: Capacidad de campo (mm ó porcentaje)

pmp: Punto de marchitez permanente (mm ó porcentaje)

Dens Ap: Densidad aparente (g/cm³)

Prof Rad: Profundidad radicular (cm)

Prec: Precipitación pluvial (mm)

Kfc: Factor de Schosinsky para la infiltración de agua

R.V.: Retención vegetal de agua

P Ef: Precipitación efectiva (mm)

ETP: Evapotranspiración potencial (mm)

ETR: Evapotranspiración real (mm)

HI: Humedad inicial al periodo (mm)

HF: Humedad final del periodo (mm)

Rec: Recarga (mm)

Cuadro 37A. Cálculo de recarga hídrica al acuífero de la cuenca del Río Teculután

Isoyeta: 800 mm

Uso de la tierra: Pasto

Suborden de suelos: Ep (Psamments, Entisol) - Ef (Fluvents, Entisol) - Ps (Ustepts, Inceptisol) - Eo (Orthents, Entisol)

cc (%) =	23.573	cc (mm) =	143	Kfc =	0.63
pmp (%) =	12.68	pmp (mm) =	77	R.V. =	0.08
Dens Ap =	1.008	Prof Rad =	60	P Ef = (0.63 x Prec)*(1-R.V.)	

MES	Prec	P Ef	ETP	ETR	HI	HF	Rec (mm)
Octubre	78	45	138	53	143	135	0
Noviembre	27	16	149	33	135	118	0
Diciembre	14	8	165	20	118	106	0
Enero	8	5	176	13	106	98	0
Febrero	8	4	167	10	98	92	0
Marzo	8	4	194	7	92	90	0
Abril	24	14	180	10	90	94	0
Mayo	87	51	200	22	94	122	0
Junio	168	97	132	71	122	143	6
Julio	99	57	134	61	143	139	0
Agosto	120	70	125	70	139	139	0
Septiembre	160	93	117	87	139	143	2
Total	800	464	1876	456			8

cc: Capacidad de campo (mm ó porcentaje)

pmp: Punto de marchitez permanente (mm ó porcentaje)

Dens Ap: Densidad aparente (g/cm³)

Prof Rad: Profundidad radicular (cm)

Prec: Precipitación pluvial (mm)

Kfc: Factor de Schosinsky para la infiltración de agua

R.V.: Retención vegetal de agua

P Ef: Precipitación efectiva (mm)

ETP: Evapotranspiración potencial (mm)

ETR: Evapotranspiración real (mm)

HI: Humedad inicial al periodo (mm)

HF: Humedad final del periodo (mm)

Rec: Recarga (mm)

Cuadro 38A. Cálculo de recarga hídrica al acuífero de la cuenca del Río Teculután

Isoyeta: 800 mm

Uso de la tierra: Cultivos agrícolas

Suborden de suelos: Ep (Psamments, Entisol) - Ef (Fluvents, Entisol) - Ps (Ustepts, Inceptisol) - Eo (Orthents, Entisol)

cc (%) =	23.573	cc (mm) =	119	Kfc =	0.63
pmp (%) =	12.68	pmp (mm) =	64	R.V. =	0.06
Dens Ap =	1.008	Prof Rad =	50R.V.)	P Ef = (0.63 x Prec)*(1-	

MES	Prec	P Ef	ETP	ETR	HI	HF	Rec (mm)
Octubre	78	46	138	40	119	119	6
Noviembre	27	16	149	26	119	109	0
Diciembre	14	8	165	18	109	99	0
Enero	8	5	176	13	99	92	0
Febrero	8	5	167	11	92	85	0
Marzo	8	5	194	7	85	83	0
Abril	24	14	180	10	83	87	0
Mayo	87	52	200	20	87	118	0
Junio	168	99	132	64	118	119	35
Julio	99	59	134	47	119	119	12
Agosto	120	71	125	56	119	119	16
Septiembre	160	95	117	70	119	119	25
Total	800	474	1876	381			93

cc: Capacidad de campo (mm ó porcentaje)

pmp: Punto de marchitez permanente (mm ó porcentaje)

Dens Ap: Densidad aparente (g/cm³)

Prof Rad: Profundidad radicular (cm)

Prec: Precipitación pluvial (mm)

Kfc: Factor de Schosinsky para la infiltración de agua

R.V.: Retención vegetal de agua

P Ef: Precipitación efectiva (mm)

ETP: Evapotranspiración potencial (mm)

ETR: Evapotranspiración real (mm)

HI: Humedad inicial al periodo (mm)

HF: Humedad final del periodo (mm)

Rec: Recarga (mm)

Cuadro 39A. Cálculo de recarga hídrica al acuífero de la cuenca del Río Teculután

Isoyeta: 800 mm

Uso de la tierra: Centros poblados

Suborden de suelos: Ep (Psamments, Entisol) - Ef (Fluvents, Entisol) - Ps (Ustepts, Inceptisol) - Eo (Orthents, Entisol)

cc (%) =	23.573	cc (mm) =	143	Kfc =	0.63
pmp (%) =	12.68	pmp (mm) =	77	R.V. =	0.08
Dens Ap =	1.0085	Prof Rad =	60	P Ef = (0.63 x Prec)*(1-R.V.)	

MES	Prec	P Ef	ETP	ETR	HI	HF	Rec (mm)
Octubre	78	45	138	53	143	135	0
Noviembre	27	16	149	33	135	118	0
Diciembre	14	8	165	20	118	106	0
Enero	8	5	176	13	106	98	0
Febrero	8	4	167	10	98	92	0
Marzo	8	4	194	7	92	90	0
Abril	24	14	180	10	90	94	0
Mayo	87	51	200	22	94	122	0
Junio	168	97	132	71	122	143	6
Julio	99	57	134	61	143	139	0
Agosto	120	70	125	70	139	139	0
Septiembre	160	93	117	87	139	143	2
Total	800	464	1876	456			7

cc: Capacidad de campo (mm ó porcentaje)

pmp: Punto de marchitez permanente (mm ó porcentaje)

Dens Ap: Densidad aparente (g/cm³)

Prof Rad: Profundidad radicular (cm)

Prec: Precipitación pluvial (mm)

Kfc: Factor de Schosinsky para la infiltración de agua

R.V.: Retención vegetal de agua

P Ef: Precipitación efectiva (mm)

ETP: Evapotranspiración potencial (mm)

ETR: Evapotranspiración real (mm)

HI: Humedad inicial al periodo (mm)

HF: Humedad final del periodo (mm)

Rec: Recarga (mm)



CAPITULO III

SERVICIOS PROFESIONALES Y DE ASISTENCIA TECNICA EN APOYO A LA ASOCIACION DE DESARROLLO INTEGRAL DE LAS COMUNIDADES DE TECULUTAN –ADICOMTEC- DENTRO DEL MARCO DEL PROYECTO PESH, CONSORCIO CARE-WWF, TECULUTAN ZACAPA

3.1 Presentación

En Guatemala la dinámica social y la búsqueda de la sobrevivencia en la obtención de los alimentos ha profundizado la problemática del cambio de uso de las tierras especialmente en áreas con suelos con una vocación forestal, poco profundos, poca fertilidad y alta pendiente, lo que ha provocado que la frontera agrícola avance cada vez más a las cabeceras de cuencas sin tomar en cuenta que se está destruyendo la biodiversidad y se provoca un desequilibrio en el balance hídrico, dando como resultado la pérdida de zona de recarga hídrica que repercute en las partes bajas con escasez de agua, o como efecto del cambio de uso de suelo se provoca grandes contaminaciones por procesos de erosión de los suelos y acumulación en la parte baja.

Tomando en cuenta la problemática que se vive en las diversas cuencas del país, en la actualidad se implementa un proyecto piloto en la Subcuenca Teculután, en el departamento de Zacapa, la cual tiene la finalidad de proporcionar equidad en los beneficios a nivel de subcuenca, entre usuarios y proveedores de los servicios hidrológicos y con ello contribuir al manejo racional de los recursos naturales dentro de la Subcuenca, por lo anterior, el consorcio WWF – CARE, uniendo esfuerzos a nivel global para la implementación de un esquema de compensación equitativa por servicios hidrológicos en nuestro país, donde a partir de Julio del año 2008 inició la implementación de la segunda fase del proyecto pago equitativo por servicio hidrológico –PESH- con la finalidad de recuperar aquellas áreas dentro de la subcuenca Teculután que han experimentado un cambio de uso considerable y que contribuyen a procesos de erosión y afectan en la parte baja de la Subcuenca a los sistemas de agua entubada y con ello provoca grandes gastos a la municipalidad de Teculután, Zacapa.

Uno de los componentes principales para el proceso de compensación de los servicios hidrológicos para los proveedores de los servicios hidrológicos, es el componente agrícola, el cual se implemento con la Asociación de Desarrollo Integral Agropecuario de las Comunidades de Teculután, -ADICOMTEC-, bajo un sistema de producción

intensiva, especialmente cultivos de exportación, en este caso se trabajo con el cultivo de Odra de la variedad Clemson, cultivándose con destino al mercado internacional, con fines de socializar todos los procesos técnicos y administrativos alrededor de este componente durante el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), se presenta a continuación los servicios que describe los diferentes procesos y actividades realizadas como aporte de servicios profesionales y técnicos.

3.2 Servicio 1 : Delimitacion de Zonas de Manejo Especificas en 10 hectáreas Cultivadas con Odra (*Abelmoschus sculentus* (L.) Moench) en la Cuenca Baja del Rio Teculután, Zacapa.

3.2.1 Introducción

La agricultura moderna demanda pleno conocimiento y ejecución de mejores prácticas de manejo (BMP) para sostener los índices de productividad y reducir el impacto ambiental. El enfoque de cuencas abre enormes posibilidades para generar una sostenibilidad productiva y reducción significativa del impacto ambiental, así como la valoración de recursos que necesitan ser conservados en las partes altas de las cuencas y que son la clave para la sostenibilidad agrícola en las partes bajas de éstas. Tradicionalmente, las prácticas de manejo de un cultivo se realizan de manera uniforme en toda la plantación, sin considerar la variabilidad inherente del suelo y microclima. Todos los cultivos responden a la implementación de mejores prácticas y la odra no es la excepción.

El conocimiento y manejo del suelo de acuerdo a sus características físico-químicas, determina la eficiencia de las actividades de nutrición vegetal y en gran parte de la frecuencia e intensidad del riego. El historial de los factores limitantes es distinto tanto en tiempo como en espacio; por lo tanto, su remediación debe ser distinta también. Idealmente, sería necesario manejar cada planta, de odra en este caso, de una manera única cada vez que se siembre en un mismo terreno, pero los costos inherentes a un manejo de este tipo lo hacen prohibitivo en estos momentos; por el contrario, y gracias a que la ciencia y tecnología moderna ofrecen la ventaja de métodos de agricultura de

precisión, que en este caso se basa en utilizar alta intensidad de muestreo de suelos y métodos estadísticos geoespaciales para construir mapas de alta precisión que indicarán las zonas de manejo de acuerdo a la capacidad productiva del suelo en sí y a la del productor. En este caso, la Asociación de Desarrollo Integral Agropecuario de las Comunidades de Teculután –ADICOMTEC- , tendrá a su disposición una herramienta para optimizar el diseño de los sistemas de riego y la aplicación de nutrimentos, especialmente macro-nutrimentos, evitando aplicar en exceso o con déficit.

