

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure, likely a saint or religious figure, seated and holding a book. The figure is surrounded by various symbols, including a castle, a lion, and a cross. The Latin text "UNIVERSITAS CAROLINA ACQUINATA" is inscribed around the top inner edge, and "SANTO CAROLO PETENSI INTER-AMERICANA" is inscribed around the bottom inner edge.

**ESTRUCTURAS DE CAPTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE AGUA DE
LLUVIA “AGUADAS” EN LOS MUNICIPIOS DE SANTA ANA Y DOLORES
DEL DEPARTAMENTO DE PETÉN, GUATEMALA**

ABNER ROBERTO MARTÍNEZ CANO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2007

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

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**ESTRUCTURAS DE CAPTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA
“AGUADAS” EN LOS MUNICIPIOS DE SANTA ANA Y DOLORES DEL
DEPARTAMENTO DE PETÉN, GUATEMALA**

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

POR

ABNER ROBERTO MARTÍNEZ CANO

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

EN

RECURSOS NATURALES RENOVABLES

EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2007

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

RECTOR

LIC. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO

Ing. Agr. Francisco Javier Vásquez Vásquez

VOCAL PRIMERO

Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes

VOCAL SEGUNDO

Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria

VOCAL TERCERO

Ing. Agr. Danilo Ernesto Dardón Ávila

VOCAL CUARTO

Br. Mirna Regina Valiente

VOCAL QUINTO

Br. Nery Boanerges Guzmán Aquino

SECRETARIO

Ing. Agr. Edwin Enrique Cano Morales

Guatemala, noviembre de 2007

Guatemala, noviembre de 2007

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

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración, el trabajo de graduación titulado: **Caracterización de estructuras de captación y aprovechamiento de agua de lluvia para consumo animal “Aguadas” en el paisaje fisiográfico de ondulaciones en los municipios de Santa Ana y Dolores del departamento de Petén, Guatemala**, como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciado.

En espera que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAR A TODOS”

Abner Roberto Martínez Cano

DEDICATORIA

A DIOS: La luz de mi camino, quien me ayuda a seguir adelante, por ser el mejor artista, al plasmar los más bellos paisajes ante mi vista; por ser el mejor cirujano, al cerrar con delicadeza mis heridas, por ser mi mejor amigo, con quien comparto mis profundos sentimientos, por ser mi mejor acompañante, porque me responde con fidelidad; por ser el mejor Padre, al guiarme por el camino del bien, aunque a veces no lo he comprendido; por ser mi mayor consuelo al brindarme su hombro para llorar.

A MIS PADRES: Elmer Roberto Martínez Bolaños y Alma Alicia Cano de Martínez, por ser mi mayor tesoro, por brindarme su inmenso amor, apoyo, confianza y dedicación; a quienes debo lo que soy y el triunfo que hoy alcanzo.

A MIS HERMANOS: Jorge Elmer, Alma Lucrecia y Alicia María, por compartir su amor y bellos momentos de mi vida.

A MI ABUELITA: Martha Castellanos por estar siempre pendiente de mi y compartir los momentos más importantes de mi vida.

A MI FAMILIA: Pos sus palabras de aliento en la búsqueda de mi superación.

A MI NOVIA: Lucía Cristina Padilla Rodríguez, por caminar junto a mí, demostrándome siempre su amor, paciencia y dedicación.

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS: Por su incondicional apoyo en todos los aspectos de mi vida, la amistad y el cariño compartido durante estos años.

AGRADECIMIENTOS

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA: Por enseñarme a ser un profesional integral, con principios y valores en beneficio de mi patria.

A LA FACULTAD DE AGRONOMÍA: Por permitirme ser parte de ella, brindándome lo mejor de sí.

A MI ASESOR SUPERVISOR: Ing. MSc. Marvin Salguero Barahona, por brindarme sus consejos y apoyo incondicional, demostrando ante todo su calidad como persona. Muchas gracias.

Al Proyecto CATIE / Noruega – PD, por toda su colaboración y tiempo dedicado al desarrollo de mi trabajo.

A todas aquellas personas que de una u otra manera, ayudaron a mi formación profesional.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN GENERAL	xii
CAPÍTULO I: Diagnóstico de la zona piloto “El Chal”, proyecto CATIE / Noruega – PD Flores, Petén, Guatemala	1
Índice de Cuadros del Capítulo I: Diagnóstico.....	iii
Índice de Figuras del Capítulo I: Diagnóstico.....	iv
1. INTRODUCCIÓN	2
2. OBJETIVOS.....	3
3. METODOLOGÍA	4
3.1 Fase Inicial de Gabinete.....	4
3.2.1 Consulta de fuentes primarias.....	4
3.2.2 Consulta de fuentes secundarias	4
3.2 Fase de Campo	5
3.2.1 Visitas a productores.....	5
3.2.2 Recorridos de campo	5
3.3 Fase Final de Gabinete	5
4. RESULTADOS.....	6
4.1 Aspectos Geográficos	6
4.1.1 Localización Geográfica	6
4.1.2 Localización Administrativa	6
4.1.3 Vías de Acceso	7
2 Aspectos Socioeconómicos.....	9
4.2.1 Demografía	9
4.2.2 Características del productor	10
4.2.2.1 Educación.....	10
4.2.2.2 Salud	10
4.2.2.3 Edad.....	10
4.2.3 Condiciones laborales y económicas de las familias.....	11

4.2.3.1 Ingresos familiares	11
4.2.3.2 Fuentes de ingresos	11
4.2.4 Características y ubicación de las fincas.....	13
4.2.4.1 Caminos de acceso	13
4.2.4.2 Distancia al centro poblado	14
4.2.4.3 Tamaño de las fincas	14
4.2.4.5 Acceso a agua.....	15
4.2.4.6 Condiciones de cobertura vegetal	15
4.2.4.7 Área de pastos	15
4.2.4.8 Número de animales	16
4.2.5 Precios y acceso a mercados de insumos, servicios y productos	17
4.2.5.1 Precios recibidos por los principales productos según punto de venta ..	17
4.2.5.2 Precios pagados por los principales insumos según punto de compra ..	19
4.3 Aspecto Biofísico.....	21
4.3.1 Clima	21
4.3.1.1 Temperatura.....	21
4.3.1.2 Precipitación.....	21
4.3.1.3 Evapotranspiración.....	21
4.3.1.4 Humedad relativa y viento.....	22
4.3.2 Zona de Vida.....	22
4.3.2.1 Bosque Muy Húmedo Subtropical (cálido)	23
4.3.2.2 Bosque Húmedo Subtropical (cálido).....	23
4.3.3 Hidrografía	26
4.3.3.1 Cuerpos de agua	26
4.3.3.2. Corrientes de agua.....	26
4.3.4 Fisiografía y geomorfología.....	28
4.3.4.1 Región Fisiográfica Tierras Bajas Interiores de Petén	28
4.3.4.2 Región Fisiográfica Cinturón Plegado del Lacandón.....	28
4.3.5 Serie de suelos	32
4.3.6 Uso de la tierra	34
4.3.7 Capacidad de uso de la tierra	36

4.4 Identificación, alternativas de solución y priorización de problemas	38
4.4.1 Identificación de problemas.....	38
4.4.1.1 Descripción de los problemas	39
4.4.2 Alternativa de solución	41
4.4.2.1 Descripción de las alternativas de solución.....	42
4.4.3 Priorización y decisión final	43
5. CONCLUSIONES	44
6. BIBLIOGRAFÍA.....	45

CUADROS DEL CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO

CUADRO	TÍTULO	Página
1.	Coordenadas UTM de la zona piloto El Chal.....	6
2.	Número de habitantes por centro poblado dentro de la zona piloto El Chal.....	9
3.	Fuentes principales de ingresos e ingresos promedio mensual por productor.....	11
4.	Fuentes de ingreso familiares de productores.....	12
5.	Calidad de acceso a las fincas ganaderas en la zona piloto El Chal.....	13
6.	Rango de áreas de finca versus el porcentaje de productores que se encuentran dentro de dicho rango.....	14
7.	Precio recibido por los principales productos puestos en finca.....	18
8.	Precio pagado por los principales insumos según punto de compra.....	20
9.	Uso de la tierra en la zona piloto El Chal.....	34
10.	Capacidad de uso de la tierra en la zona piloto El Chal.....	36

FIGURAS DEL CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO

FIGURA	TÍTULO	Página
1.	Ubicación Geográfica – Administrativa del área de estudio.....	8
2.	Lugar donde trabaja el productor y su familia.....	12
3.	Tipo de pasto predominante en la zona piloto El Chal.....	16
4.	Proporción de los sistemas de producción pecuaria en la zona piloto El Chal.....	17
5.	Lugares de compra de insumos agropecuarios.....	19
6.	Climadiagrama de la estación meteorológica de Flores, Petén del período 1994 – 2006.....	22
7.	Mapa de Zonas de Vida de la zona piloto El Chal.....	25
8.	Mapa Hidrográfico de la zona piloto El Chal.....	27
9.	Mapa Fisiográfico – Geomorfológico de la zona piloto El Chal.....	31
10.	Mapa de Serie de Suelos de la zona piloto El Chal.....	33
11.	Mapa de Uso de la Tierra de la zona piloto El Chal.....	35
12.	Mapa de Capacidad de Uso de la Tierra de la zona piloto El Chal.....	37
13.	Árbol de problema: alta degradación de pastizales.....	38
14.	Árbol de problema: deficiente abastecimiento de agua para consumo animal durante la época seca.....	39
15.	Árbol de solución: baja degradación de pastizales.....	41
16.	Árbol de solución: eficiente abastecimiento de agua para consumo animal durante la época seca.....	42

CAPÍTULO II: Investigación; Caracterización de estructuras de captación y aprovechamiento de agua de lluvia para consumo animal “Aguadas” en el paisaje fisiográfico de ondulaciones en los municipios de Santa Ana y Dolores del departamento de Petén, Guatemala	46
Índice de Cuadros del Capítulo II: Investigación.....	viii
Índice de Figuras del Capítulo II: Investigación.....	ix
1. INTRODUCCIÓN	47
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	48
3. MARCO TEÓRICO	49
3.1 MARCO CONCEPTUAL.....	49
3.1.1 El agua y su importancia para los bovinos	49
3.1.2 Consumo de agua	49
3.1.3 Hábitos de abrevado	52
3.1.4 Las Aguadas	53
3.1.4.1 Descripción de las aguadas	54
3.1.5 Estrategia de aprovisionamiento de agua	56
3.1.6 Clasificación de estructuras de cosecha de agua de lluvia para uso agrícola y pecuario en Guatemala.....	57
3.1.6.1 Embalse Tipo I	57
3.1.6.2 Embalse Tipo II	57
3.1.6.3 Embalse Tipo III	58
3.1.7 Factibilidad de un diseño de sistema de captación de agua de lluvia	59
3.1.7.1 Factor Técnico.....	59
3.1.7.2 Factor Económico	59
3.1.7.3 Factor Social	59
3.2. MARCO REFERENCIAL	60
3.2.1 Aspectos Geográficos	60
3.2.1.1 Localización Geográfica	60

3.2.1.2 Ubicación Administrativa	60
3.2.1.3 Vías de Acceso	60
3.2.2 Aspecto Socioeconómico	62
3.2.2.1 Demografía.....	62
3.2.2.2 Infraestructura y servicios.....	62
3.2.2.3 Actividades productivas e ingresos familiares	64
3.2.2.4 Precios recibidos por los principales productos.....	64
3.2.3 Aspecto Biofísico.....	65
3.2.3.1 Clima	65
3.2.3.2 Zona de Vida	67
3.2.3.3 Hidrografía.....	67
3.2.3.4 Fisiografía y geomorfología	68
3.2.3.5 Serie de suelos.....	71
4. OBJETIVOS.....	72
5. METODOLOGÍA	73
5.1 Selección y ubicación de las aguadas.....	73
5.2 Recolección de información	74
5.2.1 Identificación y descripción de componentes de las estructuras de captación y aprovechamiento de agua de lluvia “Aguadas”	74
5.2.1.1 Entradas	74
5.2.1.2 Salidas	75
5.2.2 Principales aspectos considerados por los productores en cuanto a forma, tamaño y ubicación de las aguadas	76
5.2.3 Identificación de características de las aguadas eficientes para el aprovisionamiento de agua para consumo animal durante la época seca	76
5.2.4 Lineamientos generales para la construcción de aguadas mejoradas	77
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	78
6.1 Componentes de las estructuras de captación y aprovechamiento de agua de lluvia “Aguadas” para consumo animal	78
6.1.1 Excavación o agujero	78
6.1.2 La borda	78

6.2 La aguada como un sistema	79
6.2.1 Descripción de los componentes del sistema	80
6.2.1.1 Entradas	80
6.2.1.2 Salidas	81
6.3 Principales aspectos considerados por los productores en cuanto a forma, tamaño y ubicación de las aguadas	84
6.3.1 Aspectos de forma	84
6.3.2 Aspectos de tamaño.....	86
6.3.3 Aspectos de ubicación	88
6.4 Principales características de las aguadas eficientes para el aprovisionamiento de agua para consumo animal durante la época seca	90
6.5 Propuesta de lineamientos generales para la construcción de aguadas mejoradas.....	90
6.5.1 Ubicación	91
6.5.2 Tamaño	91
6.5.3 Forma.....	92
6.5.4 Otros aspectos a considerar	93
6.5.4.1 Área de captación	93
6.5.4.2 Protección de bordas	93
6.5.4.3 Calidad de agua	93
6.5.4.4 Mantenimiento.....	94
7. CONCLUSIONES	95
8. RECOMENDACIONES	96
9. BIBLIOGRAFÍA	97
10. ANEXOS.....	99
11. APÉNDICES.....	105

CUADROS DEL CAPÍTULO II: INVESTIGACIÓN

CUADRO	TÍTULO	Página
1.	Factores que intervienen en el consumo de agua por parte de los animales.....	50
2.	Necesidades aproximadas en litros de agua de bebida para bovinos.....	51
3.	Clasificación de las aguadas.....	53
4.	Tipos de depósitos da agua de acuerdo a su procedencia.....	56
5.	Número de habitantes por centro poblado dentro del área de estudio.....	62
6.	Número de viviendas por comunidad que presentan servicio de agua y electricidad.....	63
7.	Fuentes principales de ingreso e ingreso promedio mensual por familia...	64
8.	Precios recibidos por los principales productos puestos en finca.....	64
9.	Características de las series de suelos del área en estudio.....	71
10.	Resultados de evaporación en aguadas con cobertura y sin cobertura arborea en la época seca del año 2007 en el período del 01 de marzo al 15 de mayo.....	82

FIGURAS DEL CAPÍTULO II: INVESTIGACIÓN

FIGURA	TÍTULO	Página
1.	Clasificación de embalses.....	58
2.	Ubicación Geográfica – Administrativa del paisaje fisiográfico de ondulaciones.....	61
3.	Climadiagrama de la estación meteorológica de Flores, Petén del período 1994–2006.....	66
4.	Ubicación de aguadas en el paisaje fisiográfico de ondulaciones.....	69
5.	Mapa hipsométrico del paisaje fisiográfico de ondulaciones.....	70
6.	Ubicación de aguadas en terrenos de productores asociados al proyecto CATIE/Noruega-PD.....	73
7.	Componentes de una estructura de captación y aprovechamiento de agua de lluvia “Aguada” para consumo animal.....	79
8.	Estructura de captación y aprovechamiento de agua de lluvia para consumo animal como un sistema.....	79
9.	Relación del tiempo de trabajo de la maquinaria versus capacidad de almacenamiento de agua	86
10.	Relación de profundidad de la aguada versus su diámetro.....	88
11.	Aguada con forma circular, en donde se aprecia el área de excavación y su borda.....	100
12.	Consumo de agua por ganado bovino.....	100
13.	Aguada ineficiente a causa de la poca capacidad de almacenamiento y la excesiva evaporación de agua.....	101
14.	Aguada eficiente por estar ubicada en un terreno con depresión en donde la profundidad en la parte central de la aguada supera los dos metros.....	101
15.	Aguada con presencia de sombra.....	102
16.	Proceso de estimación de capacidad de almacenamiento de las aguadas en el campo.....	102

CAPÍTULO III: Informe de servicios realizados en la zona piloto El Chal, proyecto CATIE / Noruega – PD, Petén Guatemala	111
Índice de Cuadros del Capítulo III: Servicios.....	xi
Índice de Figuras del Capítulo III: Servicios.....	xi
1. INTRODUCCIÓN	112
2. OBJETIVOS	113
3. METODOLOGÍA	114
3.1 Servicio 1: Establecimiento de una red pluviométrica en la zona piloto El Chal	114
3.1.1 Número y ubicación de pluviómetros	114
3.1.2 Instalación de pluviómetros y capacitación de personas de las comunidades donde estos fueron ubicados	114
3.2 Servicio 2: Análisis de calidad de agua para consumo humano y animal en aguadas del paisaje fisiográfico de ondulaciones	115
3.2.1 Identificación y número de aguadas muestreadas	115
3.2.2 Época de toma de muestras	116
3.2.3 Análisis de la calidad del agua para consumo humano y animal	117
3.2.3.1 Análisis físico – químico de calidad	117
3.2.4 Análisis bacteriológico de calidad.....	117
4. RESULTADOS	119
4.1 Servicio 1: Instalación de una red Pluviométrica	119
4.1.1 Registros Pluviométricos.....	120
4.2 Servicio 2: Análisis de calidad de agua para consumo humano y animal en el paisaje fisiográfico de ondulaciones	121
4.2.1 Agua para consumo humano	121
4.2.2 Agua para consumo animal.....	123
5. CONCLUSIONES	128
6. RECOMENDACIONES	129
7. BIBLIOGRAFÍA	130

CUADROS DEL CAPÍTULO III: SERVICIOS

CUADRO	TÍTULO	Página
1.	Coordenadas UTM de las aguadas a las que se les tomó la muestra de agua para el análisis físico – químico y bacteriológico de calidad.....	116
2.	Registro pluviométrico de tres pluviómetros instalados en la zona piloto El Chal.....	120
3.	Resultados de laboratorio del análisis físico – químico de calidad de agua de aguada para consumo humano y animal.....	121
4.	Resultados de laboratorio de análisis bacteriológico de calidad de agua de aguada para consumo humano y animal.....	125

FIGURAS DEL CAPÍTULO III: SERVICIOS

FIGURA	TÍTULO	Página
1.	Instalación de pluviómetro en la zona piloto El Chal.....	115
2.	Mapa de ubicación de los pluviómetros en la zona piloto El Chal.....	119

**ESTRUCTURAS DE CAPTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA
“AGUADAS” EN LOS MUNICIPIOS DE SANTA ANA Y DOLORES DEL
DEPARTAMENTO DE PETÉN, GUATEMALA**

RESUMEN GENERAL

El presente trabajo es el resultado del Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía (EPSA), realizado en la institución CATIE / Noruega – PD de desarrollo participativo de alternativas de uso sostenible de la tierra, en áreas con pasturas degradadas en América Central (Guatemala, Honduras y Nicaragua), dentro de la zona piloto El Chal, ubicada entre los municipios de Santa Ana y Dolores del departamento de Petén, durante el período de Agosto de 2,006 a Mayo de 2007, donde se realizaron: diagnóstico, investigación y servicios, como requisitos a obtener el título de ingeniero agrónomo en el grado de licenciado.

El diagnóstico se realizó en la zona piloto El Chal, recolectando información socioeconómica, biofísica y de procesos productivos referentes a las actividades pecuarias del lugar, identificando dos problemas principales: 1) la alta degradación de pastizales y 2) el deficiente abastecimiento de agua para consumo animal durante la época seca.

A través del diagnóstico se identificó que el problema de abastecimiento de agua para consumo animal durante la época seca, es un problema prioritario que aún no se le ha buscado solución, por lo que se planteó la investigación de caracterización de las estructuras de captación y aprovechamiento de agua de lluvia “aguadas” en el paisaje fisiográfico de ondulaciones de la zona piloto El Chal, debido que esta área es la más afectada por tener reducida presencia de cuerpos y corrientes de agua natural, por lo que los productores se abastecen de agua de lluvia por medio de la construcción de aguadas, las cuales no son más que excavaciones en la superficie de los terrenos hechas a mano o con maquinaria, con el fin de principal de abastecer al ganado. Estas estructuras son deficientes en el abastecimiento de agua durante la época seca por ser construidas de forma improvisada.

La investigación tuvo como objetivo proponer lineamientos generales en la construcción de aguadas en cuanto a su ubicación, forma y tamaño, considerando los aspectos tomados por los productores y realizando observaciones y mediciones de los componentes de estas estructuras en el campo.