En Guatemala, la oca es producida en zonas con climas cálidos como Zacapa, Escuintla, Santa Rosa Retalhuleu e Izabal y alcanza unas 6,000 TM por año (Okra, Ficha / 33 / UE, MINECO, Guatemala, s/a). Dadas las características del cultivo, el rendimiento potencial puede llegar hasta casi 12 TM/ha con un rendimiento exportable de más de 1,000 cajas (15lb) por hectárea. La producción sostenible de oca en estas localidades ocupa una fuente continua de agua para riego, y cantidades precisas de nutrimentos para maximizar el rendimiento y reducir la lixiviación de estos a las fuentes de agua, en este caso al río Teculután.

3.2.2 Objetivos

- Construir un mapa perimetral digital geo-referenciado de una finca de ocra localizada en Teculután, Zacapa.
- Desarrollar mapas de zonas de manejo para N-P-K-pH, MO y otros elementos basado en los niveles actuales de los suelos.

3.2.3 Metodología

3.2.3.1 Georeferenciación y Delimitación de la Finca de Ocra

La georeferenciación y delimitación de la finca de Ocra se realizó con un GPS Trimble Nomad de alta precisión. Los datos fueron procesados y analizados utilizando el sistema de información geográfica ArcGIS versión 9.3.

3.2.3.2 Estrategia de muestreo de suelos

La finca de ocra fue muestreada en 92 puntos utilizando una estrategia de muestreo en cuadrícula de 34X34 m (~0.12 ha). Esta estrategia de muestreo es la más comúnmente utilizada para el muestreo de nutrientes del suelo por ser una estrategia de muestreo sistemática que permite que los patrones de fertilidad existentes y los niveles dentro de estos patrones sean reproducidos sin sesgo. La finca de ocra fue cuadrículada y se calculó el centro de cada cuadrícula utilizando el sistema de información geográfica Arc GIS versión 9.3. El mapa con los centros de cada cuadrícula fue importada al GPS Trimble Nomad de alta precisión para navegar en el campo a los puntos de recolección de muestras (Figura 19).

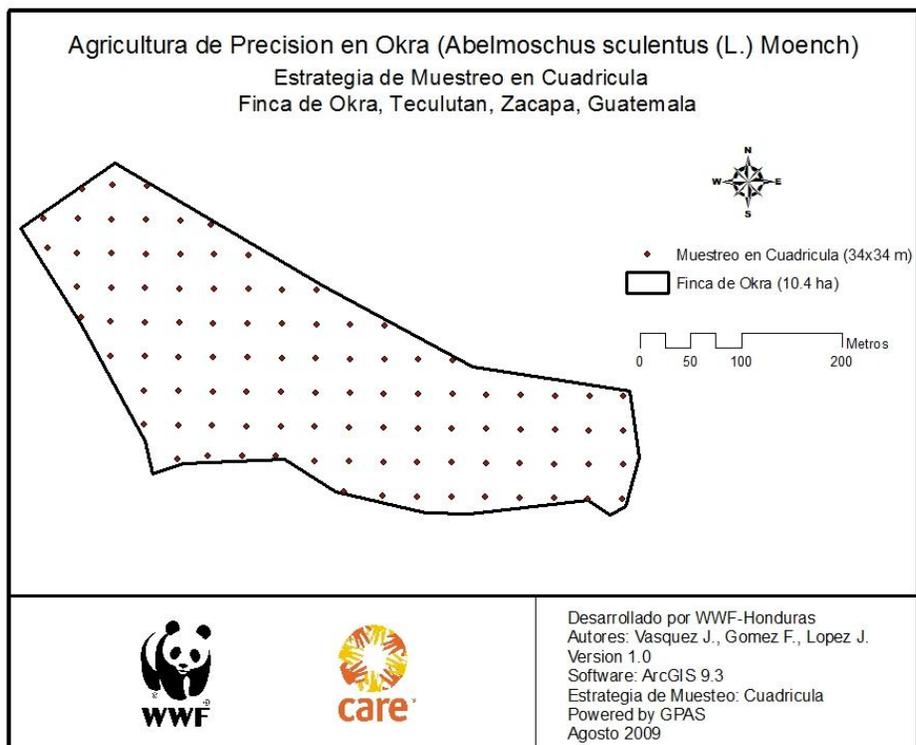


Figura 19. Estrategia de muestreo en cuadrícula adoptada en la finca de okra, Teculután, Zacapa.

3.2.3.3 Muestreo de suelos

Se recolectaron 92 muestras compuestas de suelo siguiendo la estrategia de muestreo en cuadrícula definida. Cada muestra estaba compuesta por 5-10 sub-muestras recolectadas alrededor del centro de cada cuadrícula definida. Las muestras fueron recolectadas utilizando muestreadores manuales de sonda y/o barreno. Las Muestras compuestas fueron empacadas, codificadas y enviadas al laboratorio para su análisis físico-químico (Figura 2).



Figura 20. Muestreo de suelos con sondas y barrenos en la finca de ocra, Teculután, Zacapa.

3.2.3.4 Análisis de muestras en laboratorio

Las muestras de suelo fueron analizadas en el Laboratorio Químico Agrícola de la FHIA, Honduras, el cual está acreditado según la norma ISO/IEC-17025 donde se les realizó su análisis físico-químico, incluyendo textura de suelo, pH, M.O., N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu y Zn.

3.2.3.5 Procesamiento, análisis y mapeo de zonas de manejo

Los resultados del laboratorio fueron doblemente tabulados en Microsoft Excel para comparar, detectar y corregir errores en la tabulación de datos. Una vez tabulados y corregidos los datos, se verificó la existencia de estructuras de correlación espacial y el cumplimiento del supuesto de estacionalidad de cada variable, utilizando el sistema de información geográfica Arc GIS versión 9.3. Los mapas de la variabilidad espacial de cada parámetro del suelo analizado y la determinación de zonas de manejo fueron generados utilizando las técnicas espaciales y geoestadísticas de interpolación, disponibles en las herramientas de análisis espacial del sistema de información geográfica Arc GIS versión 9.3.

3.2.4 Resultados

3.2.4.1 Georeferenciación y Delimitación de la Finca de Okra

La Finca de okra tiene una extensión de 10.41 ha y un perímetro de 1,564.8 m. Se encuentra ubicada en las cercanías de la ciudad de Teculután, Zacapa, Guatemala, a los 14.997873 grados en su extremo norte, 14.994781 grados en su extremo sur, -89.723558 en su extremo este y -89.729227 en su extremo oeste (Figura 3).

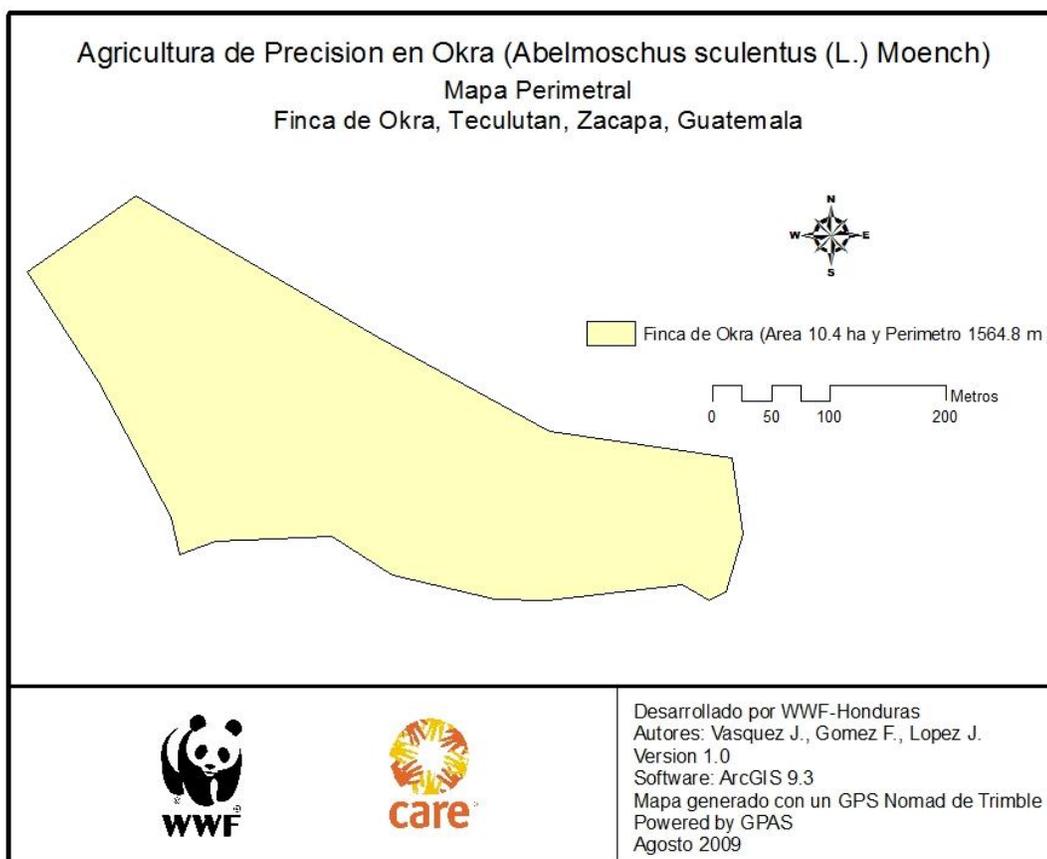


Figura 21. Delimitación de la Finca de Okra, Teculután, Zacapa.

La Finca de okra se encuentra ubicada a una elevación entre los 250 y los 260 msnm. Su topografía es relativamente plana en el 80% de su área con pendientes menores al 5%. Aproximadamente el 20% de su área central presenta pendientes hasta del 12% en promedio (Figura 22).



Figura 22. Finca de Ocra, Teculután, Zacapa.

3.2.4.2 Textura del Suelo

La textura del suelo está determinada por la proporción en la que se encuentran las partículas elementales del suelo. Las partículas más pequeñas son la arcilla con diámetros menores de 0,002 mm. Le siguen las partículas limo con diámetros entre 0,002 y 0,05 mm. Y las más grandes son la arena con tamaño de las partículas mayores a 0,05 mm. La influencia que estas tienen en las propiedades de los suelos son la aeración del terreno, la permeabilidad, la capacidad de retención del agua y nutrientes, facilidad de laboreo del suelo, los niveles de erosión, etc. De acuerdo con Díaz, et.al (2007) los rendimientos óptimos del cultivo de oca se obtienen en suelos con textura franco arcillosa, alcanzando una producción de 14.3 a 18.1 t ha⁻¹. La producción baja a 3 a 9.8 t ha⁻¹ en suelos con textura arcillosa. Según Moreno (2007) y Montes (1997) la oca exige suelos bien drenados para evitar la asfixia radicular, de textura franco-arenosa y con un buen nivel de materia orgánica.

Según la metodología de clasificación textural del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (clasificación USDA) los suelos en las 10.4 ha cultivadas con oca tienen dos tipos de textura: suelos franco-arenosos y suelos franco-areno-arcillosos, siendo los primeros los predominantes (Figura 5).

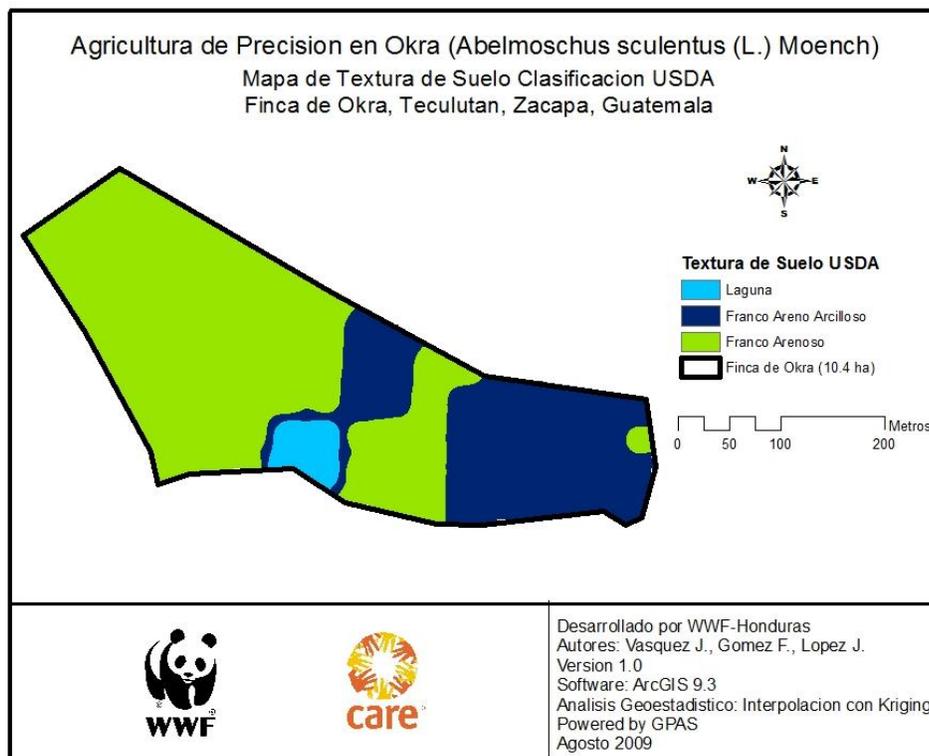


Figura 23. Variabilidad en la textura del suelo según la clasificación USDA en las 10.4 ha cultivadas con Okra en Teculután, Zacapa, Guatemala (suelos franco-arenosos y suelos franco-areno-arcillosos)

3.2.4.3 Contenido de Materia Orgánica

La materia orgánica contribuye al crecimiento vegetal mediante sus efectos en las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo. Constituye la principal fuente natural de nitrógeno, fósforo y azufre; mejora la estructura del suelo favoreciendo las actividades de labranza, aireación, retención de humedad y resistencia a la erosión; y favorece la actividad microbiana fundamentalmente en los procesos de mineralización de nutrientes. En el presente estudio, los niveles de materia orgánica encontrados fueron bajos en la mayoría del terreno, variando en un rango de 0-4% (Figura 6). Aunque el cultivo de okra es favorecido cuando se cultiva en suelos con altos contenidos de materia orgánica, este cultivo no es muy exigente en materia orgánica. Bajo las condiciones de suelos de esta finca, resultara beneficioso adicionar cualquier tipo de material orgánico en estos suelos de textura liviana.

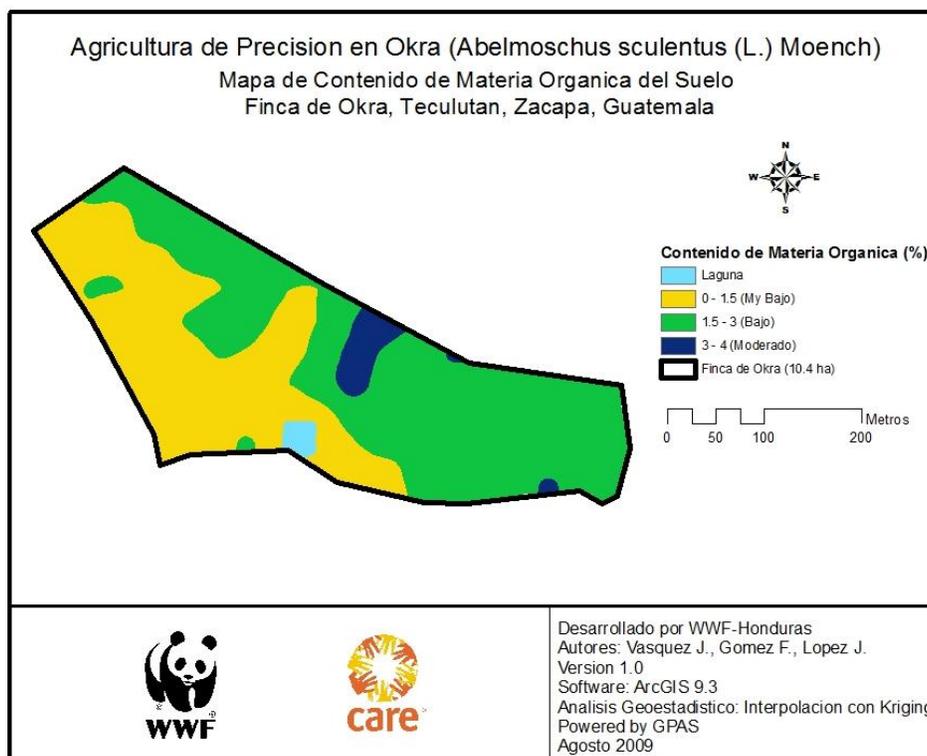


Figura 24. Variabilidad en el contenido de materia orgánica en los suelos de las 10.4 ha cultivadas con Okra en Teculután, Zacapa. (El contenido de materia orgánica varió en un rango de 0-4%).

3.2.4.4 pH del Suelo

El pH de suelo mide el nivel de acidez o alcalinidad de un suelo. Según Cuellar (2005) el pH óptimo para el cultivo de la okra es de 6 – 7. Un pH no adecuado puede impedir la correcta absorción de los nutrientes bien porque estos no se encuentran disponibles en el suelo (fijación de nutrientes principalmente el fosforo) o bien porque las raíces se encuentran incapaces de absorberlos (toxicidad de aluminio). Los resultados del presente estudio mostraron una variabilidad en pH de suelo en el rango de 5.5 hasta 7 (Figura 7).

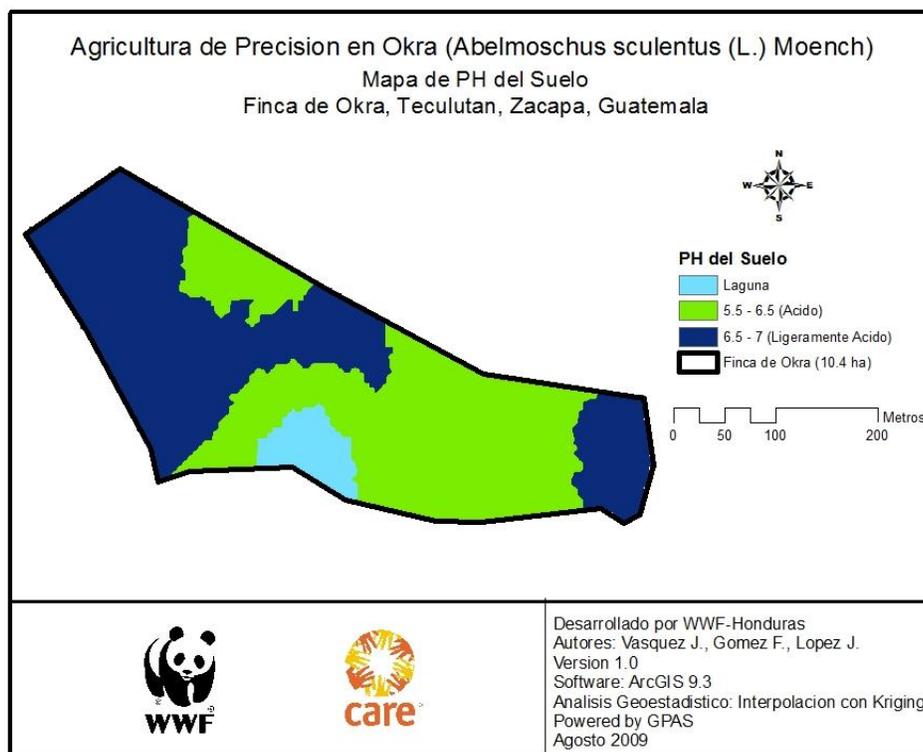


Figura 25. Variabilidad en el pH del Suelo en las 10.4 ha cultivadas con Ocrá en Teculután, Zacapa. (El pH varió en un rango de 5.5 – 7.0).

3.2.4.5 Zonas de Manejo de Nitrógeno

La definición de zonas de manejo para nitrógeno se torna un reto debido a la dinámica impredecible tanto en las entradas de nitrógeno al suelo provenientes de la mineralización de la materia orgánica del suelo, como en las pérdidas por denitrificación, lixiviación y volatilización en suelos agrícolas.

Zonas de manejo para nitrógeno pueden ser definidas utilizando una variedad de métodos directos e indirectos. Los métodos directos como el análisis de suelo en laboratorios miden los niveles actuales de N en el suelo, pero son normalmente más costosos. Los métodos indirectos incluyendo topografía, fotos aéreas, imágenes satelitales, sensores de conductividad eléctrica del suelo, mapas de rendimiento, mapas de clasificación de suelos, no miden los niveles de nitrógeno propiamente dichos, pero sí otros parámetros correlacionados. Cada método puede ser utilizado individualmente o complementarse entre sí.

Los métodos directos tienen menor probabilidad de generar resultados sesgados especialmente cuando se utiliza una estrategia intensiva de muestreo en cuadrícula, como en el caso del presente estudio. Los resultados revelaron una clara variabilidad en los contenidos de nitrógeno disponible en el rango de 0 a 90 kg ha⁻¹. Esta variabilidad en nitrógeno hace factible la definición de zonas de manejo y la formulación de planes de fertilización óptimos posibilitando un ahorro significativo en las aplicaciones de fertilizante nitrogenado (Figura 8). Según Cuellar (2005) para una producción promedio de 9,500 kg ha⁻¹ en Centro América el cultivo de la oca requiere 90 kg ha⁻¹ de nitrógeno.