Los lineamientos generales propuestos para la construcción de aguadas mejoradas son: construir las de forma cóncava en terrenos con depresión y en función del número de animales a abastecer y las pérdidas por evaporación durante el período de la época seca.

Los servicios realizados en el presente documento estuvieron relacionados al tema de investigación de agua, siendo estos: el establecimiento de una red pluviométrica en la zona piloto y el análisis de calidad físico-química y bacteriológica de agua contenida en doce aguadas del paisaje fisiográfico de ondulaciones.

El número de pluviómetros instalados fue de tres, ubicados en las comunidades: El Zapote Bobal, El Ocote y Santa Rosita. Las muestras de agua para el análisis físico-químico de calidad se obtuvo de dos tipos de aguada: aguadas convencionales y aguadas mejoradas, esta última difiere de la primera por estar cercada y limitar el abastecimiento de agua al ganado de forma directa, impidiendo que esta se contamine. El resultado del análisis de calidad de agua obtuvo resultados más satisfactorios en las aguadas mejoradas en cuanto al análisis bacteriológico y en cuanto al análisis físico químico los parámetros evaluados estuvieron por debajo de los límites máximos permisibles (LMP), propuestos por la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR), a excepción del parámetro de turbidez.

CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO DE LA ZONA PILOTO “EL CHAL”, PROYECTO
CATIE / NORUEGA-PD FLORES, PETÉN, GUATEMALA

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto CATIE / Noruega - PD, de desarrollo participativo de alternativas de uso sostenible de la tierra para áreas de pasturas degradadas en América Central, trata de generar conocimiento para contribuir a una ganadería sostenible. El objetivo principal que plantea el proyecto de pasturas degradadas se basa en fomentar prácticas de manejo que permitan la generación de mayores ingresos netos, al mismo tiempo que se mejore el inventario y la calidad de los recursos naturales de las fincas ganaderas.

El presente diagnóstico se realizó en la zona piloto El Chal, del proyecto CATIE / Noruega – PD, con el fin de identificar y priorizar los problemas que actualmente afectan a los productores ganaderos de esta zona, permitiendo establecer un plan de servicios e investigación de acuerdo al programa de Ejercicio Profesional Supervisado –EPS- de La Facultad de Agronomía.

Para la obtención de la información y formulación del documento se procedió de la siguiente manera: 1) fase de gabinete inicial, 2) fase de campo y 3) fase de gabinete final. La primera fase consistió en la recolección de información primaria y secundaria con que cuenta la institución CATIE / Noruega – PD para tener un marco general del área de trabajo. En la segunda fase se realizaron entrevistas a los productores ganaderos, así como recorridos de campo, con el fin de identificar los problemas que limitan la actividad ganadera. En la tercera fase se ordenó y analizó la información recolectada, identificando que el problema de abastecimiento de agua para consumo animal durante la época seca es un problema prioritario al que no se le ha dado solución.

Concluyendo que es necesario realizar una caracterización de estructuras de captación y aprovechamiento de agua de lluvia para consumo animal “aguadas”, que permita proponer lineamientos generales en la construcción de aguadas “Tipo”, para mejorar el abastecimiento de agua durante la época seca, así como los servicios de análisis de calidad físico-química y bacteriológica del agua contenida en estas estructuras y el establecimiento de una red pluviométrica en la zona piloto El Chal.

2. OBJETIVOS

2.1 General

- Realizar un diagnóstico de la zona piloto “El Chal”, Proyecto CATIE / Noruega - PD a través de la recopilación de información socioeconómica y biofísica.

2.2 Específicos

- Identificar y priorizar los problemas que actualmente afectan a los productores ganaderos de la zona piloto El Chal.
- Generar información que permita establecer un plan de servicios e investigación de acuerdo al programa de Ejercicio Profesional Supervisado -EPS- de La Facultad de Agronomía.

3. METODOLOGÍA

El siguiente estudio se desarrolló bajo las siguientes fases:

3.1 Fase Inicial de Gabinete

Esta consistió en la recopilación de información básica de la zona piloto “El Chal”, con el fin de obtener un panorama general del área de trabajo, para lo cual se consultaron fuentes primarias y secundarias.

3.2.1 Consulta de fuentes primarias

Las fuentes primarias consultadas fueron: técnicos y profesionales con que cuenta la institución CATIE / Noruega - PD.

3.2.2 Consulta de fuentes secundarias

Entre las fuentes secundarias que se consultaron fueron los estudios realizados por la institución CATIE / Noruega - PD principalmente: el estudio de línea base de condiciones de entorno y políticas que influyen en los resultados del proyecto y el consolidado de entrevistas a productores de la zona piloto El Chal.

Así mismo se consultó la base de datos digitales del programa ArcView, en donde se generaron mapas temáticos tales como: la ubicación geográfica-administrativa del área de estudio, el mapa de zona de vida, el mapa hidrográfico, el mapa de fisiografía y geomorfología, entre otros. También se consultó bibliografía referente a estos mapas temáticos con el fin de ampliar la información.

3.2 Fase de Campo

Durante esta fase se realizaron visitas a productores asociados al proyecto y recorridos de campo.

3.2.1 Visitas a productores

Las visitas a productores tuvo la finalidad de conocer a las personas asociadas al proyecto y dialogar con ellas sobre los problemas que limitan su actividad productiva ganadera.

3.2.2 Recorridos de campo

Esta consistió en caminamientos en las fincas de los productores en compañía de los mismos, realizando observaciones de los procesos productivos ganaderos y ampliando la información recopilada en la etapa anterior.

3.3 Fase Final de Gabinete

En esta fase se ordenó, procesó y analizó la información recolectada en las fases anteriores auxiliándose para ello de la elaboración de árboles de problemas y árboles de solución, con lo que se identificó y priorizó los problemas que afectan a los productores ganaderos del lugar, permitiendo con esto establecer los servicios e investigación de acuerdo al programa de EPS de La Facultad de Agronomía.

4. RESULTADOS

4.1 Aspectos Geográficos

4.1.1 Localización Geográfica

La ubicación geográfica de la zona piloto El Chal, se presenta en la figura 1 y en el cuadro siguiente:

Cuadro 1. Coordenadas UTM de la zona piloto El Chal.

Coordenadas UTM (m)	
Norte	¹⁸ 60000
	⁸ 55000
Sur	¹⁸ 45000
	⁸ 50000
Este	¹⁸ 55000
	⁸ 65000
Oeste	¹⁸ 45000
	⁸ 50000

4.1.2 Localización Administrativa

La zona piloto El Chal está ubicada en el departamento de Petén entre los municipios de Santa Ana y Dolores, cubriendo una extensión de 688.13 Km². El 56.54% de la zona piloto se ubica en jurisdicción municipal de Santa Ana, y el 43.46% restante se ubica en la jurisdicción municipal de Dolores (Figura 1).

4.1.3 Vías de Acceso

Para acceder a la zona piloto El Chal desde la ciudad de Guatemala, existe la carretera asfaltada CA-13 que conduce de la ciudad de Guatemala a la cabecera departamental de Petén, recorriendo para ello 470 Km.

La red de acceso a las comunidades asociadas al proyecto CATIE / Noruega - PD se describe a continuación:

Para llegar a las comunidades; La Pita, El Zapote Bobal y La Sardina se debe recorrer la carretera CA-13 partiendo de la ciudad de Flores, desviándose en el kilómetro 453 hacia una carretera de terracería, en donde se recorren 4, 7, y 10 Km para llegar a las comunidades La Pita, El Zapote Bobal y La Sardina respectivamente.

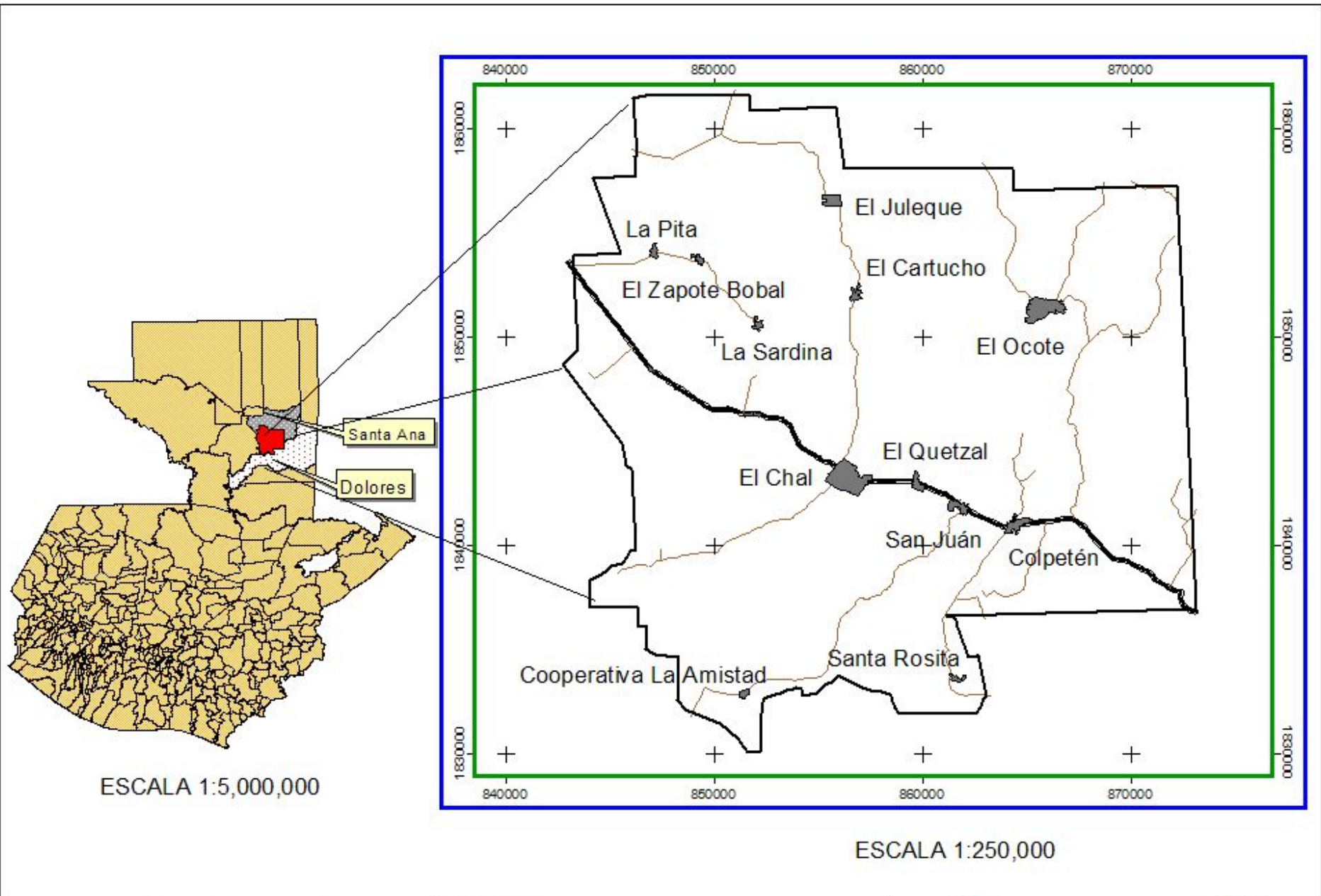
Las comunidades El Chal, El Quetzal y San Juan se encuentran a 50, 53 y 55 Km respectivamente de la ciudad de Flores sobre la carretera asfaltada CA-13.

Para llegar a La Cooperativa La Amistad se debe desviar de la carretera CA-13 a una carretera de terracería que se encuentra en la comunidad de San Juan, recorriendo aproximadamente 15 Km a partir de la carretera de terracería.

La comunidad El Ocote dista de la ciudad de Flores 73 Km aproximadamente, para lo cual debe recorrerse 63 Km sobre la carretera CA-13 y desviarse a una carretera de terracería ubicada en la comunidad La Puente, recorriendo a partir de allí 10 Km.

Para llegar a la comunidad Santa Rosita se recorren 62 Km de la cabecera departamental ciudad de Flores, desviándose hacia una carretera de terracería que se encuentra en la comunidad de Colpetén, recorriendo aproximadamente 8 Km.

Las carreteras de terracería de la zona piloto se encuentran en regular estado y son transitables todo el año.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE AGRONOMÍA
 ÁREA INTEGRADA
 LICENCIATURA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

Proyección Universal Transversador
 Elipsoidal WGS 84 Zona 15
 Datum WGS 84

Leyenda

-  Zona Piloto 688.13 Km²
-  Poblados
- Caminos
-  asfalto
-  terracería



CATIE Centro Agronómico Tropical
 de Investigación y Enseñanza



2 Aspectos Socioeconómicos

4.2.1 Demografía

La población aproximada de la zona piloto de acuerdo con datos del INE (2003) es de 9,336 habitantes, presentándose en el cuadro 2 el número de habitantes por centro poblado que se encuentra en la zona piloto.

Cuadro 2. Número de habitantes por centro poblado dentro de la zona piloto El Chal.

No.	Municipio	Centro Poblado	Población
1	Dolores	Colpetén	623
2	Dolores	Cristo Rey	122
3	Dolores	El Quetzal	527
4	Dolores	El Chal	2,283
5	Dolores	Cooperativa Las Flores	344
6	Dolores	Cooperativa La Amistad	387
7	Dolores	La Puente	159
8	Dolores	San Juan	742
9	Dolores	Santo Toribio	76
10	Dolores	Agricultores Unidos	363
11	Dolores	El Quetzalito	215
12	Dolores	Santa Rosita	304
13	Dolores	Sacnité	22
14	Santa Ana	La Pita	229
15	Santa Ana	El Zapote Bobal	218
16	Santa Ana	La Sardina	519
17	Santa Ana	Nuevo Horizonte	369
18	Santa Ana	El Juleque	744
19	Santa Ana	El Cartucho	424
20	Santa Ana	El Ocote	251
21	Santa Ana	El Cecéenla	26
22	Santa Ana	Los Pocitos	68
23	Santa Ana	El Guineo	165
24	Santa Ana	San Felipe	156

Fuente: INE (2003) (5).

Los centros poblados con mayor población son: El Chal, El Juleque, San Juan, Colpetén, El Quetzal y La Sardina, lo cual hace referencia principalmente a la cercanía de estas comunidades a carreteras asfaltadas, lo que permite su desarrollo y crecimiento poblacional.

4.2.2 Características del Productor

4.2.2.1 Educación

De acuerdo al consolidado de entrevistas realizadas por el proyecto en la zona de estudio en el año 2002, el 53% de los productores saben leer y escribir, mientras que el 47% son analfabetas, lo cual podría convertirse en un aspecto negativo para el proceso de percepción e implementación de prácticas sostenibles en los sistemas pecuarios de la zona.

4.2.2.2 Salud

En cuanto al aspecto de salud las familias se ven afectadas por enfermedades gripales, por lo cuál el 80% de las familias se dirigen al puesto de salud de la comunidad El Chal, el 15% al hospital regional de San Benito y el 5% restante utilizan centros asistenciales privados (3).

4.2.2.3 Edad

El rango de edad de los productores (jefes de hogar) de la zona piloto El Chal, es el siguiente: el 52% se encuentra entre las edades de 50-86 años, el 30% con edades de 35 a 49 años y el restante 18% se encuentra entre las edades de 21 a 34 años (3).

4.2.3 Condiciones laborales y económicas de las familias

4.2.3.1 Ingresos familiares

Los principales ingresos del grupo de productores provienen en su mayoría de la venta de terneros engordados y venta de leche entregada a intermediarios (3).

En el siguiente cuadro se presentan las fuentes principales de ingreso y el ingreso promedio mensual de los productores.

Cuadro 3. Fuentes principales de Ingreso e ingreso promedio mensual por productor.

Fuente	Ingreso promedio mensuales
Productores ganaderos	Q 3,000.00 – Q 6,000.00
Agricultura	Q 1,100.00 – Q 1,500.00
Negocios (tiendas)	Q 1,500.00 - Q 2,000.00
Salario	Q 1,200.00 – Q 1,600.00

Fuente: CATIE (2006) (3).

4.2.3.2 Fuentes de ingresos

De acuerdo a la línea base del proyecto CATIE / Noruega - PD, se presenta el siguiente cuadro de fuentes de ingresos de las familiares asociadas al proyecto.

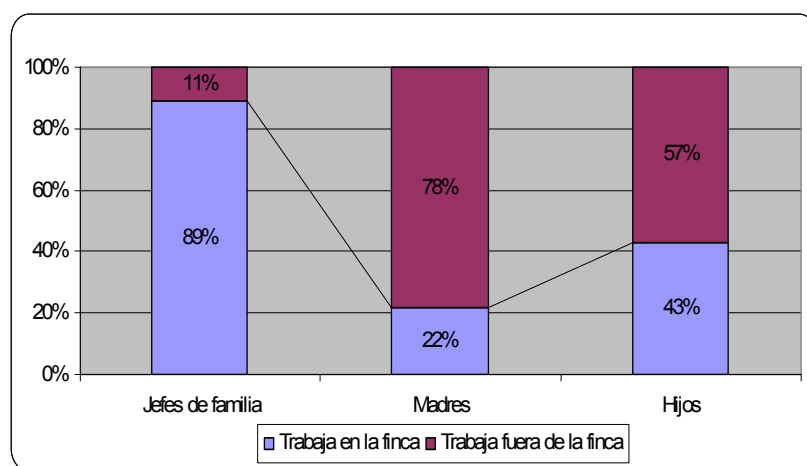
Cuadro 4. Fuentes de Ingreso familiares de productores.

Actividad	No. de Productores	%
Ganadería	54	68
Agricultura	13	16
Negocio	8	10
Salario	2	3
Incentivos	2	3
Total	77	100

Fuente: CATIE (2006) (3).

El cuadro 4, presenta las actividades y el número de productores que se dedican a una actividad, sin embargo la mayoría de los productores presentan combinaciones de alternativas de ingresos económicos, siendo la predominante la de ganadería y agricultura.

Los miembros de las familias de los productores pueden o no participar dentro de las actividades que se realizan en la finca. En la figura 2 se muestra el porcentaje de los miembros de familia que trabajan dentro y fuera de la finca.



Fuente: CATIE (2006) (3).

Figura 2. Lugar donde trabaja el productor y su familia.

El 89% de los productores vive en sus fincas o en los poblados cercanos, lo que les permite emplearse a diario en sus parcelas, el restante 11% de los productores también atienden otros negocios o fincas que tienen en otros lugares.

En cuanto a las madres de familia el 78% se emplean en actividades domésticas en la casa, lo cual no les permite tener mayor relación con las actividades que se desarrollan en la finca.

En el caso de los hijos e hijas de los productores el 57% laboran fuera de la finca, algunos están empleados como: a) maestros de educación, b) jornaleros en otras fincas, c) comerciantes, d) trabajan en la ciudad capital y e) trabajan en Estados Unidos.

4.2.4 Características y ubicación de las fincas

4.2.4.1 Caminos de acceso

En la zona de estudio más del 90% de los productores cuentan con fincas con buena accesibilidad durante todo el año, lo que facilita la comercialización de los productos y la compra de insumos. En el siguiente cuadro se presenta el porcentaje de productores en relación con la calidad del acceso a las fincas ganaderas (3).

Cuadro 5. Calidad de acceso a las fincas ganaderas en la zona piloto El Chal.

Calidad	% de productores
Buena	92.9
Regular	7.1
Mala	0
Total	100%

Fuente: CATIE (2006) (3).

4.2.4.2 Distancia al centro poblado

Las fincas dentro del área piloto se encuentran alrededor de la población El Chal, la que a su vez divide su territorio en dos jurisdicciones municipales: 1) Dolores y 2) Santa Ana, municipios del departamento de Petén. La mayor distancia de las fincas al centro poblado El Chal es aproximadamente de 30 kilómetros, por lo que el acceso a la compra y venta de productos no se dificulta (3).

4.2.4.3 Tamaño de las fincas

El tamaño de las fincas en el área de estudio es muy variado, tomando en cuenta los tres grupos de productores que representan el área piloto (Ejidatarios, Petenlac e Independientes), cuyas diferencias son: a) tenencia de la tierra, b) tamaño de las fincas, c) paisajes fisiográficos etc. En base a lo anterior se presenta el siguiente cuadro.

Cuadro 6. Rango de área de finca, versus el porcentaje de productores que se encuentran dentro de dicho rango.

Hectáreas	Fincas	% de Productores
0-20	9	11
21-45	35	45
46-90	22	28
91-180	5	6
Mayor de 180	8	10

Fuente: CATIE (2006) (3).

4.2.4.5 Acceso a agua

En la zona piloto El Chal, el 97% de fuentes de agua utilizadas para el ganado son aguadas, las cuales no son más que excavaciones o agujeros en la superficie de un terreno hechas a mano o con maquinaria, que sirven para captar agua de lluvia de forma directa y almacenarla para ser utilizada durante la época lluviosa y principalmente en la época seca, el 3% restante de fuentes de agua son ríos y manantiales (9).

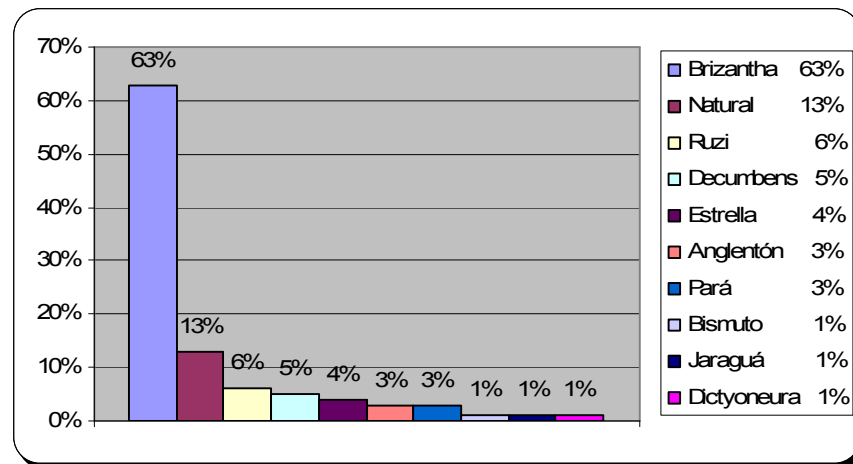
4.2.4.6 Condiciones de cobertura vegetal

Las pasturas que representan aproximadamente el 85% de las fuentes de alimento del ganado, se encuentran en un estado de degradación, abarcando hasta el 35% de los potreros. La cobertura del suelo es muy pobre apenas el 22% de los potreros poseen menos del 70% de cobertura (3).

Las pasturas ocupan el 79% de cobertura del suelo en el área piloto El Chal, un 11.9% ocupada por guamil, un 6.2% de bosque, un 2.6% para el desarrollo de actividades agrícolas, especialmente la siembra de maíz y frijol, y un 0.3% de plantaciones forestales (3).

4.2.4.7 Área de pastos

Tomando en cuenta la descripción anterior los pastos ocupan el 79% de área de todas las fincas que se encuentran dentro de la zona piloto. La figura 3 muestra la proporción en porcentaje de los tipos de pastos establecidos en dicha zona (3).



Fuente: CATIE (2006) (3).

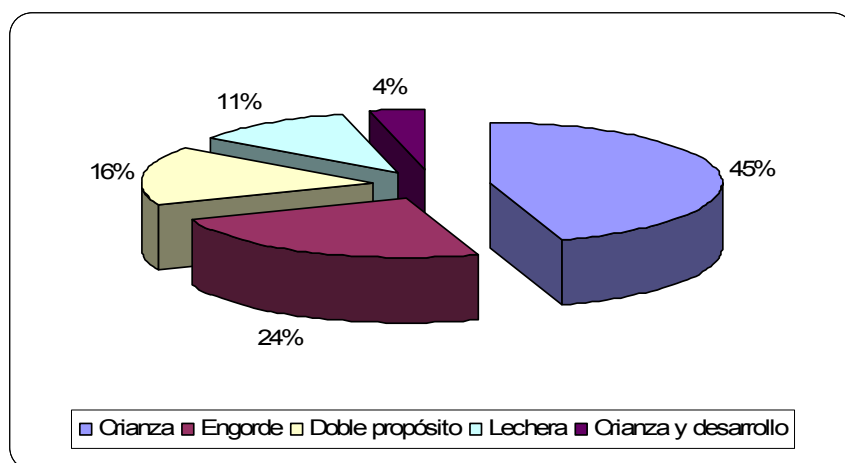
Figura 3. Tipo de pasto predominante en la zona piloto EL Chal.

La figura anterior muestra un grado de innovación de las pasturas dentro de la zona piloto, al implementar pastos mejorados, especialmente Brizantha por ser resistente al ataque del salivazo.

4.2.4.8 Número de animales

EL número de animales en el área de estudio es de un total aproximado de 4,262, tomando en cuenta a los 79 productores asociados al proyecto. Es importante mencionar que el número de animales en una finca es muy dinámico por el proceso de compra y venta de los mismos, por lo que es importante realizar monitoreos constantes para mantener actualizada la información (2).

En la Figura 4, se aprecia la proporción de los sistemas de producción pecuaria en la zona piloto El Chal.



Fuente: CATIE (2006) (3).

Figura 4. Proporción de los sistemas de producción pecuaria en la zona piloto El Chal.

4.2.5 Precios y acceso a mercados de insumos, servicios y productos

4.2.5.1 Precios recibidos por los principales productos según punto de venta

En el Chal no hay un mercado de leche en expansión y el actual se limita a poblados locales, sin una integración con agroindustrias pasteurizadoras con salida al mercado de consumo nacional o de exportación (3).

Sin embargo, en El Chal existe una iniciativa de agroindustrialización láctea promovida por una cooperativa local de productores que fueron beneficiados de una donación de gran parte de los equipos de pasteurización y enfriamiento, pero tienen serios bloqueos para despegar, por una parte carecen de capital de trabajo para diseñar la producción y comenzar a operar y por otra, carecen de un mercado definido. Por el momento, no es razonable suponer que pueden operar en el mediano plazo, en primer lugar por razones económicas y segundo por la fragilidad organizacional de la cooperativa, pues de sus 40 asociados solo 15 están realmente activos. Además por parte del gobierno, después de realizada la donación de los equipos agroindustriales hay poco interés para continuar promoviendo tal iniciativa (3).

En el cuadro 7, se presentan los precios recibidos por los principales productos puestos en finca.

Cuadro 7. Precios recibidos por los principales productos puestos en finca.

Producto	Precio en Q y \$
Precio en pié	
Ternero de 227 kilos de peso	Q 10.56/kilo \$1.40/kilo
Ternero de 386-409 kilos de peso	Q 11.22/kilo \$1.49/kilo
Vaca de desecho (300-315 Kg.)	Q 7.92/kilo \$1.05/kilo
Novilla (300-320 Kg.)	Q 10.12/kilo \$1.34/Kilo
Precios de litro de leche en época seca	Q 1.50/litro \$0.20/litro
Precio de litro de leche en época de lluvia	Q 1.25/litro \$0.17/litro

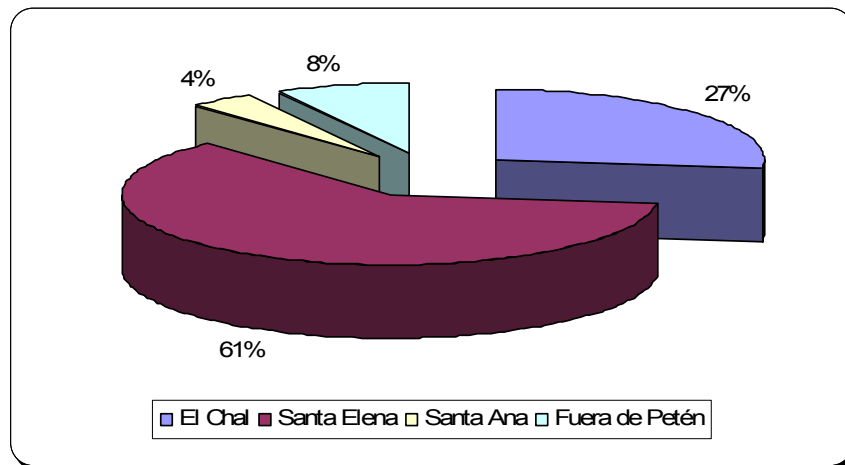
Fuente: CATIE (2006) (3).

En época de lluvia los precios de la leche son más bajos que en época seca, debido ha que en la época de lluvia aumenta la producción y los acopiadores no tienen la capacidad para comprar toda la leche que se produce en la zona, comprado a precios bajos y únicamente parte de la producción (3).

El precio que los productores consideran adecuado para que se incentiven las explotaciones lecheras y obtengan utilidades es de Q2.00 equivalente a \$0.26 centavos de dólar y que se sitúe dentro del rango de Q1.50 a Q3.00, que en dólares equivale a \$0.20 y \$0.40 centavos (3).

4.2.5.2 Precios pagados por los principales insumos según punto de compra

Los lugares utilizados para la compra de insumos agropecuarios se ilustran a través de la siguiente figura:



Fuente: CATIE (2006) (3).

Figura 5. Lugares de compra de insumos agropecuarios.

Dentro de los principales insumos utilizados por los productores de la zona piloto El Chal, en el desarrollo de sus actividades agropecuarias se encuentran herbicidas, accesorios para cercado de potreros, insumos veterinarios y semillas de pastos. En el cuadro 8, se describen los productos y su precio según el punto o lugar de compra.

Cuadro 8. Precio pagado por los principales insumos según punto de compra.

Producto	Unidad	Nombre del producto	Precio según punto de compra			
			Santa Elena	El Chal	Santa Ana	Fuera de Petén
Herbicidas	1 litro	Gramoxone	Q 45.00	Q 48.00	Q 48.00	Q 44.00
	1 litro	Hedonal	Q 43.00	Q 46.00	Q 46.00	Q 41.00
	1 litro	Paraquat	Q 45.00	Q 48.00	Q 48.00	Q 44.00
	1 litro	Ranger	Q 55.00	Q 57.00	Q 57.00	Q 52.00
	1 litro	Fusilade	Q 160.00	Q 165.00	Q 165.00	Q 158.00
Cercado de potreros						
	1 rollo	Alambre espigado (AG)	Q 160.00	Q 170.00	Q 170.00	Q 160.00
	1 libra	Grapas	Q 4.00	Q 4.75	Q 4.75	Q 4.00
Insumos Veterinarios	500 ml.	Vitamina ADE	Q 300.00	Q 310.00	Q 310.00	Q 300.00
	1,000 ml.	Desparasitante	Q 1,000.00	Q 1,050.00	Q 1,050.00	Q 1,000.00
	50 ml.	Vacuna Sintolav	Q 38.00	Q 40.00	Q 40.00	Q 36.00
	50 ml.	Vacuna Rayolav	Q 35.00	Q 38.00	Q 38.00	Q 34.00
Semilla de Pasto	1 kilo	Brizantha	Q 55.00	Q 58.00	Q 58.00	Q 55.00
	1 kilo	Toledo	Q 110.00	Q 115.00	Q 115.00	Q 110.00
	1 kilo	Mombasa	Q 90.00	Q 95.00	Q 95.00	Q 90.00
	1 kilo	Decumbens	Q 58.00	Q 60.00	Q 60.00	Q 58.00

Fuente: CATIE (2006) (3).

De acuerdo al a la figura 4 y el cuadro 8, la mayoría de los productores ganaderos realizan sus compras en Santa Elena, principalmente por la comodidad de los precios, así como la diversidad de productos y servicios que en este poblado pueden encontrar para satisfacer diversas necesidades.

4.3 Aspecto Biofísico

4.3.1 Clima

El clima en el área de estudio de acuerdo al sistema Thornthwaite se define como; cálido con invierno benigno, húmedo sin estación bien definida (A´b´Br) (MAGA 2001).

Con base en la información climatológica del período de 1994 – 2006 de la estación meteorológica tipo “A” localizada en la cabecera municipal de Flores (INSIVUMEH 2007), ubicada en las coordenadas 16° 54´ 53” de latitud Norte y 89° 51´ 59” de longitud Oeste a una altitud de 123 msnm, el clima del área presenta las siguientes características:

4.3.1.1 Temperatura

La temperatura media mensual varía entre los 23°C para el mes de enero y 29°C para el mes de mayo. Las temperaturas máximas mensuales varían entre 27°C y 36°C y las mínimas entre 17°C y 22°C.

4.3.1.2 Precipitación

En cuanto a la precipitación, esta oscila entre 1,200 a 2,800 mm anuales, siendo un factor variable.

La estación seca bien definida, que abarca de diciembre o enero hasta abril o mayo. Los meses con menos precipitación son febrero, marzo y abril (Figura 3).

4.3.1.3 Evapotranspiración

Los registros de evapotranspiración para el período de 1,994 – 2,006 de acuerdo a la estación pluviométrica de Flores, la cual mide la evaporación a través del tanque tipo A, oscilan entre 1,500 a 2,000 mm anuales, con un promedio de 1,700 mm.

4.3.1.4 Humedad relativa y viento

La humedad relativa del aire presenta valores promedios mensuales que van de 65 a 85 %. El viento presenta valores promedios mensuales que van de 3 hasta 8 Km/h.

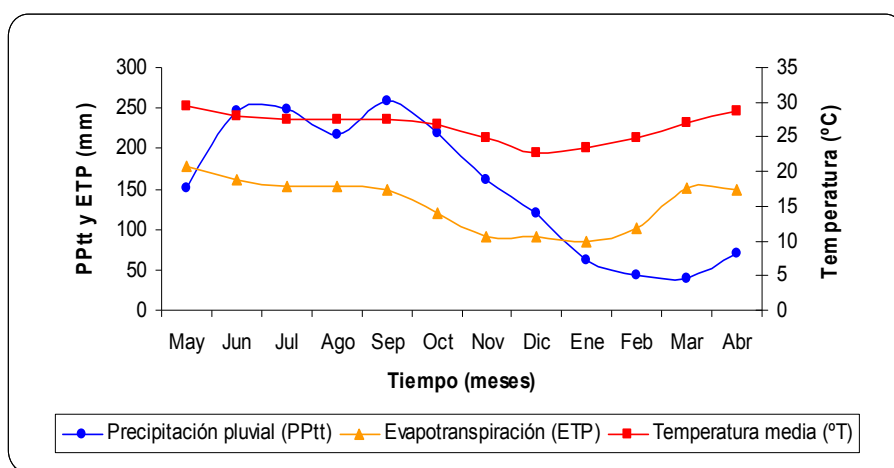


Figura 6. Climadiagrama de la estación meteorológica de Flores, Petén del período 1994 - 2006.

El climadiagrama muestra un déficit de lluvia respecto al valor de evapotranspiración en el período de enero a mediados de mayo, siendo en este último mes el inicio de la temporada lluviosa donde la frecuencia y cantidad de lluvia asciende considerablemente.

4.3.2 Zona de Vida

Según De La Cruz, J. (1982), basado en la clasificación de Holdridge, dos zonas de vida están presentes en el área en estudio. Las mismas se describen a continuación:

4.3.2.1 Bosque Muy Húmedo Subtropical (cálido)

Esta zona de vida se encuentra representada con la simbología bmh-S (c).

A. Localización y Extensión

Esta zona de vida cubre la mayor parte de la Zona Piloto, ocupando el 86% de superficie.

B. Topografía y Vegetación

La topografía de los terrenos de esta zona de vida corresponde a una topografía que va de plana hasta accidentada. La elevación varía desde 80 hasta 1,600 msnm.

La vegetación natural es una de las más ricas en su composición florística, sin embargo se pueden citar como indicadoras las siguientes: Corozo (*Orbignya cohune*), Canxán o Naranja (*Terminalia amazonia*), Ramón blanco (*Brosimum alicastrum*), Manchiche o Palo gusano (*Lonchocarpus spp.*), Palo sangre (*Virola spp.*), Guarumo (*Cecropia ssp.*), Ceiba (*Ceiba pentandra*), San Juan (*Vochysia hondurensis*) y el pino de Petén (*Pinus caribaea*)

4.3.2.2 Bosque Húmedo Subtropical (cálido)

Esta zona de vida se encuentra representada con la simbología bh-S (c).

A. Localización y Extensión

Esta zona de vida se encuentra en la parte este y oeste de la zona piloto, ocupando el 14% de superficie.

B. Topografía y Vegetación

Los terrenos correspondientes a esta zona de vida poseen generalmente una topografía suave. La elevación varía entre 50 hasta 275 msnm.

La vegetación natural indicadora en esta zona está constituida especialmente por: Nance (*Byrsonima crassifolia*), Lengua de vaca u hoja de lija (*Curtella americana*), Majagua (*Xylopia frutescens*), Chechén negro (*Metopium browneii*), Botán (*Sabal morisiana*), Chico zapote (*Manilkara zapota*), Señorita o Amapola (*Bombax ellipticum*), Pimienta (*Pimenta dioica*), Chinchique (*Aspidosperma megalocarpon*) y Son (*Alseis yucatanenses*).

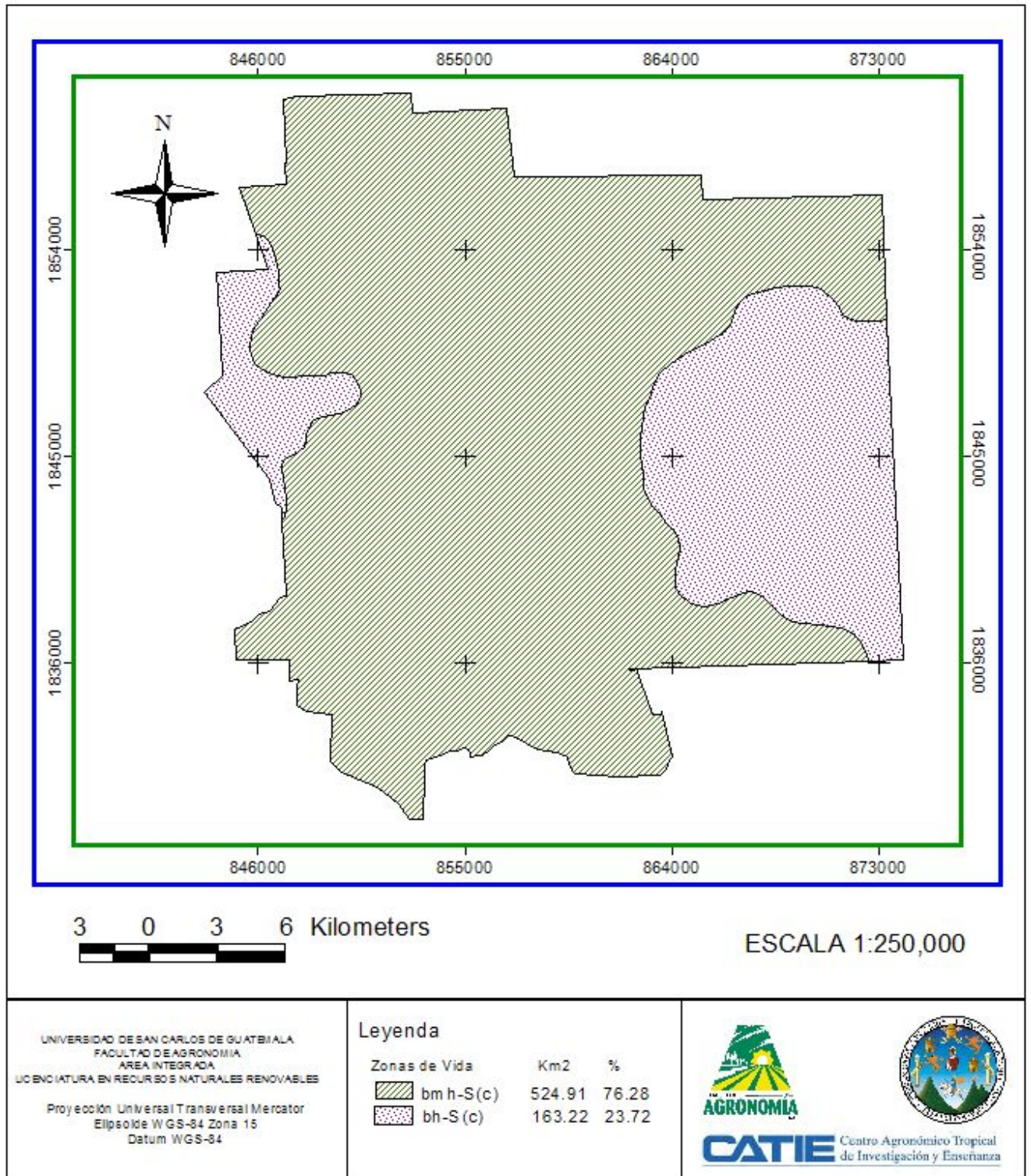


Figura 7. Mapa de Zonas de Vida de la zona piloto El Chal.