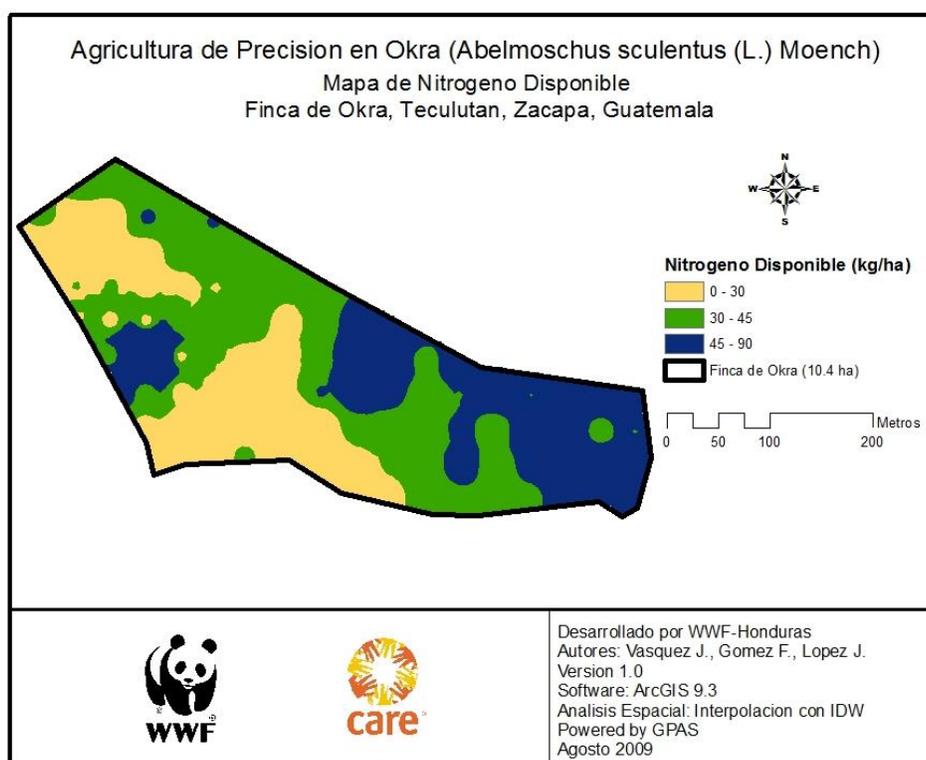


Figura 26. Variabilidad en los contenidos de Nitrógeno mineralizable en los suelos de las 10.4 ha cultivadas con Oca en Teculután, Zacapa. (El nitrógeno disponible varió en el rango de 0 a 90 kg ha⁻¹).

3.2.4.6 Zonas de Manejo de Fosforo

La definición de zonas de manejo para fosforo es menos complicada en comparación con las de nitrógeno. Los resultados revelaron bajos contenidos de fosforo en todo el terreno de la finca, variando en un rango de 0-20 kg ha⁻¹ (Figura 9). Según Cuellar (2005) para una producción promedio de 9,500 kg ha⁻¹ en Centro América el cultivo de la oca requiere 90-150 kg ha⁻¹ de P₂O₅, dependiendo de los niveles disponibles en el suelo reportados en el análisis de suelo.

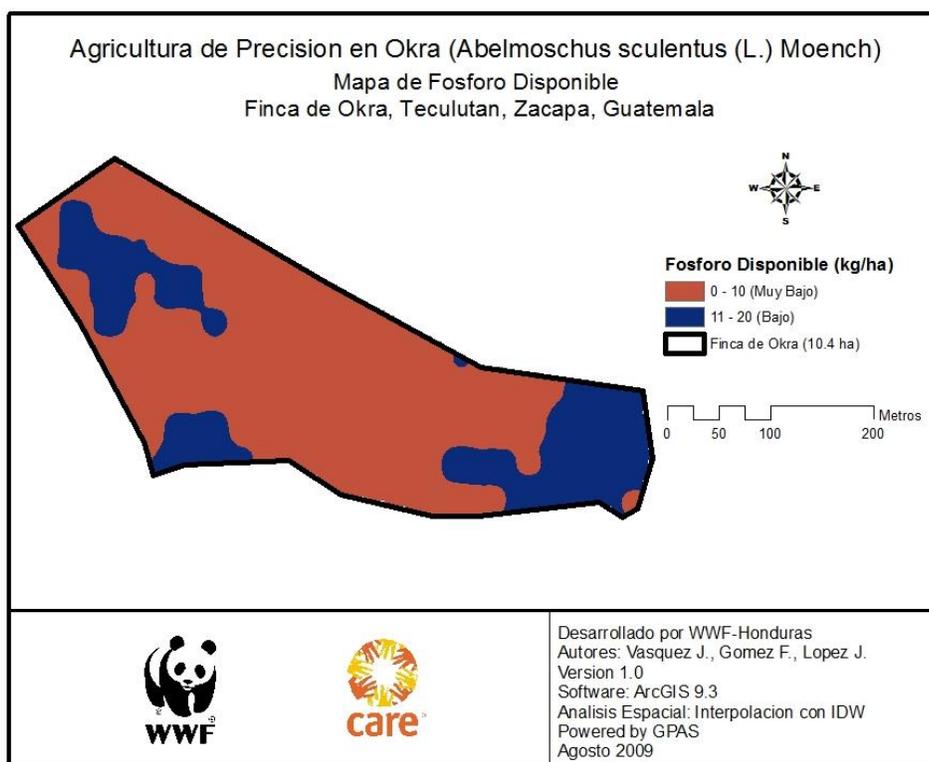


Figura 27. Variabilidad en los contenidos de Fosforo Disponible en los suelos de las 10.4 ha cultivadas con Oca en Teculután, Zacapa. (El fosforo disponible varió en el rango de 0 a 20 kg ha⁻¹).

3.2.4.7 Zonas de Manejo de Potasio

Al igual que en fósforo, la definición de zonas de manejo para potasio es menos complicada en comparación con las de nitrógeno. Los resultados revelaron una mayor variabilidad en los contenidos de potasio en comparación a N y P, los cuales variaron en un rango de 50-400 kg ha⁻¹ (Figura 10). Según Cuellar (2005) para una producción promedio de 9,500 kg ha⁻¹ en Centro América el cultivo de la oca requiere 60-180 kg ha⁻¹ de K₂O dependiendo del análisis de suelo. Los niveles de potasio encontrados representan la oportunidad de formular planes de fertilización óptimos permitiendo un ahorro significativo en las aplicaciones de fertilizante.

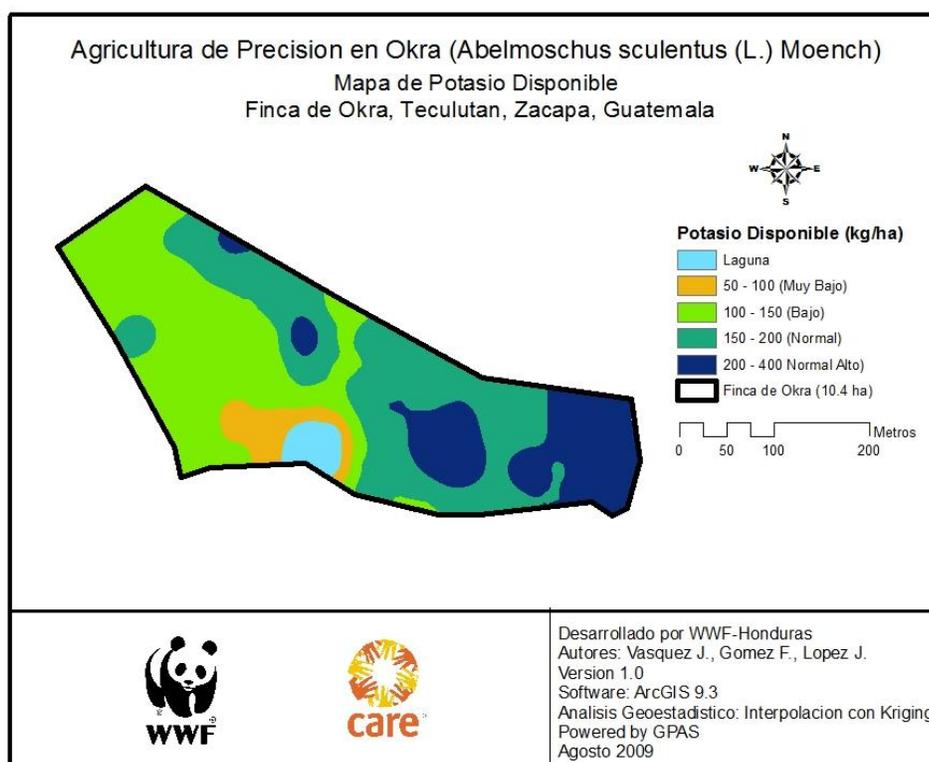


Figura 28. Variabilidad en los contenidos de Potasio Disponible en los suelos de las 10.4 ha cultivadas con Oca en Teculután, Zacapa. (El potasio disponible varió en el rango de 50 a 400 kg ha⁻¹).

3.2.4.8 Zonas de Manejo para elementos menores y micro-elementos:

Los elementos menores (Ca y Mg) y los micro elementos (Fe, Mn, Cu y Zn), no son menos importantes a los macro elementos (N, P y K). Su nombre únicamente implica que estos elementos son requeridos por los cultivos en cantidades mucho menores que los macro elementos. Aun así, la deficiencia o exceso de los mismos puede convertirse en un factor limitante de la producción.

Similarmente a los macro elementos, se observó que tanto los elementos menores como los micro-elementos variaron a lo largo y ancho del campo cultivado con oca. Los niveles de calcio variaron en un rango de 1000-5000 kg ha⁻¹, siendo estos bastante normales para agricultura (Figura 11). Los niveles de magnesio variaron en un rango de 150-1500 kg ha⁻¹, siendo estos bastante normales para agricultura (Figura 12). Los niveles de hierro variaron en un rango de 15-110 kg ha⁻¹, siendo estos niveles bastante normales para agricultura en la mitad sur oeste del campo (Fe<32 kg ha⁻¹) pero altos en el resto del campo (Fe>32 kg ha⁻¹) (Figura 13). Los niveles de manganeso variaron en un rango de 20-90 kg ha⁻¹, siendo estos niveles altos para agricultura (Figura 14). Los niveles de cobre variaron en un rango de 0-16 kg ha⁻¹, siendo estos niveles normales para agricultura en la mitad oeste del campo (Cu<10 kg ha⁻¹) y altos en la mitad este del campo (Cu>10 kg ha⁻¹) (Figura 15). Finalmente los niveles de zinc variaron en un rango de 0-3 kg ha⁻¹, siendo estos bastante bajos para agricultura (Figura 16).

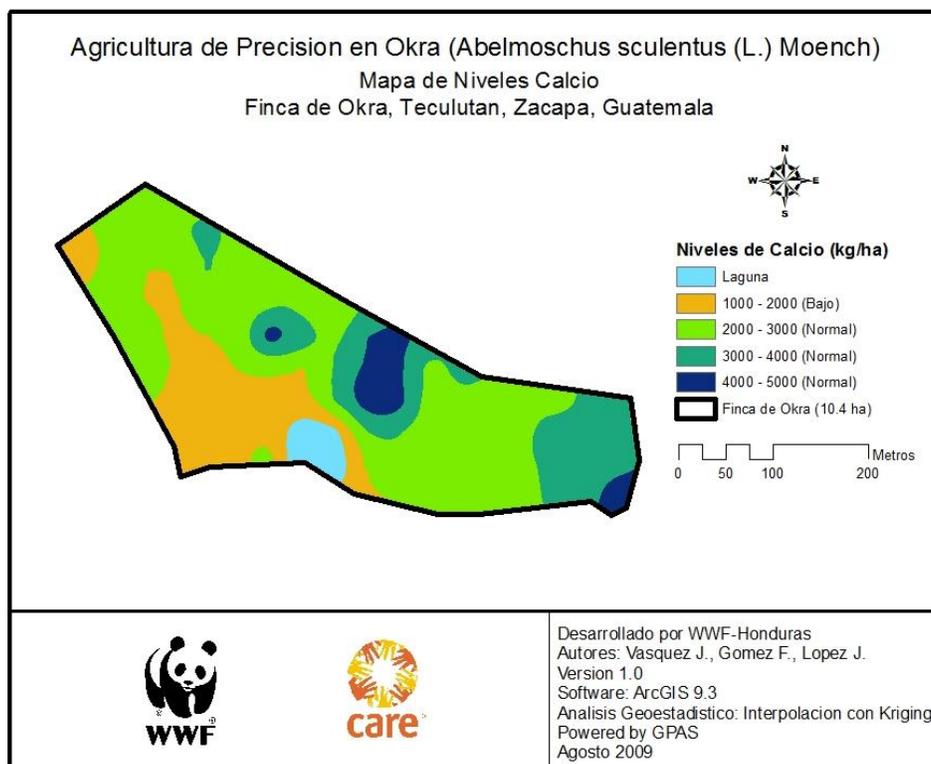


Figura 29. Variabilidad en los contenidos de Calcio en los suelos de las 10.4 ha cultivadas con Okra en Teculután, Zacapa, Guatemala (el calcio varió en el rango de 1000 a 5000 kg ha⁻¹).

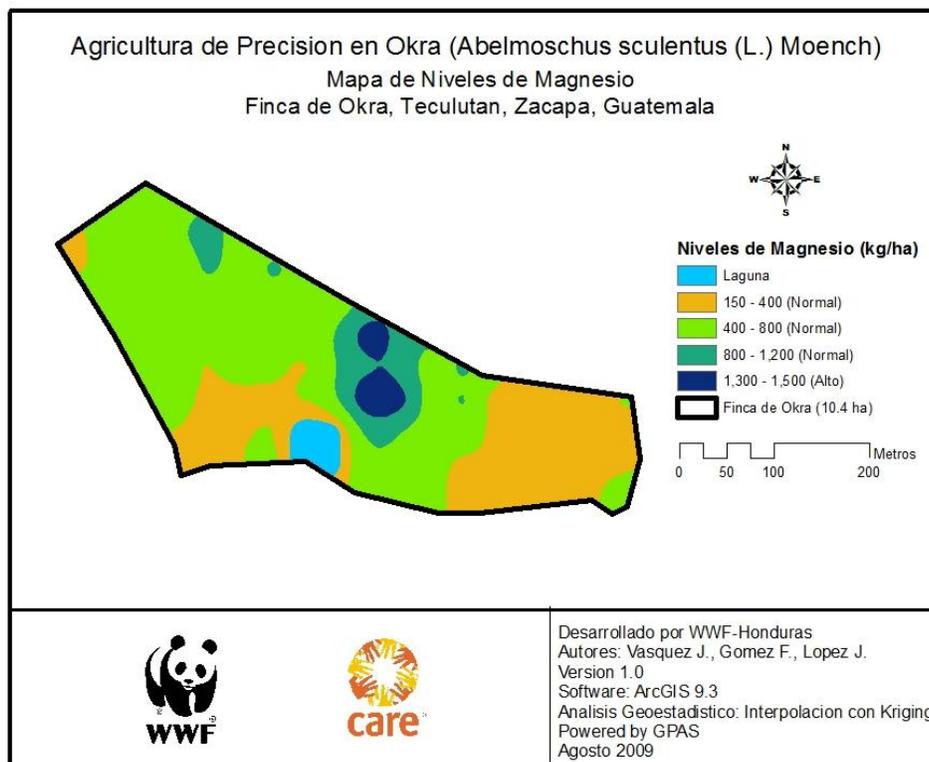


Figura 30. Variabilidad en los contenidos de Magnesio en los suelos de las 10.4 ha cultivadas con Oca en Teculután, Zacapa, Guatemala (el magnesio varió en el rango de 150 a 1550 kg ha⁻¹).

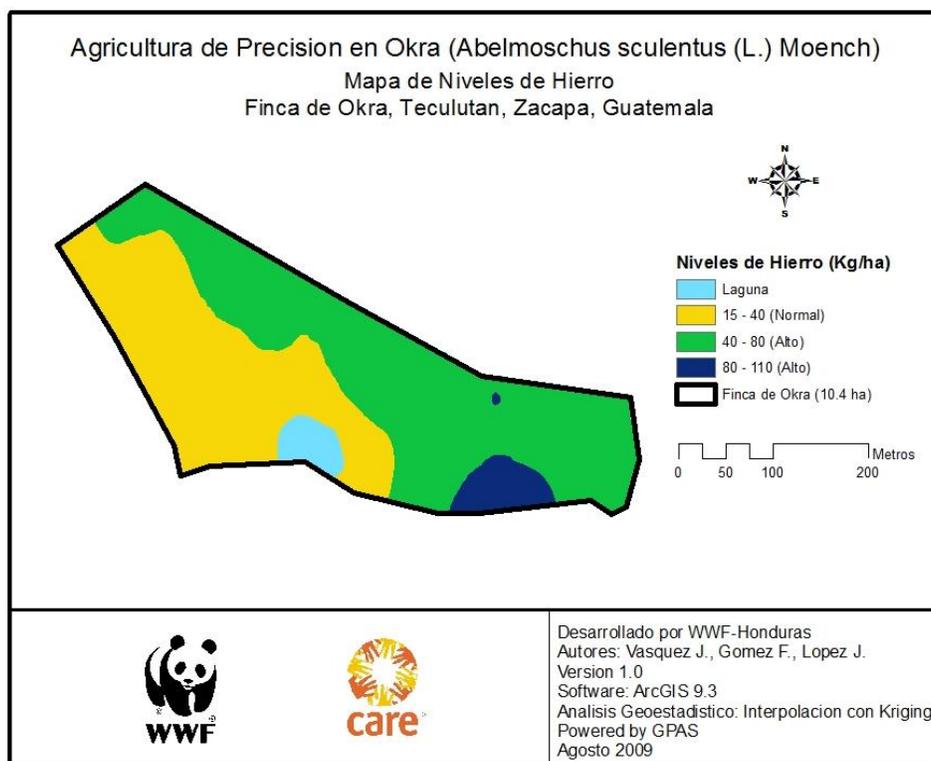


Figura 31. Variabilidad en los contenidos de Hierro en los suelos de las 10.4 ha cultivadas con Okra en Teculután, Zacapa, Guatemala (el hierro varió en el rango de 15 a 110 kg ha⁻¹).

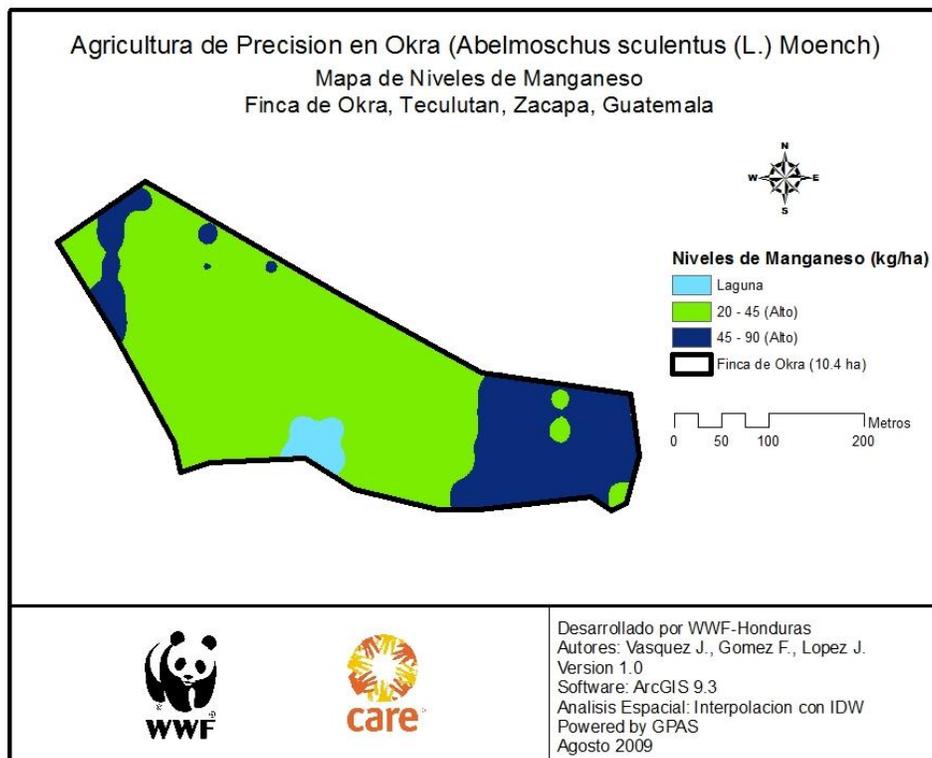


Figura 32. Variabilidad en los contenidos de Manganeso en los suelos de las 10.4 ha cultivadas con Oca en Teculután, Zacapa, Guatemala (el manganeso varió en el rango de 20 a 90 kg ha⁻¹).