4.3.3 Hidrografía

La zona piloto El Chal forma parte de seis subcuencas que a su vez se encuentran dentro de dos cuencas; la subcuenca Laguneta Oquelix, subcuenca río San Pedro, la subcuenca Área de Captación río La Pasión y la subcuenca río San Juan pertenecientes a la cuenca Río La Pasión que drena a la vertiente del Golfo de México; la subcuenca del Río Mopán, subcuenca Sal si Puedes y subcuenca Área de captación río Belice pertenecientes a la cuenca del río Mopán que drena a la vertiente del Mar Caribe (Figura 6).

4.3.3.1 Cuerpos de agua

En la zona piloto se encuentran dos cuerpos de agua notables, siendo estas: la laguneta Oquelix y la laguneta El Quetzal, y de acuerdo al análisis de las imágenes Quick Bird® del año 2,003 se encuentran aproximadamente 1,800 aguadas que los productores ganaderos de la zona han construido con fines de abastecimiento de agua para uso animal.

4.3.3.2. Corrientes de agua

En la zona piloto se encuentra los arroyos; Sal Si Puedes y San Juan; los ríos: Sacnité y San Martín, los cuales convergen aguas abajo con el río San Juan perteneciente a la cuenca del mismo nombre (Figura 8).

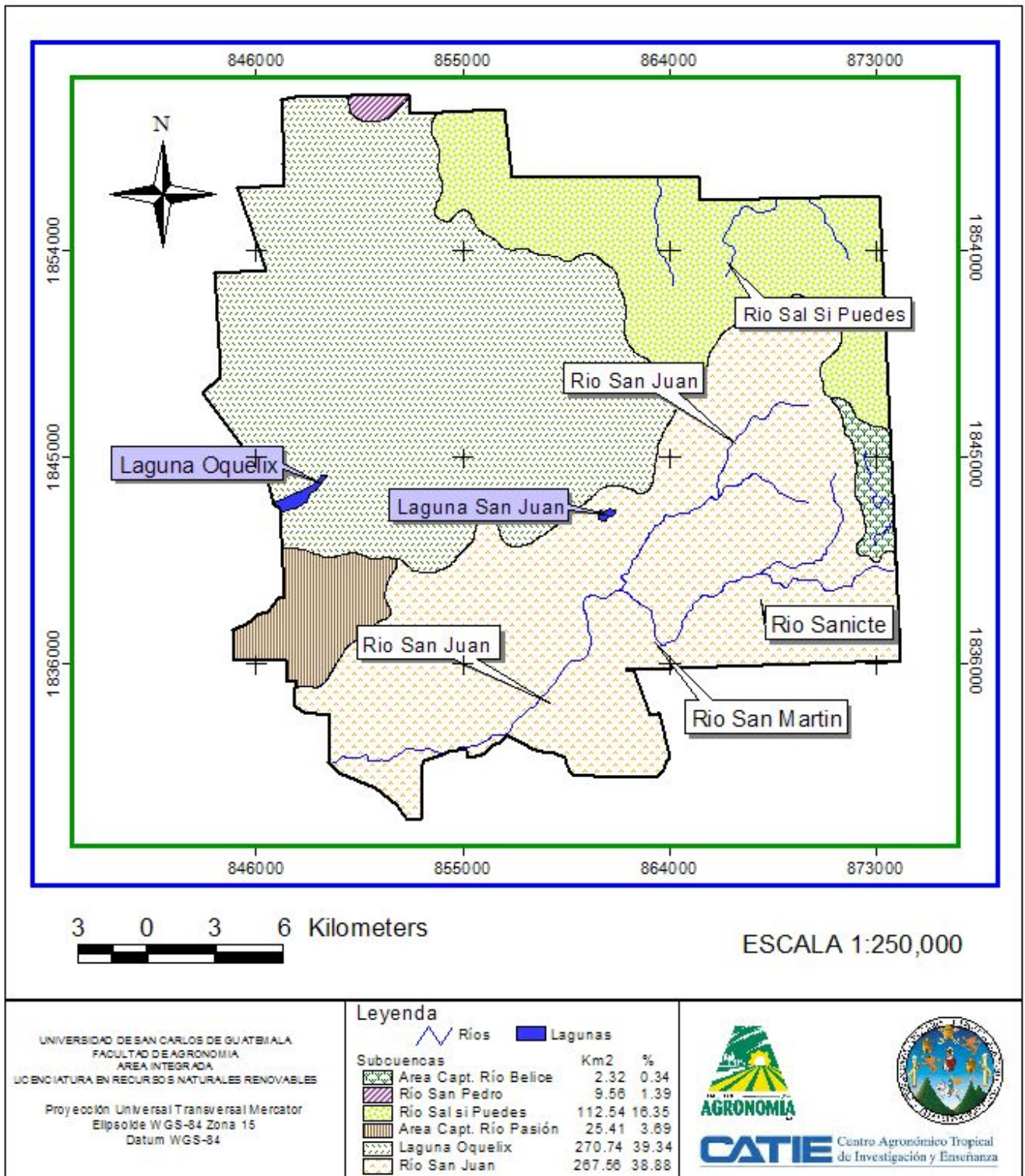


Figura 8. Mapa Hidrográfico de la zona piloto El Chal.

4.3.4 Fisiografía y geomorfología

De acuerdo a la memoria técnica del mapa fisiográfico-geomorfológico de Guatemala (8), el área en estudio esta situada en dos regiones fisiográficas, las cuales se describen a continuación:

4.3.4.1 Región Fisiográfica Tierras Bajas Interiores de Petén

Esta región fisiográfica esta representada por el siguiente gran paisaje:

A. Gran Paisaje: Planicie Aluvial de los ríos San Martín-San Juan-Machaquilá

Se caracteriza por presentar una topografía plana de forma irregular. Las elevaciones de las planicies van de los 150 msnm a 200 msnm. En algunas partes existen cerros y colinas de forma redondeada como producto de la erosión diferencial, que sobresalen en las partes de topografía plana.

Las rocas de esta unidad corresponden a rocas clásticas carbonatadas de grano fino, como limolitas y areniscas calcáreas, con intercalaciones de lutitas y a veces calizas finas; por lo tanto, son rocas carbonatadas meteorizadas.

El origen se debe a los procesos erosivos que han actuado sobre las rocas carbonatadas de las Montañas Mayas y del Lacandón, la presencia de fallas y fracturas ha favorecido la formación de pequeñas depresiones alargadas.

4.3.4.2 Región Fisiográfica Cinturón Plegado del Lacandón

Esta región fisiográfica esta representada por los siguientes tres grandes paisajes:

A. Gran Paisaje: Montaña Kárstica del Lacandón

Sus laderas exteriores son empinadas con ángulos mayores de 16%, haciéndose más verticales al llegar a las cimas. Las laderas de la parte interna tienen menor pendiente, siendo su parte superior de carácter similar a un arrecife. La altura promedio es de 150 msnm a 250 msnm.

Debido a la infiltración interna del agua, las corrientes superficiales perennes son escasas, esto ha dado origen a cavernas y dolinas (es el término que se le ha aplicado a los sumideros que se han originado por el desplome o depresión del fondo). La presencia de otros rasgos kársticos como lapiares (superficie rocosa de caliza, sumamente irregular), es también evidente en esta unidad.

La sección basal de la sierra de El Lacandón está compuesta de calcarenitas y conglomerados, mientras que las cimas son más carbonatadas, constituidas por calizas blancas y en menor grado por dolomías de la Formación Lacandón.

Al parecer, la formación Lacandón contiene mucho material carbonatado detrítico (calcarenitas y conglomerados) erosionado. La sierra del Lacandón representa un promontorio de las facies de plataforma carbonatada (arrecife) que se cree tienen viejas calizas del Cretácico como material primario. Estas calizas debieron haber permanecido emergidas desde su formación, ya que sobre ellas no ha habido deposición de rocas más jóvenes.

B. Gran Paisaje: Montañas Machaquilá – Yaltutú

Constituyen una colina de contorno redondeado, con pendientes del 4 al 8%. Las alturas van de los 300 a los 600 msnm. La topografía es kárstica, por lo que el drenaje superficial es pobre.

Las rocas son principalmente carbonatos del Cretácico, constituidas por calizas, dolomía y margas.

El origen de esta unidad es por levantamiento de los terrenos carbonatados y su posterior erosión que ha traído como resultado la dilución de las calizas por efectos químicos del agua de lluvia. La edad de esta unidad se asigna al Terciario.

C. Gran Paisaje: Llanura Coluvial Sedimentaria de Yaxchilán-El Subin-Machaquilá

Esta llanura ocupan una superficie de terreno con pendientes suaves (< de 4%), orientadas hacia el Sur. La elevación varía de 125 msnm a 225 msnm orientándose en sentido Este-Oeste. No se evidencia un patrón de drenaje superficial, existiendo áreas susceptibles a inundaciones donde se forman varios humedales y/o pantanos.

Esta unidad está formada por calizas detriticas, calcarenitas y conglomerados calcáreos de la Formación Lacandón del Grupo Verapaz.

El origen se debe a un fuerte proceso erosivo que tuvo lugar durante un largo período de tiempo que actuó sobre las rocas carbonatadas. Quizá el hundimiento de esta zona haya favorecido los efectos de la erosión, ya que existen fallas de tipo normal a nivel del subsuelo con buzamientos hacia el lado Sur, el que coincide con las partes que se encuentran al pie de las colinas kársticas.

La edad de estas formas posiblemente sea del Terciario inferior, puesto que las rocas son del Cretácico superior y la erosión se inició posterior a la deposición de las rocas carbonatadas.

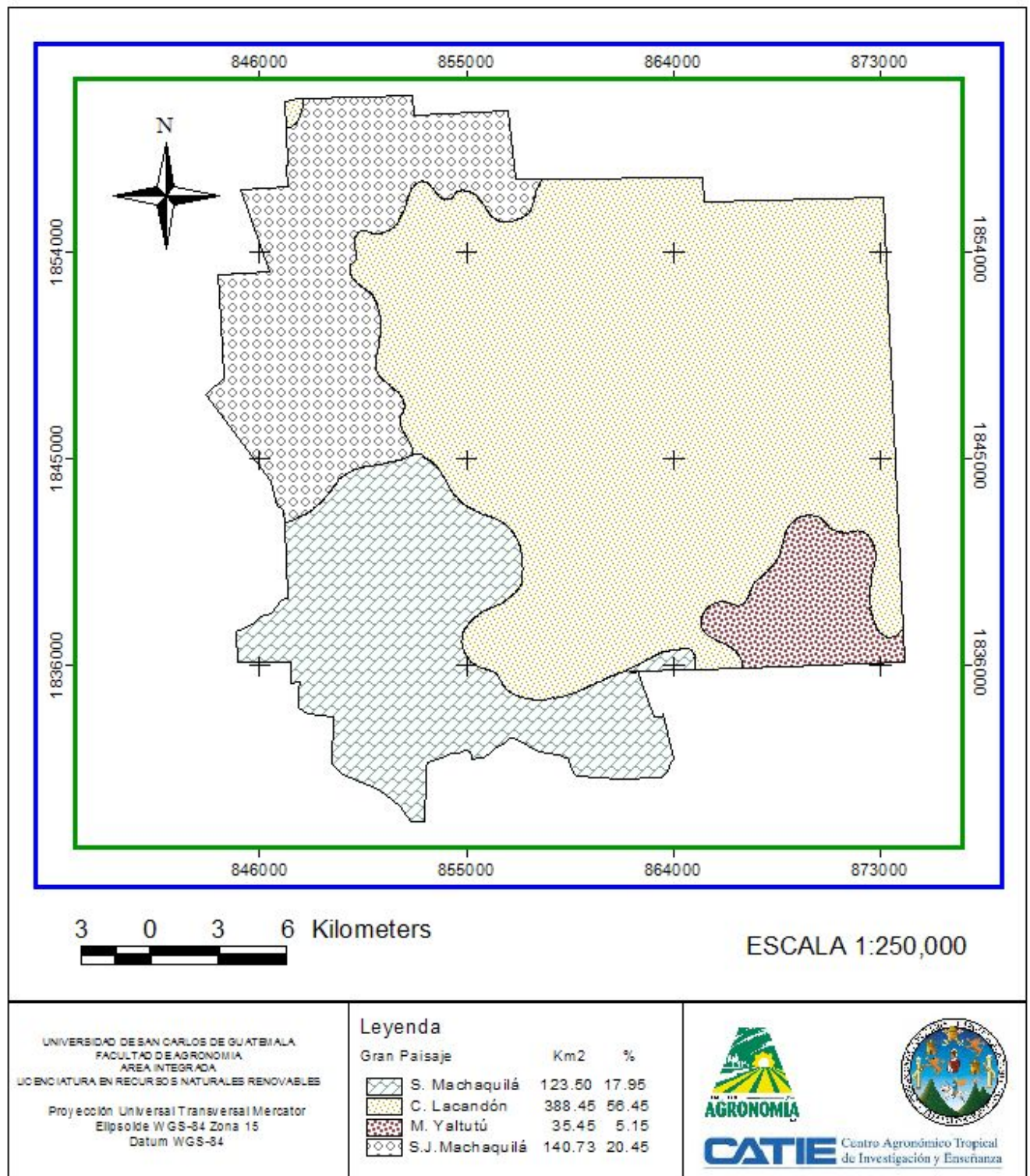


Figura 9. Mapa Fisiográfico - Geomorfológico de la zona piloto El Chal.

4.3.5 Serie de suelos

Las series de suelo presentes en el área de estudio son: Cuxú (Cx) Chachaclún (Chh), Yepocapa (Ya) y Jojlá (Jo) (Simmos, C (1956), las cuales ocupan una superficie de 48.36, 37.36, 12.31 y 1.97% respectivamente.

Serie de suelo Cuxú, es originada por material de roca caliza suave. El suelo presenta relieve plano con buen drenaje, la coloración del suelo superficial es café muy oscuro o negro y en el subsuelo es de color gris oscuro. La profundidad efectiva es de 150 cm catalogada como profunda.

Serie de suelo Chachaclún, es originada por residuos de roca caliza. El suelo presenta relieve plano con buen drenaje, la coloración del suelo superficial y el subsuelo es café rojizo. La profundidad efectiva es de 40 a 50 cm catalogada como delgada.

Serie de suelo Yepocapa, es originado por material de roca calcárea. El suelo presenta relieve plano con drenaje muy pobre, la coloración en el suelo superficial es negro y en el subsuelo su coloración puede ser negro grisáceo, gris muy oscuro, gris blanquecino o amarillento. La profundidad efectiva de más de 100 cm catalogada como profunda.

Serie de suelo Jojlá, es originada por material de roca caliza suave. El suelo presenta un relieve plano con buen drenaje, la coloración del suelo superficial y subsuelo es de color café muy oscuro o negro. La profundidad efectiva es de 50 cm catalogada como mediana.

Las series de suelos Cuxú, Yepocapa y Jojlá presentan textura arcillosa y consistencia plástica tanto en el suelo superficial como en el subsuelo. En el caso de la serie de Chachaclún, el suelo superficial presenta textura arcillosa limosa con consistencia moderadamente friable, el subsuelo al igual que las otras series es de textura arcillosa y consistencia plástica.

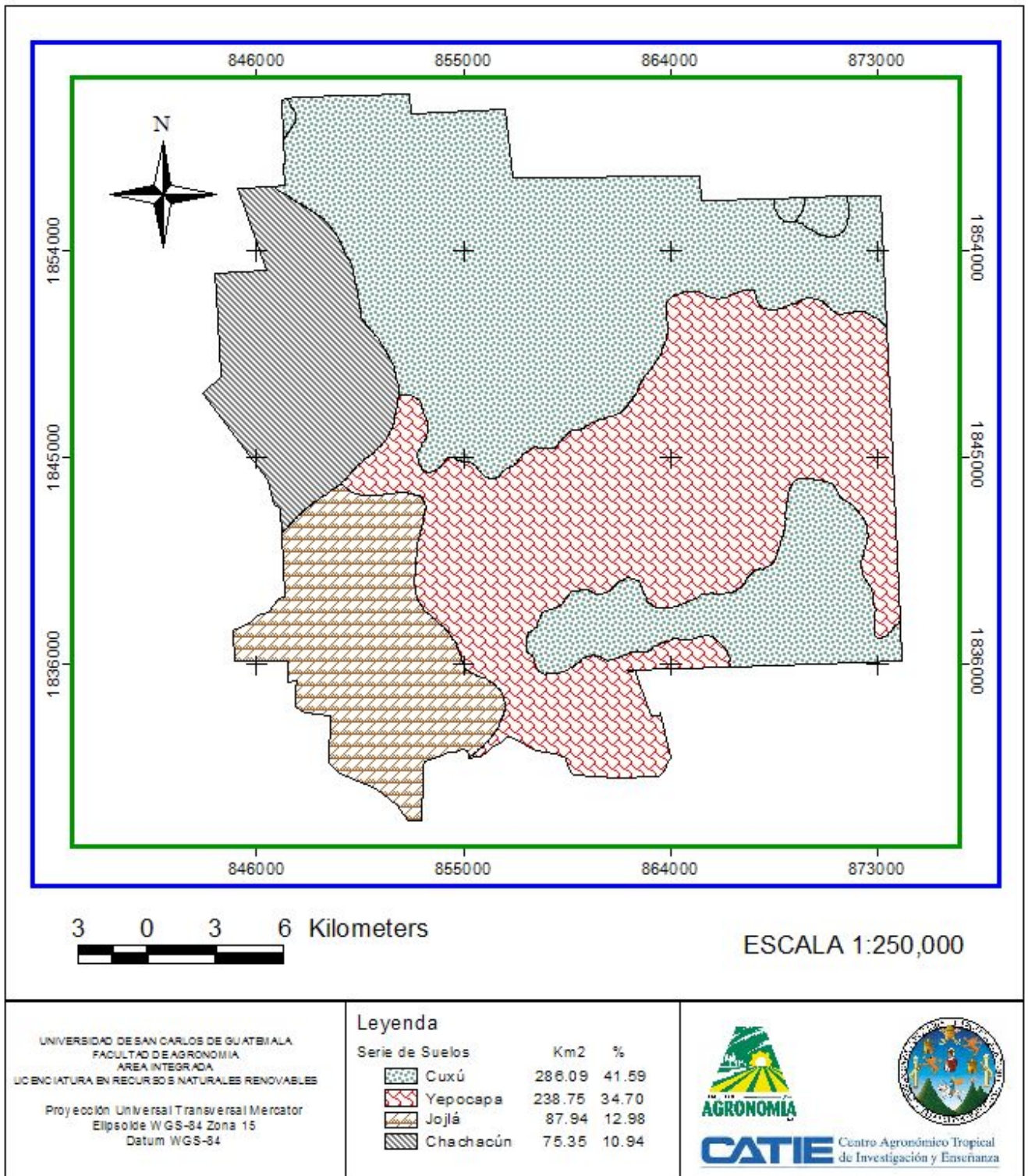


Figura 10. Mapa de Serie de Suelos de la zona piloto El Chal.

4.3.6 Uso de la tierra

De acuerdo al análisis de imágenes LANDSAT TM del año 2003, nueve usos de la tierra se encuentran en la zona piloto El Chal (Cuadro 9, Figura 10). La actividad pecuaria (áreas de pasturas) es la que ocupa la mayor superficie, por ser esta la actividad principal en que los productores basan su economía familiar, así mismo esta actividad es de tipo extensiva y con deficiente manejo de sus pasturas, existiendo degradación de las mismas las cuales sufren procesos de sucesión ecológica dando lugar a los guamiles, los cuales ocupan el segundo lugar de uso de la tierra evidenciando la pérdida de bosque por el avance de la frontera pecuaria. En tercer lugar se encuentran las áreas de sabana seguidas de bosque primario, estas últimas dejadas por algunos productores con el fin principal de abastecerse de madera para la construcción de casas así como la obtención de postes para la construcción de establos y el establecimiento de cercas.

Cuadro 9. Uso de la tierra en la zona piloto El Chal

No.	Uso de la tierra	Área	
		Km ²	%
1	Cuerpos de agua	1.47	0.21
2	Humedales	5.13	0.75
3	Pecuario (pastizales)	319.55	46.44
4	Guamil	266.80	38.77
5	Sabana	44.86	6.52
6	Bosque Primario	32.68	4.75
7	Poblados	9.63	1.40
8	Caminos	4.75	0.69
9	Ríos	3.25	0.47
Total		688.13	100

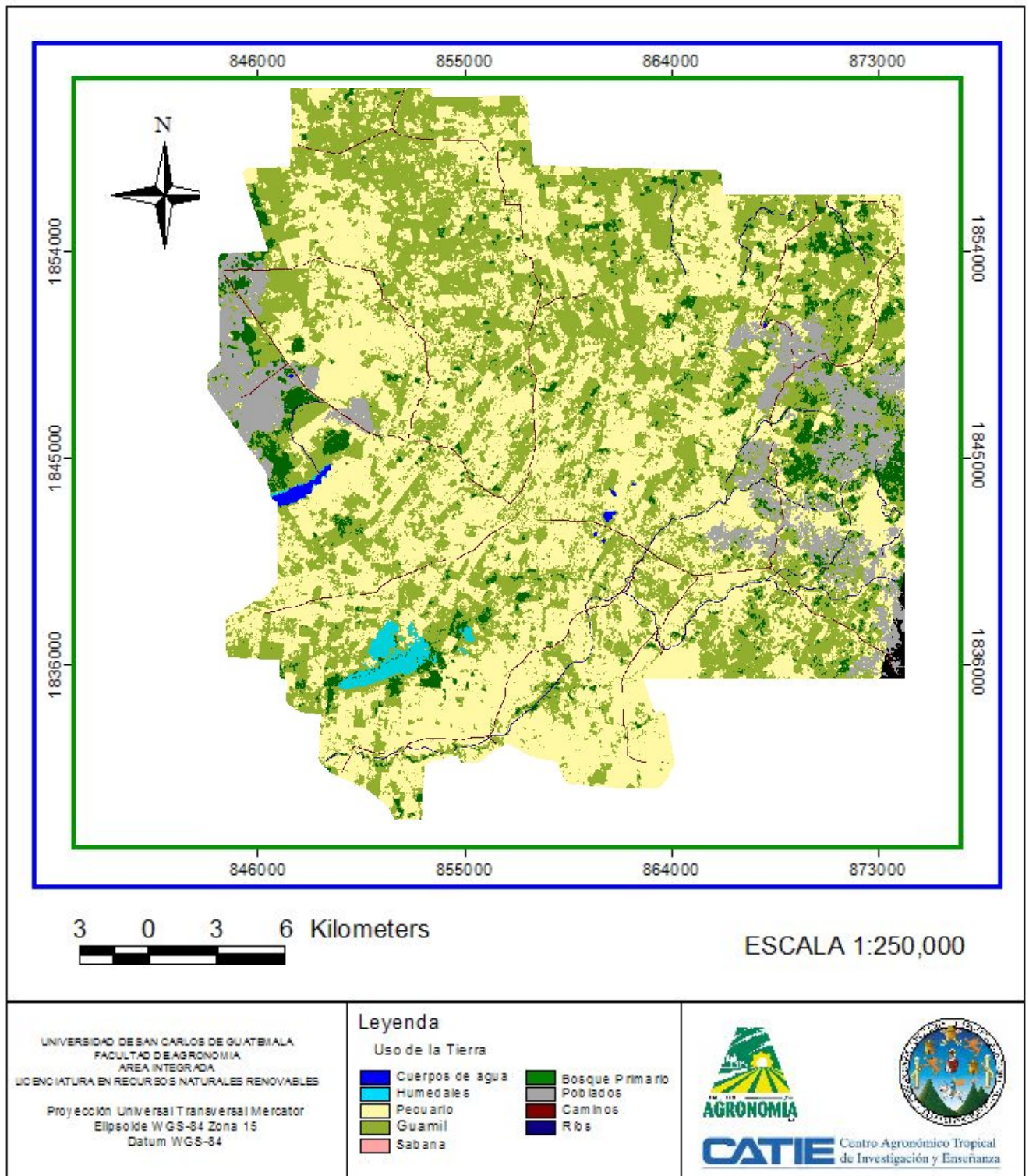


Figura 11. Mapa de Uso de la Tierra de la zona piloto El Chal.

4.3.7 Capacidad de uso de la tierra

De acuerdo con al MAGA (2001), bajo la metodología USDA, cinco clases de capacidad de uso de la tierra se encuentran en la zona piloto El Chal (Cuadro 10, Figura 12), predominando la capacidad con fines de pastoreo moderado y usos forestales (categorías VI, VII y VIII) abarcando un 63.31% de la superficie de la zona piloto, mientras que el restante 36.69 % es apropiada para actividades agrícolas moderadas y limitadas (categorías III y IV).

Cuadro 10. Capacidad de uso de la tierra en la zona piloto El Chal

No.	Capacidad de uso de la tierra	Área	
		Km ²	%
1	III agricultura moderada	202.70	29.46
2	IV agricultura limitada	49.72	7.23
3	VI pastoreo moderado/incluye	222.02	32.26
4	producción forestal		
5	VII pastoreo limitado/producción forestal	135.56	19.70
	VII protección forestal	78.13	11.35
Total		688.13	100

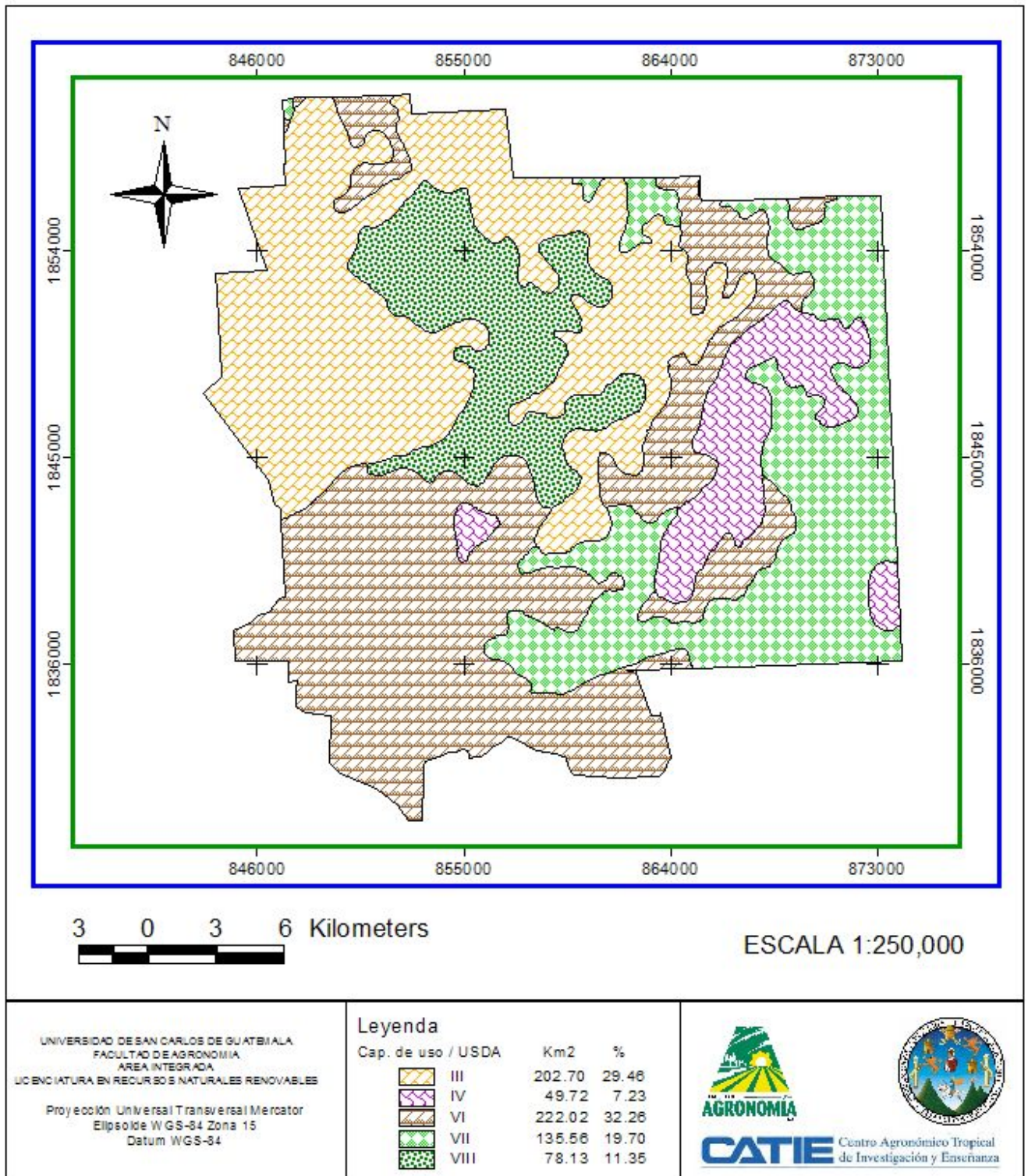


Figura 12. Mapa de capacidad de uso de la tierra en la zona piloto El Chal.

4.4 Identificación, alternativas de solución y priorización de problemas

4.4.1 Identificación de problemas

En base a la información recolectada en el área de estudio se logró identificar dos problemas principales, los cuales son referentes a los dos insumos esenciales para la alimentación del ganado y en gran medida decisivos en el éxito de un proyecto pecuario, siendo estos: 1) la alta degradación de pastizales y 2) el deficiente abastecimiento de agua para consumo animal durante la época seca. Estos problemas se esquematizan en árboles de problema, identificando sus causas y sus efectos (Figuras 13 y 14).

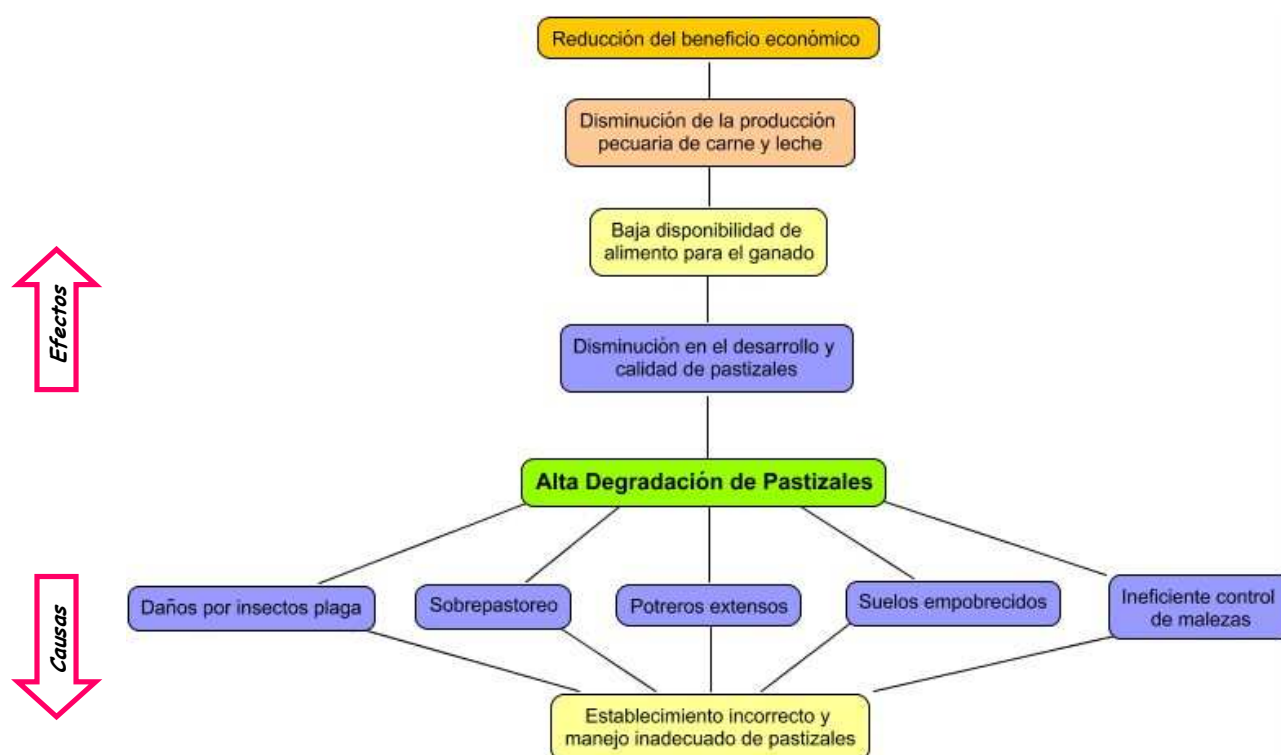


Figura 13. Árbol de Problema: alta degradación de pastizales.

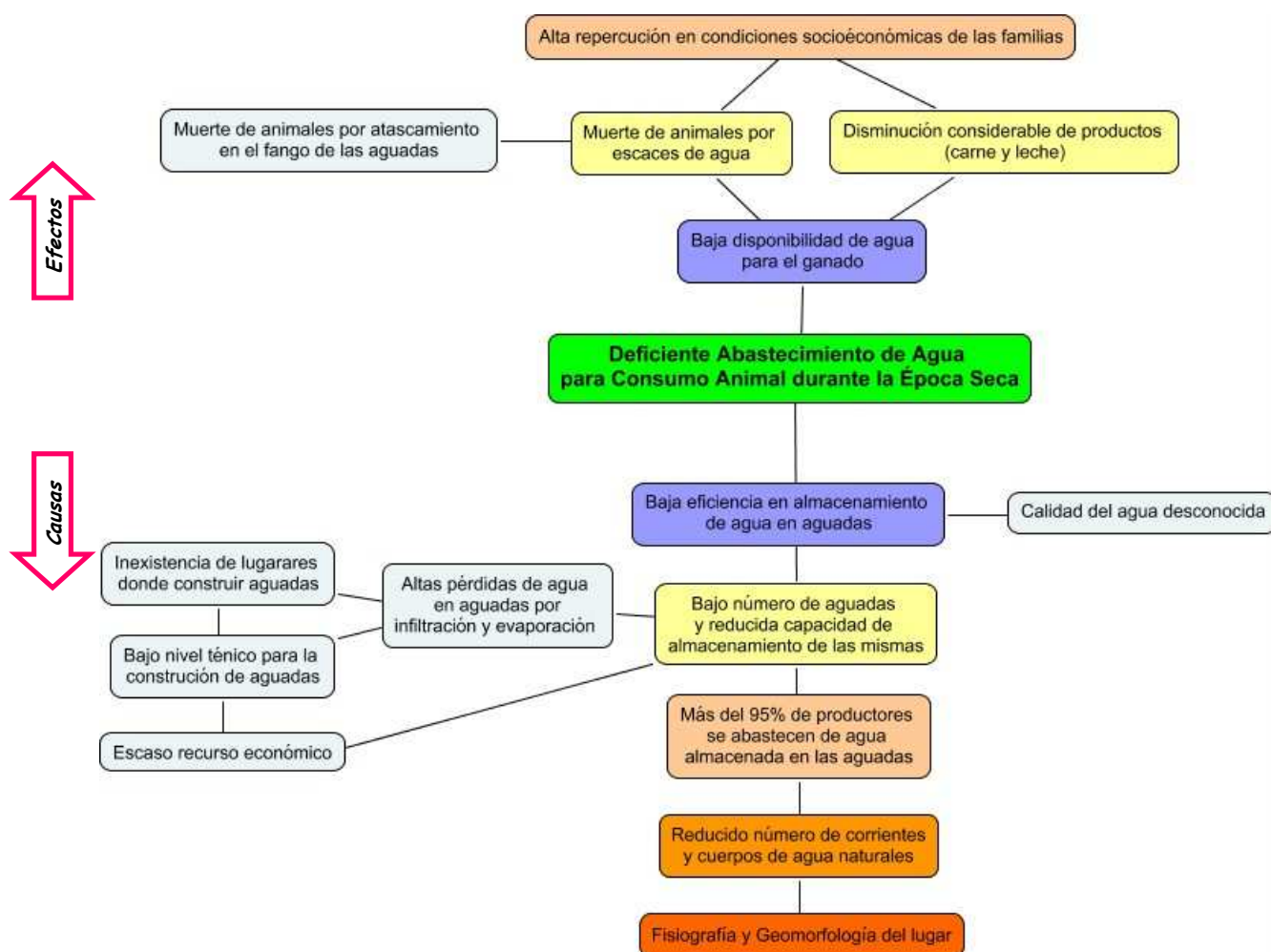


Figura 14. Árbol de Problema: deficiente abastecimiento de agua para consumo animal durante la época seca.

4.4.1.1 Descripción de los problemas

A. Alta degradación de pastizales

El problema de la alta degradación de pastizales, de acuerdo a las entrevistas con productores ganaderos y observaciones en el campo, se debe principalmente al incorrecto establecimiento y manejo inadecuado de pastizales, lo que debe su origen al desconocimiento de un manejo adecuado de pasturas, la escasez de recurso económico

que permita la inversión y la iniciativa de los productores a innovar y ser eficientes en los procesos productivos, lo que conlleva a daños ocasionados por insectos plagas, el sobrepastoreo, potreros extensos, suelos empobrecidos y el ineficiente control de malezas.

El problema de la alta degradación de pastizales (bajo desarrollo y calidad de pastos) repercute en la disponibilidad de alimento para el ganado, ocasionando baja producción de leche y carne, y por ende la reducción del beneficio económico percibido por los productores.

B. Deficiente abastecimiento de agua para consumo animal durante la época seca

Dentro de la zona piloto El Chal el área con más problema de acceso al agua para consumo animal es la parte norte, la cual comprende el paisaje fisiográfico de ondulaciones. La escasez de agua superficial en esta zona se debe a la fisiografía y geomorfología del lugar de características kársticas, en donde la presencia de cuerpos y corrientes de agua de forma natural es reducida, lo que conlleva a los productores ganaderos a abastecerse de agua de lluvia a través de la construcción de las aguadas, las que en su mayoría son deficientes en el almacenamiento de agua para el ganado durante la época seca, debido a las altas pérdidas de agua por infiltración y evaporación, así mismo el número y tamaño de estas estructuras está limitado por la falta de capital (10, 2).

El problema de abastecimiento de agua para consumo animal durante la época seca ocasiona la reducción de los productos (carne y leche) e inclusive la muerte de animales, lo que tiene un impacto negativo a las condiciones socio-económicas de las familias, por ser esta la actividad productiva principal generadora de ingresos económicos que permite satisfacer sus necesidades básicas.

Así mismo las aguadas presentan una desconocida calidad de agua para uso animal e inclusive humano, ya que algunas personas consumen esta agua para sus necesidades fisiológicas.

4.4.2 Alternativa de solución

Las alternativas de solución o reducción de los problemas de la alta degradación de pastizales y el deficiente abastecimiento de agua para consumo animal durante la época seca, lleva a esquematizar los siguientes árboles de solución u objetivo.