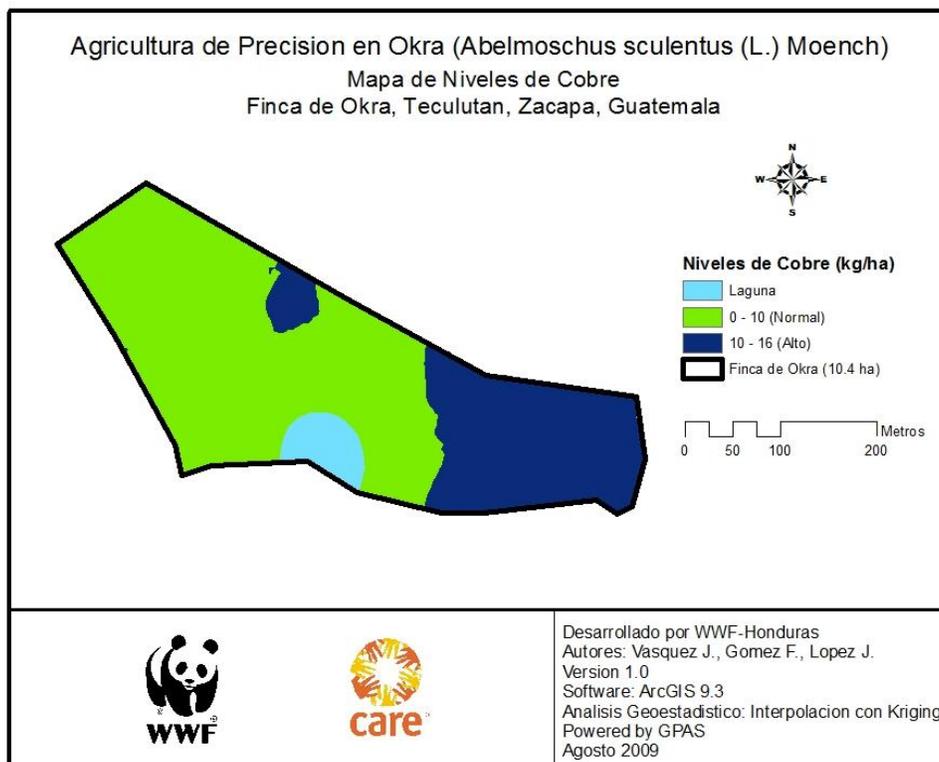


Figura 33. Variabilidad en los contenidos de Cobre en los suelos de las 10.4 ha cultivadas con Oca en Teculután, Zacapa, Guatemala (el cobre varió en el rango de 0 a 16 kg ha⁻¹).

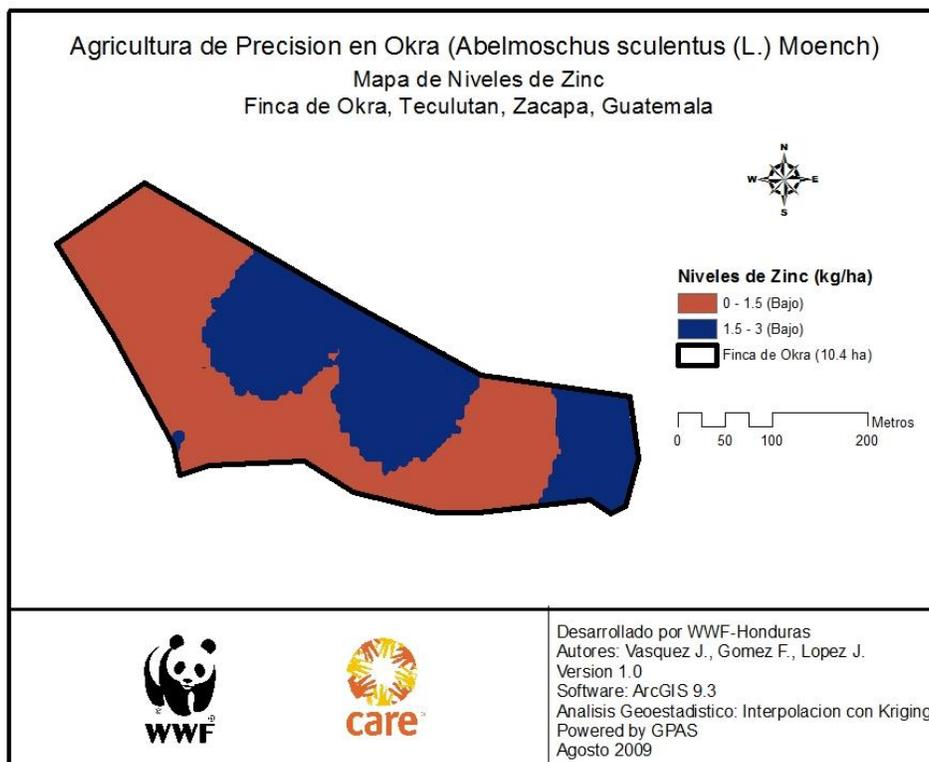


Figura 34. Variabilidad en los contenidos de Zinc en los suelos de las 10.4 ha cultivadas con Oca en Teculután, Zacapa, Guatemala (el cobre varió en el rango de 0 a 3 kg ha⁻¹).

3.3 Servicio 2: Proyecto Conservación de los Recursos Naturales y Mejoramiento de Ingresos de las Familias de la subcuenca del Río Teculután.

3.3.1 Antecedentes

El proyecto “Conservación de los Recursos Naturales y Mejoramiento de Ingresos de las familias de la subcuenca del Río Teculután” surge como respuesta a procesos de complementariedad con el actual proyecto de Compensación Equitativa por Servicios Ambientales que se implementa en la microcuenca de Teculután; especialmente mejorara los procesos de conservación ambiental a través de la implementación de proyectos productivos que contribuyan a mejorar los ingresos familiares; estos proyectos, son la base para la reactivación de procesos económicos en la microcuenca para familias de escasos recursos económicos que dependen casi en su totalidad de fuentes de trabajo externas a sus comunidades. En el corto plazo, los proyectos de riegos y producción de tilapia serán un aliciente económico para las familias participantes, sin embargo en el mediano y largo plazo el proyecto de siembra de árboles frutales en sus huertas, permitirá el mejoramiento de la seguridad alimentaria y la generación de ingresos a través de las ventas de los excedentes de producción.

El presente informe da a conocer los avances que se han alcanzado en la implementación del proyecto, especialmente en sus tres componentes: a) implementación de 3 manzanas de riego por goteo, b) implementación de un proyecto piscícola y c) la implementación de un proyecto agroforestal.

Es importante mencionar que la complementariedad con la coinversión del consorcio WWF-CARE, ha permitido maximizar la inversión y optimizar los procesos; lo interesante de este proyecto, es la inclusión del enfoque de género no solo en los procesos productivos sino generar capacidades en la junta directiva a través de la conformación de una junta directiva de mujeres que gestionará la implementación técnica de los proyectos.

Es importante mencionar que se tienen avances significativos en la implementación del proyecto; sin embargo, también se han tenido retrasos en la implementación, debidos principalmente a factores climáticos y los procesos productivos implementados por la ADICOMTEC.

3.3.2 Objetivos

- Implementar actividades productivas amigables con el ambiente para promover la integración de las comunidades en el manejo integrado de la subcuenca del Río Teculután.
- Mejorar la calidad de vida de las socias y socios de la ADICOMTEC y a su vez contribuir con la conservación y manejo integrado de la subcuenca del Río Teculután.

3.3.3 Descripción del proyecto

3.3.3.1 30 socias de la ADICOMTEC implementado el proyecto de peces con la finalidad de mejorar la economía y la seguridad alimentaria de las familias socias del proyecto.

El proyecto planteo como objetivo la producción de peces, utilizando alevines reversados para ser engordados en estanques, bajo condiciones controladas de manejo. El estanque tendrá dimensiones de 50 metros de longitud por 25 metros de ancho, para tener un área efectiva de manejo de 1250 metros cuadrados y una capacidad de producir 8750 peces de aproximadamente 300 a 500 gramos en un periodo de 6 meses, es decir aproximadamente de 66 a 110 quintales de pescado. Se canalizó el agua de la fuente por medio de un canal abierto de concreto por la parte central del terreno y de este se conectará un tubo de 4 pulg. (PVC de drenaje) como abastecimiento y en el otro extremo en la parte central se instalará el drenaje;

empleando un tubo PVC de 4 pulg. Con un codo de 90° que mantendrá el nivel de agua del estanque y facilitará evacuar el agua del estanque.

Este proyecto inició a ser implementado por un grupo de 30 mujeres socias de la ADICOMTEC, quienes tendrán la responsabilidad de garantizar el manejo efectivo del proyecto, principalmente el manejo y la comercialización del producto producido.

Una de las acciones iniciales del proyecto, fue el intercambio de experiencias con otros productores que se encuentran en la zona del proyecto y los productores de AURSA en San Jerónimo Baja Verapaz.

Con este proyecto se generan ingresos que contribuyen al mejoramiento de las condiciones de vida de los socios de la ADICOMTEC; además de la generación de fuentes de trabajo en forma directa e indirectamente por la comercialización de la producción. Estas acciones de mejoramiento de las condiciones económicas familiares contribuyen a generar otras opciones de producción para contribuir a reducir la presión hacia los bosques en la parte media y alta por estas familias; además, se aprovecha un recurso hídrico disponible en las áreas productivas disponibles por la ADICOMTEC.

Es importante considerar que este es un proyecto que generará sus propias utilidades para la reinversión en proyectos de la misma naturaleza. La rentabilidad del proyecto se encuentra entre un 68 a 75% según las proyecciones que se han elaborado para proyectos similares bajo las condiciones de producción que se consideran para el proyecto.

3.3.3.2 Tres manzanas con sistema de riego por goteo establecido, para la producción de sistemas de cultivos.

Está demostrado que con los sistemas de riego por goteo se tienen eficiencias en la producción de vegetales, además de eficientar el uso del recurso hídrico, reducir las labores agrícolas de aplicación de fertilizantes y el control de algunas plagas y enfermedades.

Con los sistemas tradicionales de riego por inundación, se requieren altos volúmenes de agua para riego y no se tiene un control sobre los requerimientos por el cultivo; además, se aplica cualquier cantidad de agua, se produce alta erosión en los suelos, los requerimiento de mano de obra para regar son altas, se requiere el diseño de surcos de riego, los costos de producción se elevan principalmente en el rubro de mano de obra y el incremento de enfermedades fungosas es latente; este es un sistema que más del 60% de agricultores utilizan en la zona del proyecto. La alternativa viable y que no solo contribuye a maximizar los recursos utilizados, sino se incrementan favorablemente los ingresos, es el sistema de riego por goteo, con el cual según estudios realizados, se incrementan hasta un 40% los ingresos de los productores, el numero de cosechas por año se duplica, se reduce hasta un 33% de costos en el rubro de mano de obra, se incrementa la producción en un 22%, se aplican laminas de riego acordes a los requerimientos del cultivo, se tiene un ahorro entre el 40 y el 60% del agua comparado a los sistemas tradicionales de riego, se permite aprovechar las ventanas de mercado, se incrementan las ventajas competitivas, no se requieren esfuerzos en la nivelación del terreno y se reducen drásticamente los problemas provocados por exceso de humedad, principalmente la proliferación de enfermedades fungosas.

El sistema de riego a implementar, es un sistema de riego por goteo, diseñado para cultivos de exportación, principalmente vegetales como la OKRA y vegetales orientales. A finales de Julio del presente año, el Consorcio WWF-CARE construyó un sistema de riego por goteo en un área de aproximadamente 15 manzanas, y los costos incluyendo el equipo de bombeo y el área para deposito del agua, fue de aproximadamente Q 40,000.00/manzana; este nuevo proyecto consiste en la implementación de un área de

13 manzanas de riego por goteo, en el cual el consorcio financiara 10 manzanas de riego por goteo.

El anterior contrato fue realizado con la empresa TECUN, S.A quienes cotizaron al mejor precio, por lo que para el presente proyecto, estaremos sujetos a la cotización del proyecto de 13 manzanas de riego y con los recursos de esta donación se financiaran únicamente tres manzanas.

Este proyecto generará sus propias utilidades para continuar con la producción bajo estos sistemas de producción.

3.3.3.3 30 sistemas de agroforestería comunitaria a nivel de huertos familiares implementados con 30 familias socias de la ADICOMTEC.

Este componente del proyecto responde a la contribución del proyecto a los diferentes procesos de manejo integrado de la cuenca, especialmente con sistemas de agroforesteria a nivel de huertos familiares que permitan incrementar la cobertura vegetal importante para los procesos de infiltración, además de proveer alternativas de disponibilidad de recurso energético como la leña, frutales para consumo y venta local.

Por familia se establecerán en las áreas que tengan disponibles, especies de frutales y forestales que contribuyan a mejorar la seguridad alimentaria, especialmente especies como Mango Tommy, Rambután, Plátano Curare Enano, limón, naranja, mandarina, y especies forestales de rápido crecimiento con propósitos energéticos.

3.3.4 Metodología de implementación

3.3.4.1 Trabajo en base a alianzas estratégicas

La principal estrategia de implementación se fundamenta en el trabajo a través establecimiento y mantenimiento de alianzas estratégicas con las entidades asesoras de la presente propuesta, específicamente con el Fondo Mundial para la Naturaleza y Care Guatemala, quienes apoyan el fortalecimiento de las capacidades técnicas, administrativas, financieras y gerenciales de la Asociación. Estas dos entidades internacionales han sido fundamentales en el crecimiento organizacional que ha alcanzado la ADICOMTEC y a través de esto, se ha tenido acceso a otras entidades gubernamentales, cooperantes y de apoyo, entre ellas, al Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación –MAGA-; Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales –MARN-; USAID; Instituto Nacional de Bosques, la Universidad de San Carlos de Guatemala –FAUSAC- , IARNA-URL, el Instituto Técnico en Recursos Naturales del PAF MAYA, Fundación AGIL, Syngenta, DETPON y MAYAPAC.

3.3.4.2 Capacitación y asistencia técnica

La finalidad de este proceso, es la creación de capacidades locales en los comités de cuencas, principalmente en la planificación, ejecución, monitoreo y evaluación del manejo de los recursos naturales. Además, el fortalecimiento de habilidades para el adecuado manejo del proyecto de producción de tilapia, sistemas agroforestales y la producción bajo sistemas de riego por goteo. Este proceso será apoyado por el ente asesor, además se contrataran expertos en temas relacionados a los proyectos a implementar. La asistencia técnica en el proyecto será facilitada por el extensionista agropecuario garantizando resultados de calidad.

3.3.4.3 Contratación de consultores

Otra de las modalidades a utilizar en la implementación de la presente propuesta, es la contratación de expertos para la implementación del proyecto de riego por goteo, el proyecto de producción de tilapia, los talleres para la formulación del Plan de Desarrollo Municipal y la formulación del reglamento del comité de cuencas.

3.3.4.4 Giras de intercambio de experiencias

Además de las modalidades anteriores que facilitaran los mecanismos de implementación, se utilizara este otro que permite el intercambio de experiencias de productor a productor, principalmente esta acción se desarrollará para el proyecto de producción de Tilapia, donde se requiere de fortalecimiento de las capacidades actuales de las socias del proyecto.

3.3.5 Resultados

3.3.5.1 Resultado 01:

30 socias de la ADICOMTEC implementado el proyecto de peces con la finalidad de mejorar la economía y la seguridad alimentaria de las familias socias del proyecto.

Como parte de las acciones de implementación del proyecto se han realizado las siguientes actividades:

- **Habilitación del terreno para el establecimiento del estanque piscícola**

Antes de iniciar con el proceso de habilitación del terreno para la implementación del proyecto piscícola se contactó a una de las expertas en implementación de este tipo de proyectos de la Escuela de Agricultura del Nororiente -EANOR-, quien facilitó acciones

de asistencia técnica para asegurar que el proyecto contara con las condiciones optimas de productividad. Además se contactó al Ingeniero Carlos Orellana, Asesor y experto para purina en la implementación de proyectos piscícolas quien dejó sus recomendaciones técnicas para la implementación del proyecto, entre estas se tienen:

1. Realizar dos entradas de agua para una mejor oxigenación en el estanque
2. Para el recambio de agua, es recomendable realizarlos en base a un tubo tipo camisa con agujeros de tamaño apropiado para evitar el escape de alevines (40 cms de tubo con agujeros).
3. La densidad de siembra recomendada para las condiciones del área visitada son 9 peces por metro cubico.
4. La temperatura óptima para producción de tilapia es de 27-30 grados centígrados con una buena oxigenación y buenos recambios de agua. (A menos temperatura, menor consumo de alimento, por lo tanto menor crecimiento). Por consiguiente en Verano = Mayor crecimiento Invierno =Menor crecimiento.
5. Es recomendable realizar pesos de la tilapia (conversión alimenticia) cada 15 días.
6. Al comprar el alevín este tiene que tener un peso de 1 a 1.5 grs a un valor de entre Q0.50 yQ0.70/alevín.

Se han visitado varios proyectos de producción de peces con la finalidad de garantizar que el proceso sea apropiado por los socios de la ADICOMTEC involucrados en el proceso productivo:



Figura 35. Visita a proyecto de producción de tilapia en Río Hondo, Zacapa



Figura 36. Visita al proyecto de AURSA San Jerónimo Baja Verapaz



Figura 37. Visita al proyecto de Dwight Carter en Rio Dulce

- **Construcción de estanque piscícola**

Se tienen en construcción dos estanques piscícolas, uno con un área de 128 metros cúbicos y otro con 1500 metros cúbicos con capacidad para la producción de 11,549 peces.

Cuadro 40. Cantidad de concentrado a adquirir para la producción de 11,549 peces.

Concentrado	% de consumo	libras/pez	Estanque 1 (128 Mt cubicos)	Estanque 2 (1500 mt cubicos)
			peces	peces
			1549	10000
			Libras concentrado	libras concentrado
Concentrado 45% L1	5%	0,06455778	100,00	645,58
Concentrado 45% L2	10%	0,12911556	200,00	1.291,16
Concentrado 38%	38%	0,51646223	800,00	5.164,62
Concentrado 32%	48%	0,64557779	1.000,00	6.455,78
	100%	1,35571336	2.100,00	13.557,13

Fuente: Datos calculados con base a referencia de PURINA.



Figura 38. Estanque Piscícola en construcción

En cuanto al proceso de organización ya se ha conformado un comité de mujeres quienes tienen la responsabilidad por el manejo técnico del proyecto con apoyo del extensionista que se tiene de apoyo para esta iniciativa.

Con relación al avance del proyecto:

1. En la construcción de los estanques piscícolas existe un avance del 80%.
2. Con relación a los proveedores de concentrado, hemos conversado con los diferentes productores de peces que visitamos y todos concuerdan que el concentrado que optimiza la producción, es el producido y distribuido por PURINA.
3. Hemos cotizado los alevines con los siguientes productores:
 - a. Carlos Morales (cerca a Valle Dorado)
 - b. Oscar Ovidio (Rio Hondo)
 - c. AURSA (San Jerónimo)
 - d. Todos tienen el precio a Q 0.50/alevín con un peso de un gramo
4. Hemos cotizado concentrado y consideramos que PURINA nos brinda la mejor opción en cuanto a calidad de concentrado....(según referencia de productores de la zona).
5. En cuanto a la organización, se ha elegido a la junta directiva de mujeres.

3.3.5.2 Resultado 02:

Tres manzanas con sistema de riego por goteo establecido, para la producción de sistemas de cultivos.

3.3.5.2.A Actividades del Resultado 02:

- Estudio de prefactibilidad del sistema de riego por goteo

El Consorcio Care y WWF han financiado la elaboración del estudio de prefactibilidad, por consiguiente, el mismo ya se tiene y fue utilizado para la elaboración de los términos de referencia para la contratación de la empresa constructora.... En este caso, DURMAN, S.A fue la empresa ganadora para la implementación de este proyecto.

- Marcado de la tubería principal y secundaria

Con base a los planos del estudio de pre factibilidad se procedió a la marcación del terreno para delimitar las líneas de conducción principales y secundarias para proceder con las labores de la habilitación del terreno para iniciar con las labores de zanjeo.

- Zanjeo para la colocación de tubería

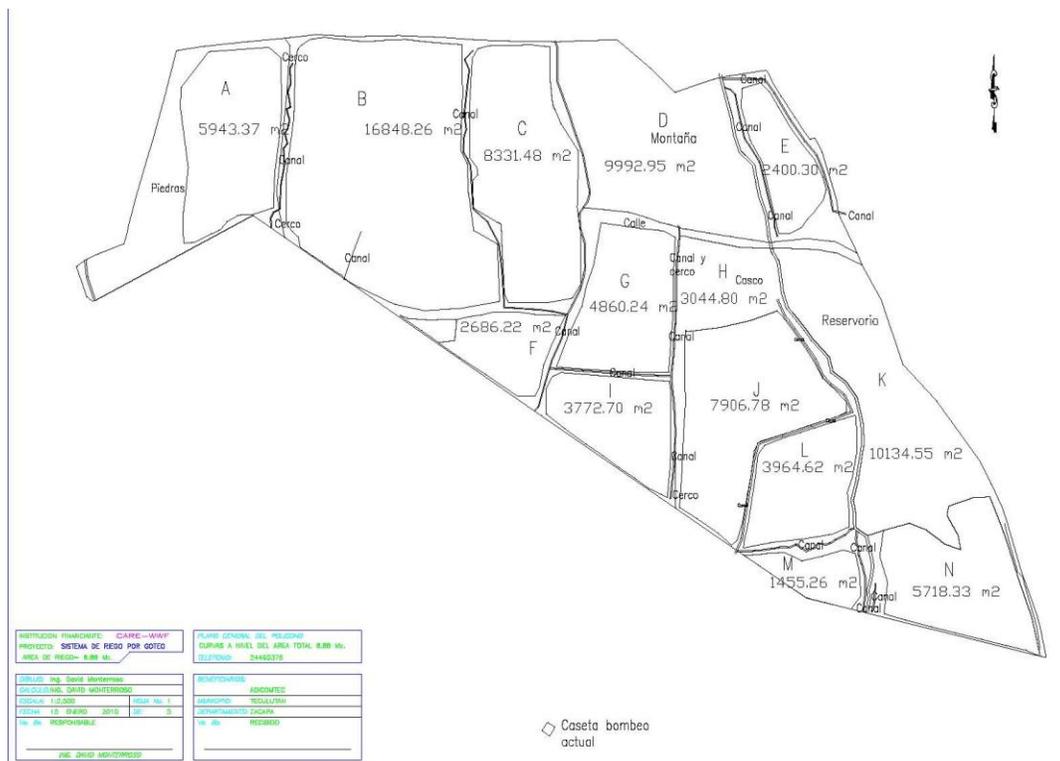
Las labores de zanjeo se realizaron posterior a la delimitación del terreno por parte de la empresa DURMAN, S.A., lo cual permitió avanzar conforme a lo establecido en los planos del proyecto de riegos.