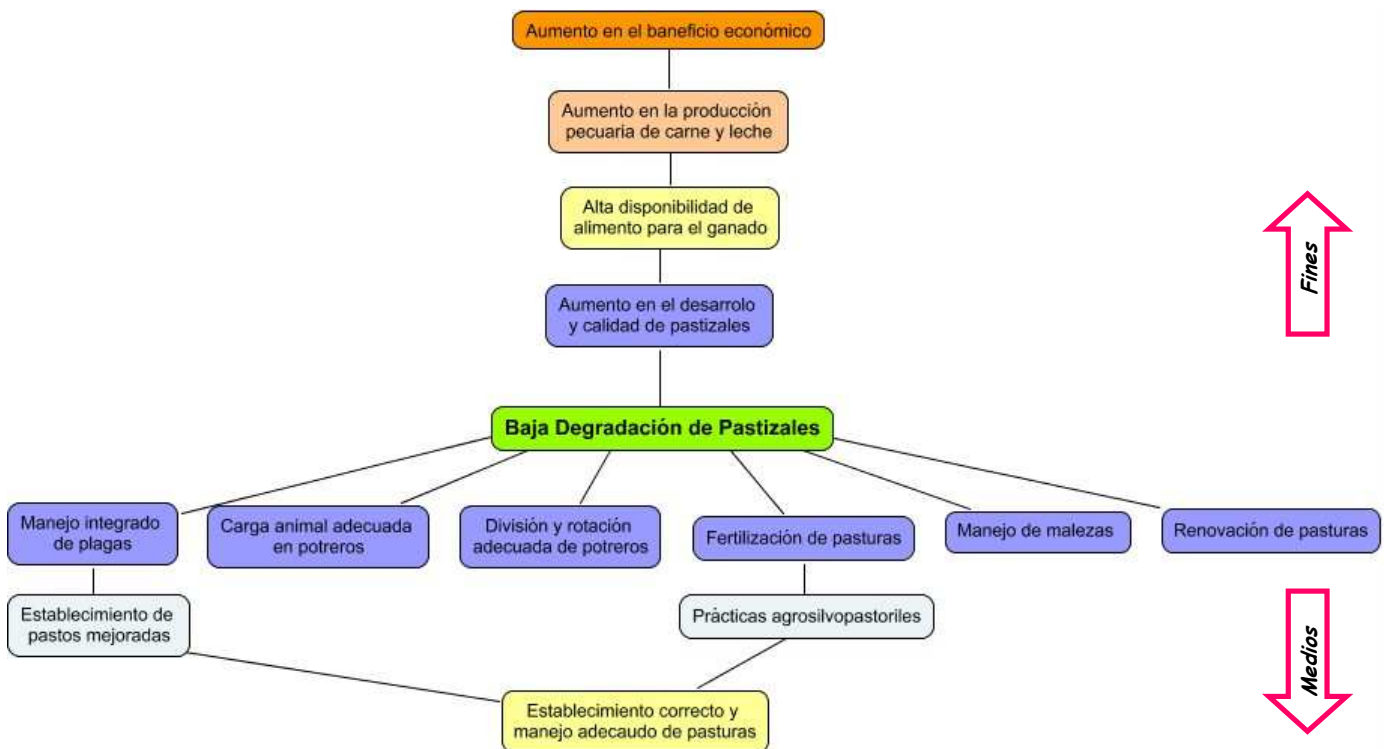


Figura 15. Árbol de Solución: baja degradación de pastizales

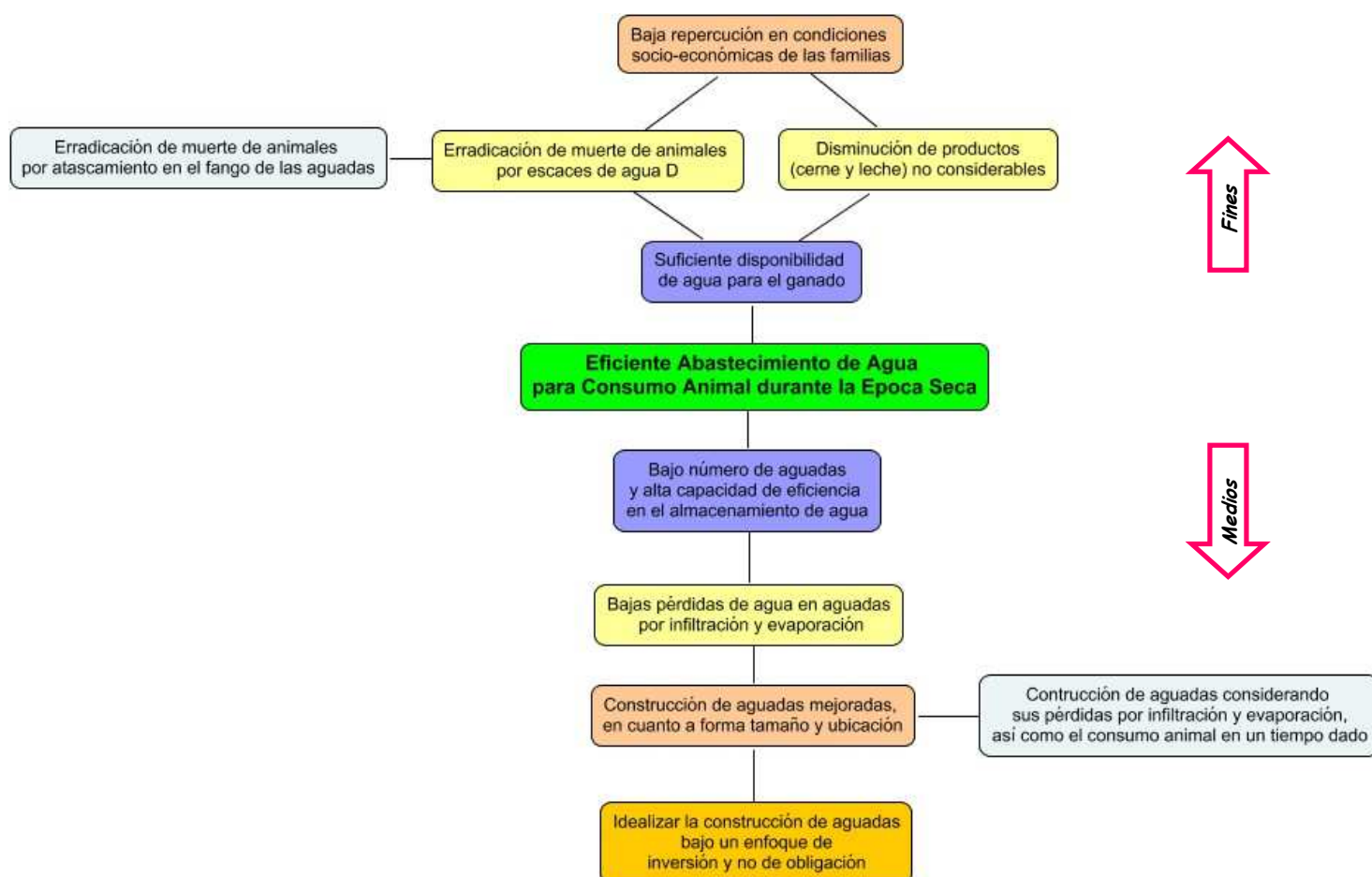


Figura 16. Árbol de Solución: eficiente abastecimiento de agua para consumo animal durante la época seca.

4.4.2.1 Descripción de las alternativas de solución

A. Alta degradación de pastizales

El proyecto CATIE / Noruega - PD, de desarrollo participativo de alternativas de uso sostenible de la tierra en áreas con pasturas degradadas, en gran medida ya ha tomado las acciones referentes a esta problemática, tales como: investigaciones en fertilización en

pastos, evaluación de cultivos de cobertura, alternativas de control de salivazo, así como proyectos demostrativos, entre los que se pueden mencionar: el establecimiento de cercas eléctricas, bancos proteicos y parcelas demostrativas de pastos. También se han realizado capacitación en alternativas de alimentación del ganado durante la época seca tales como: elaboración de ensilajes y bloques multinutricionales.

B. Ineficiente abastecimiento de agua para consumo animal durante la época seca

Es un problema prioritario que aún persiste, no solo dentro del área de estudio sino en buena parte del territorio del departamento de Petén. Sin embargo algunas aguadas han demostrado abastecer de agua para el consumo animal durante la época seca de forma eficiente (9). Es por ello que se hace necesario realizar una caracterización de las aguadas dentro de la zona piloto, El Chal, con el fin de obtener información necesaria en cuanto a los aspectos de ubicación, forma y tamaño de estas estructuras, para proponer lineamientos generales en la construcción de aguadas “Tipo”, que permitan a los productores mejorar el suministro de agua durante la época seca.

4.4.3 Priorización y decisión final

Como primer paso debe realizarse una investigación de caracterización de las estructuras de captación y aprovechamiento de agua de lluvia “aguadas” para el consumo animal en el paisaje fisiográfico de ondulaciones. Adicional a este tema de agua, debe realizarse un análisis de calidad de agua para consumo humano y animal del agua contenida en estas estructuras, así mismo debe establecerse una red pluviométrica en la zona piloto El Chal, con el fin de obtener información puntual de la precipitación pluvial en esta área.

5. CONCLUSIONES

- Los problemas que actualmente afectan a los productores ganaderos de la zona piloto “El Chal” son: la alta degradación de pastizales y el deficiente abastecimiento de agua para consumo animal durante la época seca, siendo este último problema al que aún no se le ha buscado solución.

- De acuerdo con el programa de Ejercicio Profesional Supervisado –EPS- de la Facultad de Agronomía, se estableció la realización de una investigación de caracterización de estructuras de captación y aprovechamiento de agua de lluvia “aguadas” para consumo animal en el paisaje fisiográfico de ondulaciones de la zona piloto El Chal, así como los servicios de análisis de calidad de agua para consumo humano y animal en aguadas, y el establecimiento de una red pluviométrica en la zona piloto.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. CATIE, GT. 2002. Consolidado de entrevistas a productores ganaderos de la zona piloto El Chal. Petén, Guatemala, Proyecto CATIE / Noruega -PD. s.p.
2. _____. 2004. Informe de reunión con productores ganaderos del ejido municipal de Santa Ana, Petén, Guatemala. Guatemala, Proyecto CATIE / Noruega - PD. 5 p.
3. _____. 2006. Estudio de línea base de condiciones de entorno y políticas que influyen en los resultados del proyecto CATIE / Noruega - PD de uso sostenible de la tierra en áreas de pasturas degradadas en la zona piloto El Chal, Petén, Guatemala. Guatemala. 16 p.
4. Cruz, JR De la. 1982. Clasificación de las zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
5. INE (Instituto Nacional de Estadística, GT). 2003. Censos nacionales XI de población y VI de habitación: características de la población y de los locales de habitación censados. Guatemala. 271 p.
6. INSIVUMEH (Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, GT). 2007. Registros climáticos del período 1994 - 2006 de la estación meteorológica de Flores Petén. Guatemala. s.p.
7. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT); PAFG (Plan de Acción Forestal para Guatemala, GT); INAB (Instituto de Nacional de Bosques, GT). 2001. Mapa fisiográfico – geomorfológico de la república de Guatemala: memoria técnica. Guatemala. Esc. 1:250,000. 109 p. Color.
8. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2001. Mapas del departamento del Petén, distintas escalas (en línea). Guatemala. Consultado 22 set 2006. Disponible en <http://maga.gob.gt/sig>.
9. Martínez Cano, A. 2006. Consolidado de entrevistas a productores ganaderos del ejido municipal de Santa Ana, Petén. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, Área Integrada. 6 p. (Sin publicar).
10. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación a nivel de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1,000 p.

CAPÍTULO II

INVESTIGACIÓN

CARACTERIZACIÓN DE ESTRUCTURAS DE CAPTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE
AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO ANIMAL “AGUADAS”
EN EL PAISAJE FISIAGRÁFICO DE ONDULACIONES EN LOS MUNICIPIOS DE SANTA
ANA Y DOLORES DEL DEPARTAMENTO DE PETÉN, GUATEMALA

CHARACTERIZATION OF STRUCTURES TO TRAP AND USE RAIN WATER FOR
ANIMAL CONSUMPTION ON THE UNDULATING PHYSIOGRAPHIC LANDSCAPE OF
SANTA ANA AND DOLORES, PETÉN, GUATEMALA

1. INTRODUCCIÓN

La construcción de aguadas es una práctica común que se utiliza como medio de aprovisionamiento de agua en gran parte del territorio del departamento de Petén. Estas prácticas u obras de captación de agua de lluvia son de menor costo en lugares en donde la presencia de cuerpos y corrientes de agua es escasa. Siendo su construcción relativamente accesibles a los productores ganaderos de bajos ingresos, por lo que predomina su uso para consumo animal, considerando su construcción no sólo como un medio realista y práctico para suplir las necesidades del ganado, sino también para lograr el alivio de las necesidades familiares de los productores rurales de esta zona, por ser esta la actividad productiva en que basan la obtención de sus beneficios económicos.

Sin embargo, la mayoría de las aguadas no abastecen de agua de forma eficiente durante la época seca, pero algunas si han demostrado ser eficientes durante esta época, es por ello que se hizo necesario realizar una caracterización de las aguadas dentro del paisaje fisiográfico de ondulaciones, el cual se ubica dentro de los municipios de Santa Ana y Dolores, siendo una de las áreas más críticas de la zona. En esta caracterización se recolectó información de los aspectos de construcción considerados por los productores ganaderos del lugar en cuanto a ubicación, forma y tamaño de las aguadas, así como los componentes con que cuentan estas estructuras, con lo que se propuso lineamientos generales de construcción de aguadas “Tipo o Mejoradas” que permitan a los productores mejorar el suministro de agua durante la época seca.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Dentro del proyecto de “USO SOSTENIBLE DE LAS TIERRAS DEGRADADAS EN PASTIZALES EN CENTROAMÉRICA”, que maneja la institución CATIE / Noruega - PD en los municipios de Santa Ana y Dolores del departamento de Petén, Guatemala; uno de los principales problemas que aqueja a los pequeños y medianos productores dedicados a la ganadería con fines de producción de carne y leche bovina, es el abastecimiento de agua para consumo animal durante la época seca acrecentándose más, en años con época seca larga. Este problema se da principalmente en la parte norte de los municipios lo que corresponde al paisaje fisiográfico de ondulaciones (2).

El problema de abastecimiento de agua ocasiona la disminución de los productos de carne y leche e inclusive la muerte de animales, lo que repercute de forma significativa a las condiciones socio-económicas de las familias, por ser esta la actividad productiva principal generadora de ingresos económicos que permite satisfacer sus necesidades básicas (3).

El problema de agua se debe a que el territorio de la zona piloto El Chal presenta una fisiografía y geología originados por un material tipo kárst, característico del departamento de Petén, en donde las corrientes y cuerpos de agua a veces tienen parte de un curso subterráneo dejando grandes regiones sin agua (15).

Debido a este problema más del 95% de los productores de esta zona se abastecen de agua para consumo animal de las “aguadas,” las cuales no son más que excavaciones o agujeros en la superficie de un terreno, hechas a mano o con maquinaria, que sirven para captar agua de lluvia de forma directa y almacenarla para ser utilizada durante la época lluviosa y principalmente en la época seca (11).

A pesar de contar con estas estructuras los productores ganaderos argumentan que el problema persiste durante la época seca debido a que en su mayoría las aguadas almacenan agua durante un breve período de esta época por ser construidas de forma improvisada, existiendo grandes pérdidas por infiltración y evaporación, además de no contar con suficientes áreas donde construirlas y recurso económico necesario para aumentar el número de estructuras y ampliar las ya existentes (2).

3. MARCO TEÓRICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 El agua y su importancia para los bovinos

El agua químicamente pura es la combinación del hidrógeno con el oxígeno. Al estado natural, es clara, sin color, ni olor. El agua forma parte de la alimentación de los animales, y después del oxígeno, es el componente más importante e indispensable para la vida sobre la tierra (5).

El agua constituye el mayor peso de animales y vegetales. La falta de agua puede producir la muerte rápidamente, más que la falta de cualquier otro elemento (5).

Para tener una idea de la importancia del agua, animales sometidos a ayuno pueden soportar la pérdida total de su grasa, una pérdida de la mitad de las proteínas corporales sin poner en riesgo la vida del animal, pero la pérdida de una quinta parte de su contenido acuoso le produce una deshidratación que lo lleva a la muerte (1).

Los animales utilizan el agua para su nutrición y crecimiento. Desde el punto de vista físico, el agua actúa en el animal como un amortiguador entre su propia temperatura y el medio ambiente. Desde el punto de vista nutricional, se comporta como un solvente universal. El agua favorece el ablandamiento y fermentación de los alimentos, permitiendo su asimilación y la excreción de orina y heces (5).

El agua es el principal constituyente celular, formando parte de más de la mitad del peso del animal. El peso corporal de una vaca contiene 55-60% de agua (5).

3.1.2 Consumo de agua

Las fuentes de obtención del agua por parte del animal para cubrir sus requerimientos son:

- a) Agua obtenida voluntariamente cuando el animal se abreva: esta estaría condicionada a factores como la temperatura ambiental, a la especie, al estado fisiológico.
- b) Agua contenida en los alimentos como la que se deposita sobre los mismos varía en un amplio rango, dependiendo de factores como son granos, ensilajes, material verde en pastos tiernos dependiendo del estado vegetativo de las plantas.
- c) Agua metabólica producto de la oxidación de los alimentos, puede llegar a representar entre el 5 y 10% del consumo total de agua.
- d) Agua liberada en las reacciones de síntesis, tales como la unión de los aminoácidos para la formación de proteína, si bien aporta una determinada cantidad no es suficiente para cubrir las necesidades metabólicas con lo cual el animal tiene que recurrir a sus depósitos corporales (1).

Existen varios factores que intervienen en la determinación del consumo de agua por parte de los animales, los cuales se clasifican de la siguiente manera:

Cuadro 1. Factores que intervienen en el consumo de agua por parte de los animales.

Factor biológico	Factor ambiental	Factor de la dieta
Calor producido Tasa metabólica Raza Variación individual Estado fisiológico	Temperatura ambiente Humedad ambiente	Cantidad de materia seca Consumida Naturaleza del alimento Temperatura del agua bebida Disponibilidad del agua Sales totales

Fuente: Bravera (2001) (1).

Los animales consumen una cantidad determinada de agua de acuerdo a los requerimientos dados por sus funciones productivas. Los factores que más modifican el consumo de agua son la temperatura ambiente y el tipo de alimento. La temperatura ambiente elevada aumenta los requerimientos de consumo (14).

Los alimentos como ensilajes, pasturas, tienen un alto porcentaje de humedad, mientras que los granos y henos tienen bajo porcentaje. Alimentos altamente energéticos, producen mucha agua metabólica, mientras que alimentos bajos en energía, producen poca. En general, todos los forrajes secos y concentrados, demandan un consumo de agua por parte del animal mayor que los forrajes verdes (5).

Los requerimientos de agua por unidad de peso corporal disminuyen con la edad. Las vacas lecheras, son las que más agua consumen de todos los bovinos, en proporción a su tamaño corporal, debido a que tienen grandes requerimientos de agua para poder mantener su producción láctea, ya que entre el 85 y el 87% de la leche, es agua (5).

En líneas generales se puede estimar el consumo de agua dentro de un intervalo del 8 al 12 % del peso del animal (1).

En el cuadro 2, se detalla la necesidad sobre el consumo de agua en diferentes categorías y peso de bovinos.

Cuadro 2. Necesidades aproximadas en litros de agua de bebida para bovinos.

Peso en Kg	4.4°C	10°C	14.4°C	21.1°C	26.6°C	32.2°C
Vaquillonas, novillos y toros en crecimiento						
182	15.1	16.3	18.9	22	25.4	36
273	20.1	22	25	29	33.7	48.1
364	23.8	25.7	29.9	34.8	40.1	56.8
Bovinos en terminación						
273	22.7	24.6	28	32.9	37.9	54.1
368	27.6	29.9	34.4	40.5	46.6	65.9
454	32.9	35.6	40.9	47.7	54.9	78
Vacas preñadas						
409	25.4	27.3	31.4	36.7		
Vacas lactando						
Más de 409	43.1	47.7	54.9	64	67.8	61.3
Toros						
636	30.3	32.6	37.5	44.3	50	71.9

Fuente: Bravera (2001) (1).

Durante la privación de agua hay pérdida de peso debido a la pérdida de agua desde los tejidos y desde el intestino, el cual actúa como reservorio de agua que mantiene al organismo hidratado. Una provisión inadecuada de agua, puede resultar en una disminución de la producción láctea más rápida y drásticamente que cualquier otra deficiencia nutricional (5).

Si el consumo de agua está limitado, el animal comienza a comer menos y más lentamente. La privación de agua generalmente resulta en pérdidas del peso corporal (5).

3.1.3 Hábitos de abrevado¹

Los animales cuando disponen con facilidad del agua para abrevarse lo hacen entre 2 a 7 veces por día. Por su comportamiento gregario, los animales cuando uno se dirige a la aguada algunos lo siguen o todos (1).

También se manifiesta el dominante que siempre se abreva primero, con lo cual alguno puede ser que no tome por tener restringido el acceso al bebedero. Lo mismo ocurre cuando hay en el rodeo animales con cuernos juntos con los animales sin cuernos teniendo los primeros, prioridad y muchas veces impiden que algunos animales accedan al bebedero (1).

La temperatura ambiental tiene una influencia determinante sobre las veces que un animal se abreva. Con temperaturas en el orden de los 26°C los animales tienden a consumir agua en la mañana y al final de la tarde. La calidad del forraje modifica la cantidad de veces que los animales consumen agua, lo mismo ocurre cuando se utilizan suplementos o concentrados (1).

En los pastoreos rotativos cuando el agua esta en la parcela el hábito de consumo se modifica a 6 a 7 veces por día (1).

¹ Abrevar: Dar de beber, principalmente al ganado.

3.1.4 Las Aguadas

Se denomina aguadas a los lugares donde el animal se abreva. Existen diferentes tipos: naturales y artificiales. En el siguiente cuadro se presenta la clasificación de las aguadas.

Cuadro 3. Clasificación de las aguadas.

Naturales	Permanentes	<i>Agua vertiente</i>	Manantiales Vertientes Vegas cordilleras Menucos Lloraderos Pantanos de sierra
		<i>Agua viva</i>	Ríos Arroyos Lagos Lagunas Bañados
		<i>Agua muerta</i>	Pantanos Charcos Cañadones Esteros
	Transitorias	Idem a permanentes, pero que en alguna época del año se secan.	
Artificiales	Del pozo	Pozo Pozo cribado, barreado o con colectores Perforación Perforación horizontal Pozo y perforación Captación de agua en manantiales Zanjas colectoras Galerías de captación	
	De superficie	Embalses por dique Estanques en superficie Represa excavada o estanque excavado Tajamar	
	Del subsuelo y superficie	Jagüel	

Fuente: Bravera (2001) (1).

3.1.4.1 Descripción de las aguadas

A. Aguadas naturales

Son aquellas que existen sin la intervención del hombre. Pueden ser permanentes o transitorias (1).

1. Agua de vertiente: es el agua que surge de la tierra, que se puede o no transformar en arroyo o río.

- a) **Manantial:** Ojo de agua o vertiente son sinónimos empleados para designar el lugar donde brota el agua.
- b) **Vegas cordilleranas:** Es el agua que surge de la tierra pero se encuentran en la cordillera.
- c) **Menuco:** Palabra araucana que significa agua en el bajo, agua subterránea (menú = abajo o adentro – co = agua). Son pozos naturales de agua surgente y potable.
- d) **Lloradero:** Lugar muy difuso en la montaña en donde caen muchas gotas como lágrimas que a veces se juntan para formar una corriente permanente.
- e) **Pantanos de sierra:** Lugares de tierra negra ubicados en depresiones y que son alimentados por vertientes que lo transforman en ciénagas² con el consiguiente peligro para la hacienda porque se empantanar.

2. Agua Viva: Es la que se encuentra en movimiento corriendo por su curso, siguiendo las diferencias de nivel de los terrenos.

² Ciénega: Lugar lleno de cieno (lodo que se forma en aguas estancadas).

Se presentan todas las alternativas en cuanto a tamaño, caudal curso, largo, ancho y sus orígenes. Cuando se encuentra con grandes desniveles de terrenos se forman los rápidos, saltos o cataratas y cuando falta pendiente se forman los esteros y cañadas. Existen diferentes alternativas de hacer uso de los ríos o arroyos teniendo siempre la precaución de evitar las contaminaciones y asegurar la entrada y salida de los animales luego de abrevarse. Se sabe que en muchos casos los lechos de los ríos son pantanosos al igual que los esteros en donde el animal puede quedar atrapado y no poder salir (1).

3. Agua muerta: Es cuando el agua no tiene movimiento, es decir que no corre por un cauce. Esta agua tiene un problema grande de contaminación que debe tenerse en cuenta para su uso (1).

B. Aguadas artificiales

Son aquella en donde el hombre interviene en su construcción. Para la ubicación de las corrientes de agua se realizan los estudios geológicos que se basan en el estudio de la composición del subsuelo e impermeables, obteniendo así una serie de datos que permiten determinar la existencia o ausencia de agua subterránea (1).

1. Pozo: Es una excavación generalmente hecha a mano que llega hasta el manto freático. Cuando se hace necesario por el tipo de terreno se calza el pozo con diferentes materiales (1).

2. Jagüel: Es un pozo artificial o una depresión natural donde se junta agua. Es fundamental evitar que los animales tengan acceso al agua en forma directa para no contaminarla (1).

3. Perforaciones: Es el acceso al agua subterránea por intermedio de la perforación realizada y la colocación de caños de un diámetro acorde con el caudal necesario. Para la extracción se utilizan bombas de superficie que puede ser un molino o bombas

accionadas por motores. Cuando el manto freático este a más de 6 metros se debe realizar el antepozo y luego la perforación correspondiente (1).

Existen también perforaciones horizontales en zonas montañosas, accediendo de esta manera a manantiales dentro de la montaña (1).

3.1.5 Estrategia de aprovisionamiento de agua

Siempre en la estrategia de asegurar la provisión de agua para los animales se debe analizar la dimensión de los depósitos necesarios para alcanzar el objetivo de tener agua fresca y en cantidad suficiente (1).

De acuerdo al lugar donde esté ubicado el establecimiento se debe determinar que tipo de depósito se utilizará, encontrando diferentes alternativas de acuerdo a si el agua es de procedencia subterránea, aguas vivas o de lluvia. A continuación se presentan algunos ejemplos:

Cuadro 4. Tipos de depósitos de agua de acuerdo a su procedencia.

Aprovisionamiento por aguas vivas	Embalses
Aprovisionamiento por aguas vivas y/o de lluvia	Estanques o represa superficial Estanque escavado o represa escavada Represa o estanque escavado simple
Aprovisionamiento por agua de lluvia	Minirepresa en cárcava Colector principal Tanque australiano Tanque de ladrillos Tanque de paredes de tierra Tanque de paredes de cemento Tanque australiano con bebederos
Aprovisionamiento por agua Subterránea	Tanque australiano con bebederos Tanque bebedero Tanque cubierto Tanque cubierto con bóveda y bebedero Tanque chaco

Fuente: Bravera (2001) (1).

También se debe dimensionar las reservas de acuerdo a las posibilidades climáticas en cuanto a vientos de la zona, o la permanencia de los cursos de agua, o a la duración de las aguas estancadas en lagunas (1).

Como primer factor a tener en cuenta es la receptividad del campo y por ende la cantidad de animales que se debe abrear por día. El cálculo se debe realizar sabiendo que se tiene que tener una disponibilidad diaria de 40 litros por animal, considerando los días probables de sequía y un margen de seguridad para casos extremos (1).

3.1.6 Clasificación de estructuras de cosecha de agua de lluvia para uso agrícola y pecuario en Guatemala

El Plan de Acción para la Modernización y fomento de la Agricultura bajo Riego "PLAMAR" (10) en Guatemala, dentro de su programa de cosecha de agua de lluvia a través de embalses para riego presenta la siguiente clasificación de embalses (Figura 1), los cuales también pueden llamarse, charcas, estanques o aguadas:

3.1.6.1 Embalse Tipo I

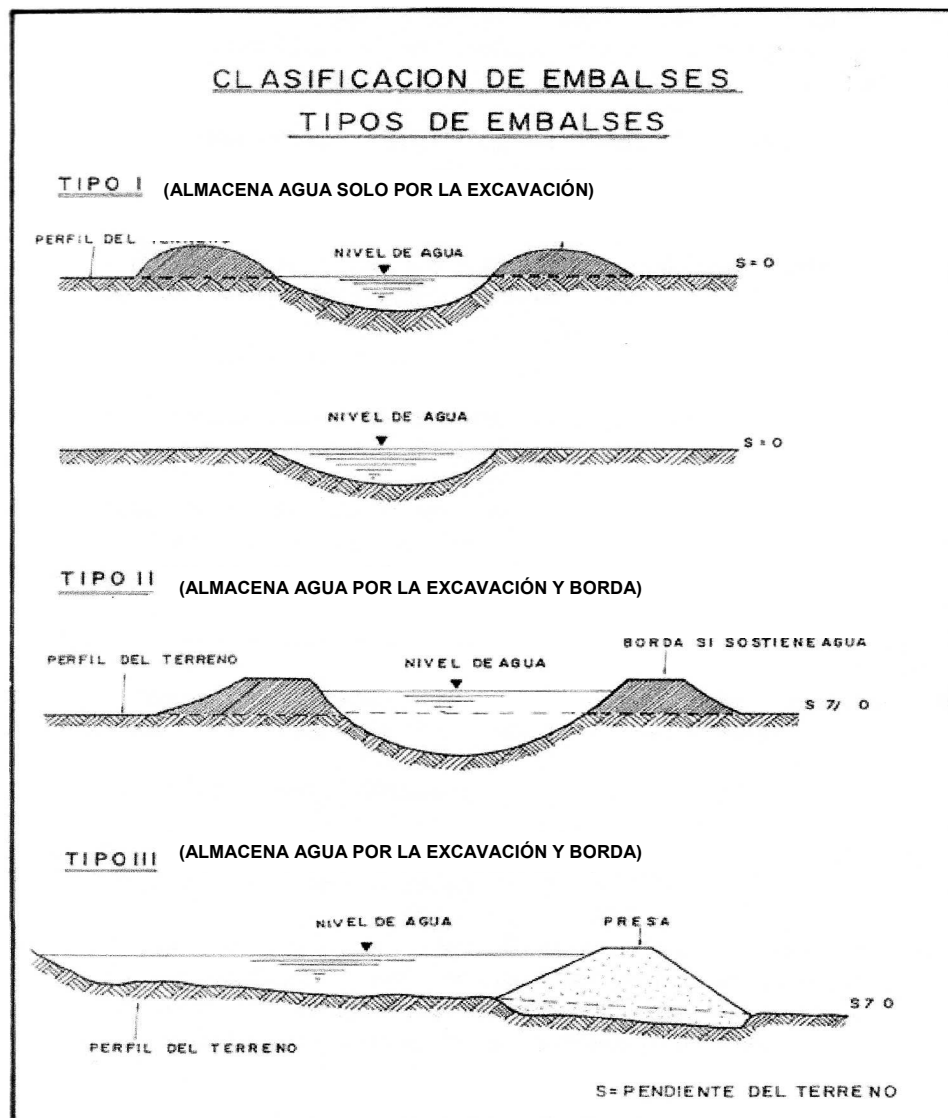
Estos almacenan agua por efectos de la excavación de tierra. Se construyen de pendientes muy suaves y son relativamente pequeños. Se utilizan para abrevaderos de ganado mayor.

3.1.6.2 Embalse Tipo II

Estos embalses almacenan agua por excavación y mediante la conservación de la construcción de una presa o borda. Se construyen en terrenos de pendientes mas pronunciadas y son por lo general de mayor dimensión que los del Tipo I. Son utilizados para riego de auxilio y riego para semilleros.

3.1.6.3 Embalse Tipo III

Estos embalses requieren la construcción de una presa, sobre la sección angosta del río para almacenar el agua. Se ubican en terrenos que en forma natural tienen un vaso de almacenamiento, y requieren una presa para completar su forma. El volumen puede ser considerablemente mayor que los anteriores y requiere de estudio a más detalle (edáficos, topográficos y diseño de obra civil). Se utilizan para riego de cultivos anuales.



Fuente: MAGA; PLAMAR (2,005) (10).

Figura 1. Clasificación de embalses.

3.1.7 Factibilidad de un diseño de sistema de captación de agua de lluvia

En el diseño de un sistema de captación de agua de lluvia es necesario considerar los factores técnicos, económicos y sociales (16).

3.1.7.1 Factor Técnico

Los factores técnicos a tener presente son la producción u oferta y la demanda de agua:

A. Producción u “oferta” de agua: Está relacionada directamente con la precipitación durante el año y con las variaciones estacionales de la misma (16).

B. Demanda de agua: A su vez, la demanda depende de las necesidades del interesado y que puede estar representada por el agua para consumo humano, animal o agrícola (16).

3.1.7.2 Factor Económico

Al existir una relación directa entre la oferta y la demanda de agua, las cuales inciden en el área de captación y el volumen de almacenamiento, se encuentra que ambas consideraciones están íntimamente ligadas con el aspecto económico, lo que habitualmente resulta una restricción para la mayor parte de los interesados (16).

3.1.7.3 Factor Social

En la evaluación de las obras de ingeniería siempre se debe tener presente los factores sociales, representados por los hábitos y costumbres que puedan afectar la sostenibilidad de la intervención. Por lo que el estudio debe visualizar las ventajas y desventajas de la manera tradicional de abastecimiento de agua y de la tecnología propuesta, buscando que los interesados seleccionen lo que más le conviene emplear (16).

3.2. MARCO REFERENCIAL

3.2.1 Aspectos Geográficos

3.2.1.1 Localización Geográfica

El paisaje fisiográfico de ondulaciones se encuentran ubicado en las coordenadas UTM siguientes: al Norte $18^{\circ}60000$ m y $8^{\circ}55000$ m; al Sur $18^{\circ}45000$ m y $8^{\circ}50000$ m; al Este $18^{\circ}55000$ m y $8^{\circ}65000$ m; y al Oeste, $18^{\circ}45000$ m y $8^{\circ}50000$ m (Figura 2).

3.2.1.2 Ubicación Administrativa

El paisaje fisiográfico se encuentra ubicado dentro de la zona piloto El Chal, la que a su vez se ubica dentro de los municipios de Santa Ana y Dolores del departamento de Petén (Figura 2).

3.2.1.3 Vías de Acceso

Para llegar al paisaje fisiográfico de ondulaciones se recorre 45 Km de la ruta CA-13 partiendo de la cabecera departamental ciudad de Flores y 470 Km de la ciudad de Guatemala. En el área comprendida por el paisaje fisiográfico se encuentran caminos de terracería en regular estado que comunican a los centros poblados. Estas carreteras son transitables tanto en época seca como en época de lluvia.

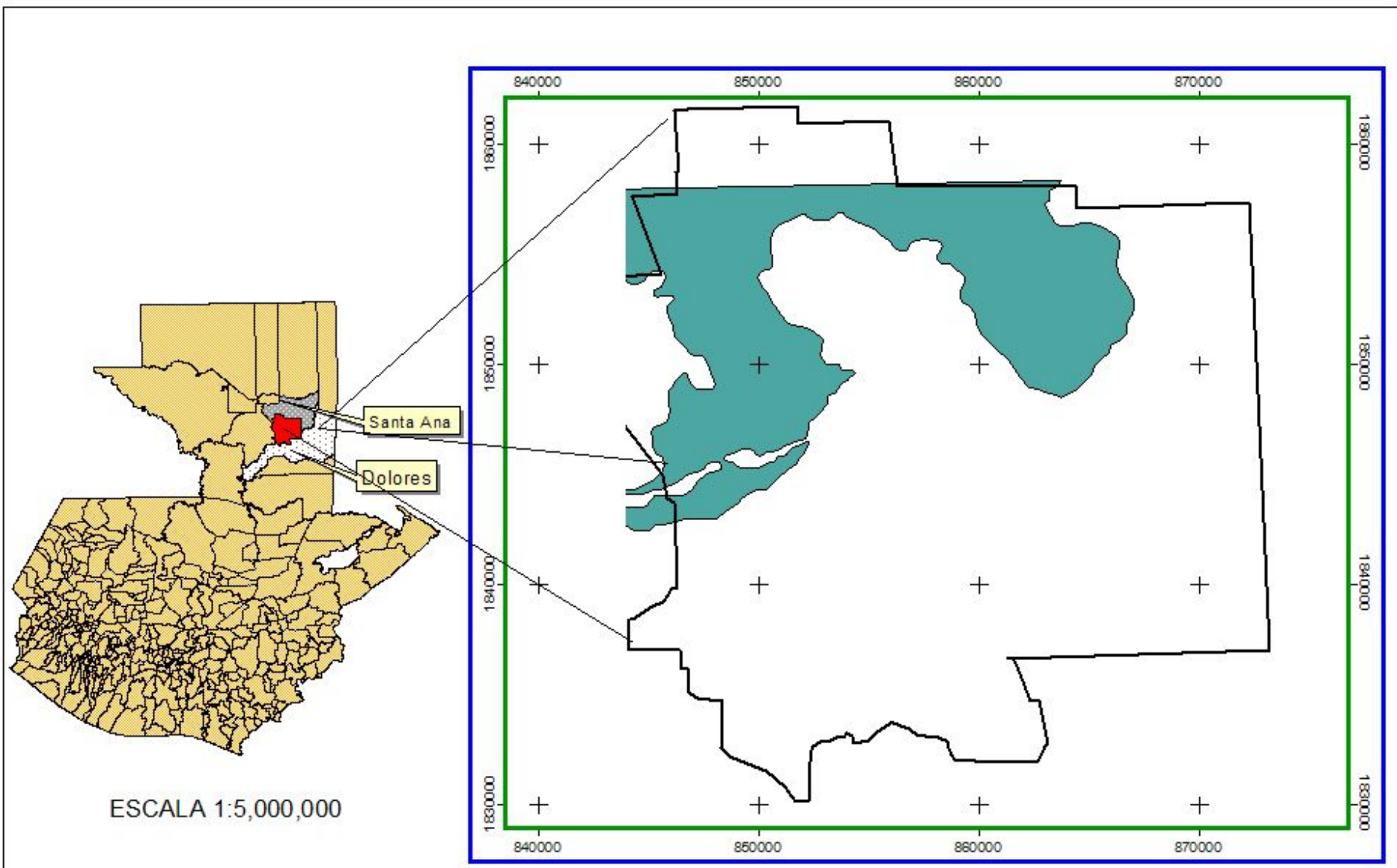


Figura 2. Ubicación Geográfica-Administrativa del área en estudio.

ESCALA 1:250,000

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE AGRONOMIA
 AREA INTEGRADA
 LICENCIATURA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

Proyección Universal Transmercator
 Elipsoide WGS 84 Zone 15
 Datum WGS 84

Leyenda

- Zona Piloto 688.13 Km²
- Pobladors
- Paisaje de ondulaciones 167.06 km²
- Caminos
- asfalto
- terracería



CATIE

Centro Agronómico Tropical
 de Investigación y Enseñanzas



3.2.2 Aspecto Socioeconómico

3.2.2.1 Demografía

De acuerdo a la base de datos del INE del año 2002 (6), la población aproximada en el área de estudio es de 2,754 habitantes. En el siguiente cuadro se muestra el número de habitantes por centro poblado y el municipio al que pertenecen.

Cuadro 5. Número de habitantes por centro poblado dentro del paisaje fisiográfico de ondulaciones.

No.	Municipio	Centro Poblado	Población (Total)	Sexo	
				Masculino	Femenino
1	Santa Ana	La Pita	229	114	115
2	Santa Ana	El Zapote Bobal	218	123	95
3	Santa Ana	La Sardina	519	272	247
4	Santa Ana	Nuevo Horizonte	369	191	178
5	Santa Ana	El Juleque	744	398	346
6	Santa Ana	El Cartucho	424	205	219
7	Dolores	El Ocote	251	134	117

Fuente: INE (2003) (6).

3.2.2.2 Infraestructura y servicios

En el siguiente cuadro se presentan el número de viviendas por comunidades que presentan servicio de agua y electricidad.

Cuadro 6. Número de viviendas por comunidad que presentan servicio de agua y electricidad.

Centro Poblado	No. de viviendas	Agua	Electricidad
La Pita	58	46	1
El Zapote Bobal	37	0	3
La Sardina	90	77	0
Nuevo Horizonte	64	48	35
El Juleque	168	0	100
El Cartucho	91	35	49
El Ocote	203	15	7

Fuente: INE 2003 (6).

La fuente de agua para algunas comunidades son: pequeños pozos artesanales, manantiales o inclusive pozos mecánicos. Sin embargo, no todas las familias cuentan con este servicios o este aún es deficiente en el caso de contar con un pozo mecánico, por lo cual durante la época de lluvia la mayoría de las familias se abastecen de esta agua para uso doméstico y el propio consumo humano, captando el agua a través de los techos de las casas y almacenándola en depósitos. Durante la época seca las personas se abastecen de agua de aguadas, las cuales pueden ser exclusivas para el uso doméstico o servir también para el abrevamiento de ganado o de animales domésticos (11).

En cuanto al servicio eléctrico solamente la comunidad del Juleque cuenta con este, la presencia de energía eléctrica en algunas viviendas de las restantes comunidades se debe a la utilización de plantas eléctricas generadas por combustible (11).

En lo que respecta a educación todos los centros poblados cuentan con una escuela primaria e inclusive algunas presentan escuelas secundarias. (11)

En cuanto a la salud, las personas acuden con el promotor de salud de la comunidad o bien al puesto de salud ubicado en El Chal o a clínicas privadas en Santa Elena (12).

3.2.2.3 Actividades productivas e ingresos familiares

La principal actividad productiva de las familias de la región, es la ganadería con fines de producción de carne y leche (3).

En el cuadro 7 se presentan las fuentes principales de ingreso y el ingreso promedio mensual de las familias.

Cuadro 7. Fuentes principales de Ingreso e ingreso promedio mensual de las familias.

Fuente	Ingreso promedio mensuales
Productores ganaderos	Q 3,000.00 - Q 6,000.00
Agricultura	Q 1,100.00 - Q 1,500.00
Negocios (tiendas)	Q 1,500.00 - Q 2,000.00
Salario	Q 1,200.00 - Q 1,600.00

Fuente: CATIE (2006) (3).

3.2.2.4 Precios recibidos por los principales productos

Los precios recibidos por los principales productos se detallan en el siguiente cuadro:

Cuadro 8. Precios recibidos por los principales productos puestos en finca.