- Colocación de tubería de conducción y el equipo de riego por goteo

La tubería de conducción y los diferentes ramales han sido colocados; sin embargo, aún está pendiente la colocación de la manguera de polietileno que

será la encargada de llevar el agua a los goteros que contiene la misma para su distribución en las 3 manzanas de riego financiados por el proyecto.

Aun está pendiente la fase de prueba considerando que no se han colocado las mangueras y sus goteros.



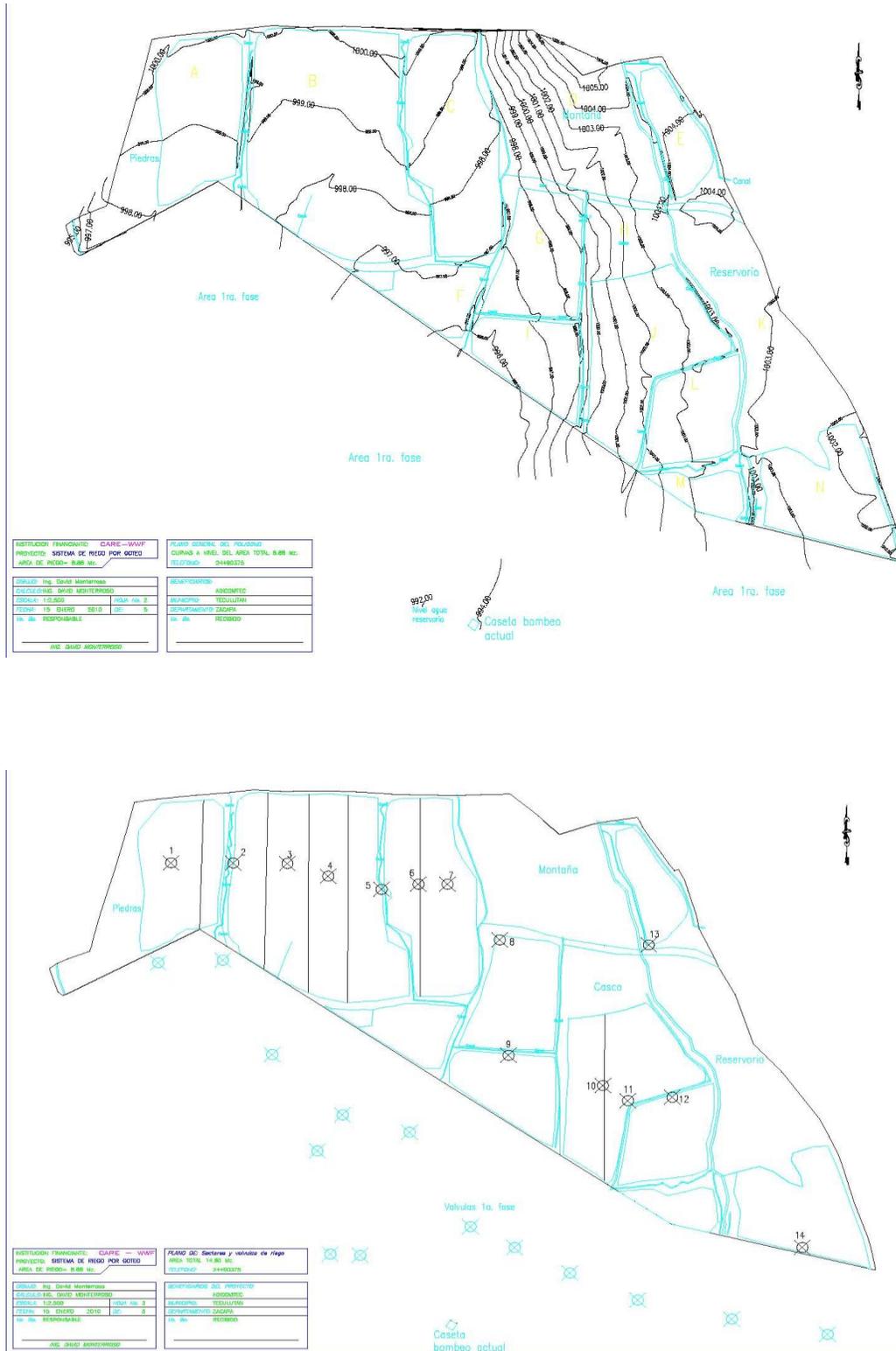


Figura 39. Planos para la construcción e implementación del sistema de riego por goteo



Figura 40. Fotografías del proceso de implementación del sistema de riego por goteo

**3.3.5.3 Resultado 03:
30 sistemas de Agroforestería comunitaria a nivel de huertos familiares implementados con 30 familias socias de la ADICOMTEC.**

Este proyecto se implementa a nivel de huertos familiares que permitan incrementar la cobertura vegetal importante para los procesos de infiltración, además de proveer alternativas de disponibilidad de recurso energético como la leña, frutales para consumo y venta local.

Por familia se establecerán en las áreas que tengan disponibles, especies de frutales que contribuyan a mejorar la seguridad alimentaria, especialmente especies como Mango Tommy, Rambután, Plátano Curare Enano, limón, naranja, mandarina, Zapote, Mazapán, Chico Zapote, Jocote Mamey, Guayaba, anona, Guanaba, y Aguacate. En este sentido, es importante considerar que solo se implementaran los proyectos en las áreas que participantes tengan y además, en la selección, solo se consideran aquellas que tengan agua disponible en sus hogares para mantener la humedad adecuada a las plantas.

Dentro de las acciones que se han realizado se mencionan las siguientes:



Figura 41. Visita a zonas productoras de frutales en Rio Hondo



Figura 42. Visita a zonas productoras en Rio Dulce con Dwight Carter.

Además se visitó el vivero de Desarrollo Sostenible propiedad de Cándida Pinto de Montufar, que se encuentra en el municipio de Quezaltepeque Chiquimula, indicándonos las especies que recomiendan para el área de Teculután; además se visitó el vivero del Ingeniero Ing. Estuardo Johany Suchini Padilla. Actualmente ya contamos con las cotizaciones para la adquisición de los materiales a adquirir, y estamos en el proceso de adjudicación de la compra.

3.3.6 Avances del componente de Agroforestería comunitaria

Entre los avances en este componente del proyecto se pueden mencionar:

1. Se cuenta con el listado de las personas a participar, en este caso 80 mujeres se han inscrito al proyecto, lo cual es bastante positivo para el proyecto, considerando el enfoque de género.
2. Se realizó una reunión con 56 mujeres para elegir a la junta directiva. Actualmente se cuenta con la junta directiva, la cual tiene la responsabilidad de apoyar la implementación del proyecto para garantizar la genuina participación de todas las mujeres.
3. Se cuenta con las tres empresas interesadas en la venta de plantas frutales, se está en el proceso de adjudicación de la compra.
4. Se han visitado los huertos de las familias para identificar los espacios donde se establecerán las plantas frutales.

3.3.7 Conclusiones

Los resultados de este estudio presentan de una manera notable la siguiente conclusión.

- Se construyó un mapa perimetral digital geo-referenciado de la finca.
- Se desarrollaron mapas de zonas de manejo de N-P-K-pH, MO y otros elementos basado en los niveles actuales nutricionales de los suelos con lo cual se detecto y cuantifico variabilidad espacial en todas las diferentes características químicas y físicas del suelo estudiadas en el área de terreno donde se cultiva oca y granos básicos.
- Todos los procesos realizados de los diferentes componentes a implementar, son realizados desde el punto de vista de conservar el medio ambiente promoviendo la integración de las comunidades en el manejo integrado de la subcuenca del Río Teculután.
- Durante la implementación de los diferentes componentes del proyecto Conservación de los Recursos Naturales y mejoramiento de Ingresos de las Familias de la subcuenca del Río Teculután, se pueden observar los cambios y mejoras de la calidad de vida de las socias y socios de la ADICOMTEC, contribuyendo a la conservación y manejo de la subcuenca del Río Teculután.

3.3.8 Recomendaciones

- Utilizar la variabilidad espacial para establecer zonas de manejo nutricional tomando en cuenta la distribución del sistema de riego por goteo existente.
- Mantener niveles de materia orgánica arriba del 3% al hacer mejor uso de los residuos

- Realizar muestreos foliares para establecer la variabilidad espacial del nivel de nutrimentos en las plantas y relacionarlas con los niveles del suelo.
- Determinar el rendimiento según las zonas de manejo establecidas y relacionarlas con la variabilidad en las características del suelo.
- Dar seguimiento a la ejecución e implementación del proyecto de Conservación de los Recursos Naturales y mejoramiento de Ingresos de las Familias de la subcuenca del Río Teculután, tomando como base de ejecución la propuesta que fue planteada a los donantes, la cual también esta en manos de la ADICOMTEC quien es la entidad ejecutora del proyecto.

3.3.9 Bibliografía

1. Cuellar, E. 2005. Cultivos promisorios en Honduras: perfiles técnicos. Honduras, Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. 20 p.
2. Díaz, A; Loera, J; Rosales, E; Alvarado, M; Ayvar, S. 2007. Producción y tecnología de la okra (*Abelmoschus esculentus*) en el noreste de México. Agricultura Técnica en México vol.(no.5): 15-19 p.
3. Linares, H. 2006. Okra, S/F. Guatemala, UE / MINECO. 4 p. (Ficha Técnica no. 33).
4. Montes, A. 1997. Guía práctica para el cultivo de hortalizas. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana "El Zamorano". 70 p.
5. Moreno, M; Moreno, A; Meco, R. 2007. Cultivo de la okra en España. España, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Boletín Numero 2126 HD. 14 p.

Vo. Bo.: _____
Ing. Agr. Udine Rolando Aragón Barrios