Producto	Precio en Q y \$
Precio en pié	
Ternero de 227 kilos de peso	Q 10.56/kilo \$1.40/kilo
Ternero de 386-409 kilos de peso	Q 11.22/kilo \$1.49/kilo
Vaca de desecho (300-315 Kg.)	Q 7.92/kilo \$1.05/kilo
Novilla (300-320 Kg.)	Q 10.12/kilo \$1.34/Kilo
Precios de litro de leche en época seca	Q 1.50/litro \$0.20/litro
Precio de litro de leche en época de lluvia	Q 1.25/litro \$0.17/litro

Fuente: CATIE (2006) (3).

En época de lluvia los precios de la leche son más bajos, debido a que aumenta la producción y los acopiadores no tienen la capacidad para comprar toda la leche que se produce en la zona, por lo que se aprovechan para comprar a precios bajos y no compran toda la producción (3).

3.2.3 Aspecto Biofísico

3.2.3.1 Clima

El clima en el área de estudio de acuerdo al sistema Thornthwaite se define como; cálido con invierno benigno, húmedo sin estación bien definida (A´b´Br) (MAGA 2001).

Con base en la información climatológica del período de 1994 – 2006 de la estación meteorológica tipo “A” localizada en la cabecera municipal de Flores (INSIVUMEH 2007), ubicada en las coordenadas 16° 54´ 53” de latitud Norte y 89° 51´ 59” de longitud Oeste a una altitud de 123 msnm, el clima del área presenta las siguientes características:

A. Temperatura

La temperatura media mensual varía entre los 23°C, para el mes de enero y 29°C, para el mes de mayo. Las temperaturas máximas mensuales varían entre 27°C y 36°C y las mínimas entre 17°C y 22°C.

B. Precipitación

En cuanto a la precipitación, ésta oscila entre 1,200 a 2,800 mm anuales, siendo un factor variable.

La estación seca principal bien definida, que abarca de diciembre o enero hasta abril o mayo. Los meses con menos precipitación son febrero, marzo y abril (Figura 3).

C. Evapotranspiración

Los registros de evapotranspiración para el período de 1,994 – 2,006 de acuerdo a la estación pluviométrica de Flores, la cual mide la evaporación a través del tanque tipo A, oscilan entre 1,500 a 2,000 mm anuales, con un promedio de 1,700 mm.

D. Humedad relativa y viento

La humedad relativa del aire presenta valores promedios mensuales que van de 65 a 85 %. El viento presenta valores promedios mensuales que van de 3 hasta 8 Km/h.

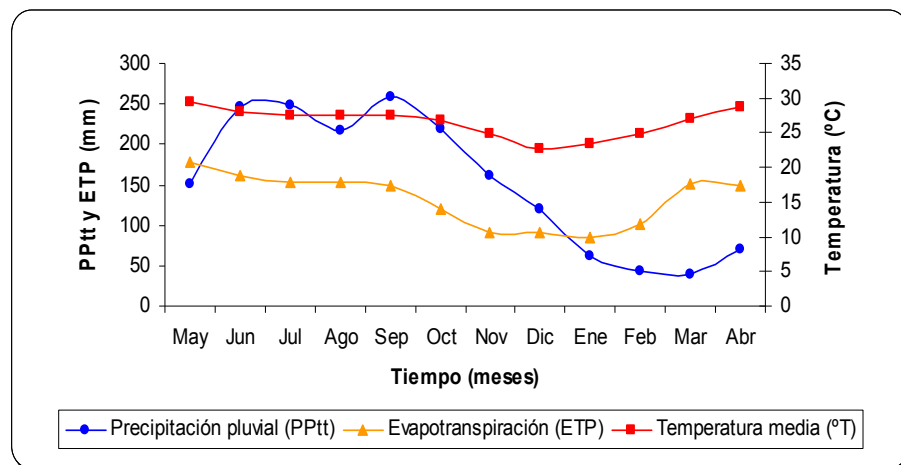


Figura 3. Climadiagrama de la estación meteorológica de Flores, Petén del período 1994 - 2006.

El climadiagrama muestra un déficit de lluvia respecto al valor de evapotranspiración en el período de enero a mediados de mayo, siendo en este último mes el inicio de la temporada lluviosa donde la frecuencia y cantidad de lluvia asciende considerablemente.

3.2.3.2 Zona de Vida

Según De La Cruz, J. (4), basado en la clasificación de Holdridge, la zona de vida presente en el área de estudio es la de Bosque Húmedo Subtropical (cálido), esta zona de vida se encuentra representada con la simbología bh-S (c) y su descripción es la siguiente:

A. Condiciones Climáticas

El régimen de lluvias va 1,160 a 1.700 mm como promedio total anual en las distintas estaciones registradas. La biotemperatura es de 22 °C, mientras que la evapotranspiración potencial puede estimarse en promedio de 0.95.

B. Topografía y Vegetación

Los terrenos correspondientes a esta zona de vida poseen generalmente una topografía suave. La elevación varía desde 50 hasta 275 msnm.

La vegetación natural indicadora en esta zona está constituida especialmente por: Nance (*Byrsonima crassifolia*), Lengua de vaca (*Curatella americana*), Majagua (*Xylopia frutescens*), Amapola (*Bombax ellepticum*) y Chechén negro (*Metopium browneii*) especialmente en las sabanas y sus alrededores que son suelos muy pobres.

3.2.3.3 Hidrografía

El paisaje fisiográfico de ondulaciones forma parte de dos subcuencas, las cuales se denominan: subcuenca laguneta Oquelix y subcuenca río San Juan, ambas pertenecen a la cuenca del río La Pasión que drena a la vertiente del Golfo de México. En el área no existe presencia de corrientes permanentes e intermitentes, solamente del tipo efímeros que drenan en pequeñas áreas de forma localizada. Esto debido a la topografía plana y ondulada del lugar.

De acuerdo al geoposicionamiento de aguadas en imágenes Quick Bird® del año 2,003 pertenecientes al proyecto CATIE/Noruega-PD, se determinó que en el área correspondiente al paisaje fisiográfico de ondulaciones existen alrededor de 665 aguadas construidas por los productores ganaderos con el fin de abreviar el ganado bovino (Figura 4). Así mismo se encuentra la laguneta Oquelix como cuerpo de agua notable.

3.2.3.4 Fisiografía y geomorfología

De acuerdo a la memoria técnica del mapa fisiográfico-geomorfológico de Guatemala (9), el área en estudio esta situada dentro del gran paisaje Montaña Kártica del Lacandón, la cual a su vez esta contenida en la región fisiográfica Cinturón Plegado del Lacandón.

Este gran paisaje se caracteriza por presentar corrientes superficiales escasas, debido a la infiltración interna del agua. Esto ha dado origen a cavernas y dolinas (es el término que se le ha aplicado a los sumideros que se han originado por el desplome o depresión del fondo.). La presencia de otros rasgos kársticos como lapiazes (superficie rocosa de caliza, sumamente irregular), es también evidente en esta unidad.

La sección basal de la sierra de El Lacandón está compuesta de calcarenitas y conglomerados, mientras que las cimas son más carbonatadas, constituidas por calizas blancas. La altitud del paisaje fisiográfico varía entre 175 a 419 msnm (Figura 5).

Al parecer, la formación Lacandón contiene mucho material carbonatado detrítico (calcarenitas y conglomerados) erosionado. Estos procesos erosivos ocurrieron durante los primeros episodios de la orogenia Laramidica, en el Paleozoico superior y Mesozoico inferior, que originó una zona sedimentaria de Este a Oeste en la parte central Norte de Guatemala.

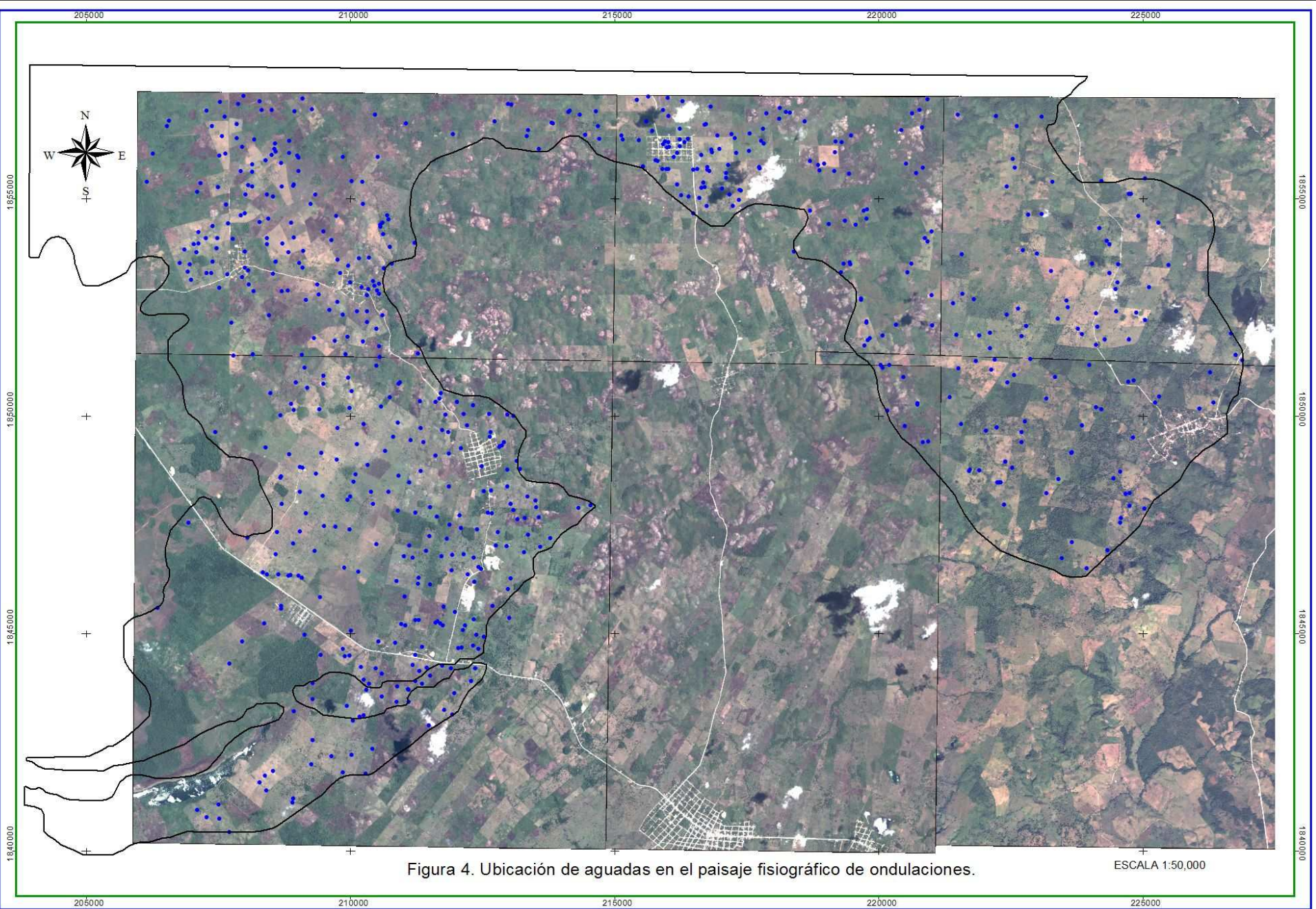


Figura 4. Ubicación de aguadas en el paisaje fisiográfico de ondulaciones.

ESCALA 1:50,000

Leyenda

- Perímetro del área en estudio
- Aguadas



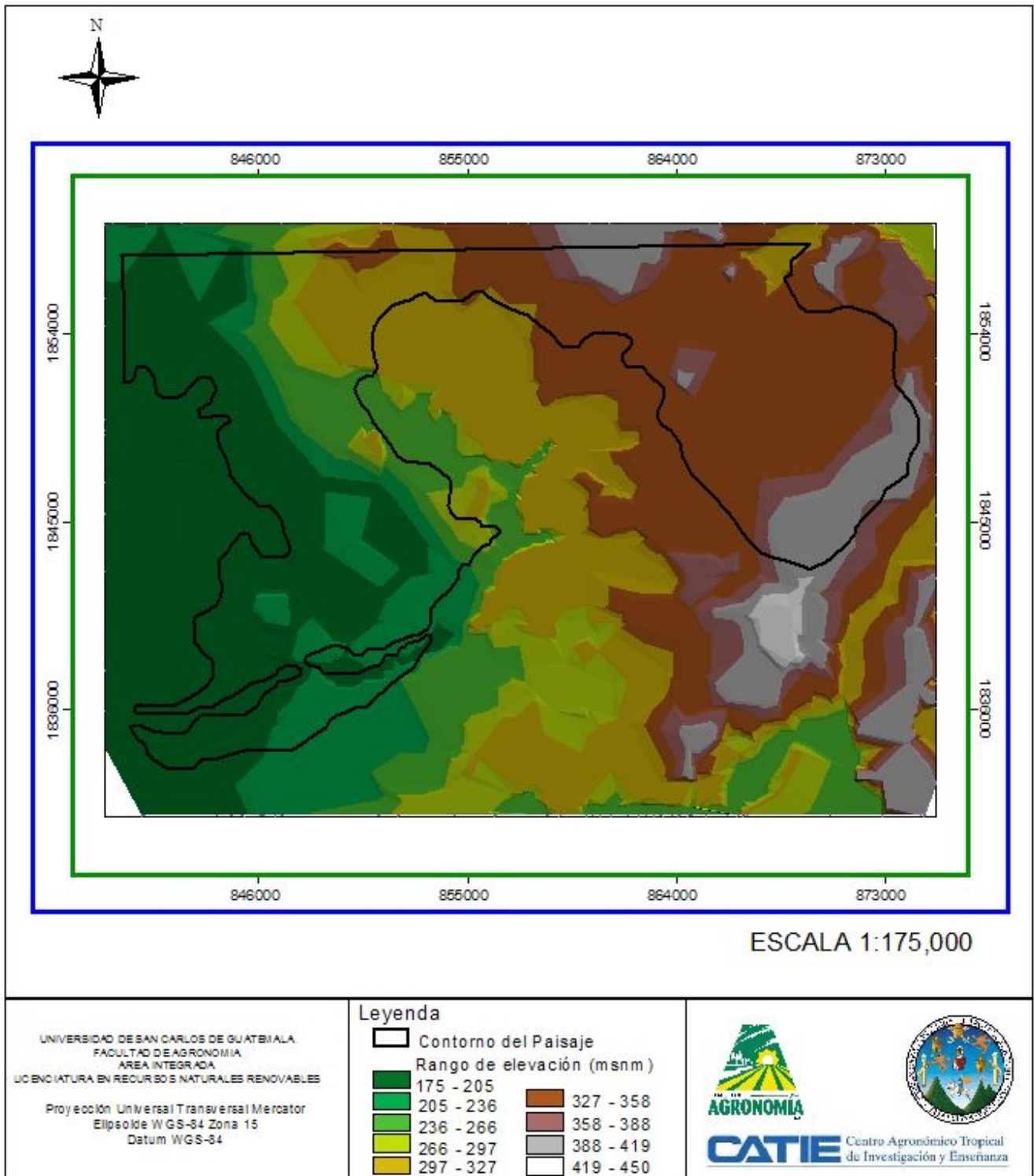


Figura 5. Mapa Hipsométrico del paisaje fisiográfico de ondulaciones.

3.2.3.5 Serie de suelos

Las series de suelos presentes en el área de estudio son: Cuxú (Cx) y Chachaclún (Chh). La serie de suelo Cuxú es originada por material de roca caliza suave mientras que la serie de suelo Chachaclún es originada por residuos de roca caliza, ambas series de suelos presentan un relieve plano con buen drenaje (8).

En el cuadro 9 se presentan las características de las series de suelos Cuxú y Chachaclún.

Cuadro 9. Características de las series de suelos del área en estudio.

Serie	Suelo Superficial			Subsuelo		
	Color	Textura y consistencia	Espesor aproximado	Color	Textura y consistencia	Espesor aproximado
Cuxú	café muy oscuro o negro	Arcilla plástica	15-20 cm	gris oscuro	Arcilla plástica	20-30 cm
Chachaclún	café rojizo	arcilla limosa moderadamente friable	30-40 cm	café rojizo	Arcilla plástica	80-100 cm

Fuente: Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. (1959) (15)

4. OBJETIVOS

4.1 General

- Generar información base para construir aguadas “Tipo o Mejoradas” que permitan abastecer de forma eficiente de agua para consumo animal durante la época seca.

4.2 Específicos

- Identificar y describir los componentes de las estructuras de captación y aprovechamiento de agua de lluvia “Aguadas”.
- Identificar los principales aspectos considerados por los productores en cuanto a forma, tamaño y ubicación de las aguadas.
- Identificar las características de las aguadas eficientes para el aprovisionamiento de agua para consumo animal durante la época seca.
- Proponer lineamientos generales para la construcción de aguadas mejoradas.

5. METODOLOGÍA

5.1 Selección y ubicación de las aguadas

Se seleccionaron las aguadas pertenecientes y colindantes a los terrenos de los productores asociados al proyecto CATIE / Noruega - PD, permitiendo con ello obtener información de manera accesible.

Las aguadas se ubicaron por medio de Geoposicionamiento Portátil (GPS) e imágenes Quick Bird® de alta resolución (Figura 6), con el fin de obtener un control sistemático para su evaluación.



Figura 6. Ubicación de aguadas en terrenos de productores asociados al proyecto CATIE/Noruega-PD

El número de aguadas caracterizadas dentro del paisaje fisiográfico de ondulaciones fue de 150, equivalentes a un 23% de las aguadas presentes en dicho paisaje.

5.2 Recolección de información

La recolección de información se realizó en buena parte de la época de lluvia (octubre a febrero de 2006) y durante la época seca (marzo a mayo de 2007), con el fin de observar la fluctuación de nivel de agua almacenada en las aguadas.

La fase de recolección de información se dividió en cuatro etapas, las cuales corresponde a los objetivos planteados en la investigación. Estas etapas se describen con detalle a continuación:

5.2.1 Identificación y descripción de componentes de las estructuras de captación y aprovechamiento de agua de lluvia “Aguadas”

Para identificar los componentes de las estructuras de captación y aprovechamiento de agua para consumo animal dentro del área en estudio, se realizaron recorridos de campo y entrevistas a productores ganaderos. Así mismo se describió la aguada como un sistema que presenta entradas y salidas.

5.2.1.1 Entradas

Las entradas del sistema consideradas fueron: la precipitación de agua de lluvia y la escorrentía superficial.

A. Precipitación Pluvial

La cantidad de lluvia presente en el lugar se obtuvo a través de la estación meteorológica tipo “A” ubicada en la ciudad de Flores, considerando los valores de precipitación pluvial del período de 1994 al 2006.

B. Escorrentía superficial

En el campo se observó si en realidad las aguadas únicamente captan el agua proveniente de lluvia directa o si además captan agua de lluvia proveniente de la escorrentía superficial.

5.2.1.2 Salidas

Las salidas de agua considerados fueron: el consumo animal, evaporación e infiltración.

A. Consumo animal

El consumo de agua por animal se determinó haciendo pruebas en el campo, relacionando la cantidad de agua suministrada dentro de una pileta a un determinado número de animales y el tiempo en que esta era consumida, esto con el fin de determinar la cantidad de agua consumida por animal por día en las condiciones del lugar durante la época seca. Así mismo se entrevistó a productores y se realizó revisión de literatura para comparar los valores obtenidos.

B. Evaporación

Se determinó a través de datos presentes en los archivos de la estación meteorológica de Flores del período de 1994 al 2006. Los datos de evaporación se compararon con los valores de descensos del nivel de agua en quince aguadas sin presencia de animales, diez de las aguadas no contaban con cobertura arbórea y las restantes cinco contaban con cobertura. Los niveles de agua se midieron al inicio y al final de los meses de marzo, abril y a mediados del mes de mayo, estos meses corresponden a la época seca del año 2007. Los descensos del nivel de agua en las aguadas se midieron utilizando una regla graduada.

C. Infiltración

La infiltración se determinó restando los valores promedios de evaporación de los meses de marzo, abril y mayo del período 1994 – 2006 a los valores obtenidos en los descensos del nivel de agua en las quince aguadas.

5.2.2 Principales aspectos considerados por los productores en cuanto a forma, tamaño y ubicación de las aguadas

Para identificar los principales aspectos considerados por los productores en cuanto a forma, tamaño y ubicación de las aguadas, se realizaron entrevistas a 25 productores ganaderos del área en estudio.

Las entrevistas consistieron en la formulación de preguntas contenidas en una boleta (anexo 2 y 3) con la finalidad de recolectar información sobre los aspectos antes mencionados, así mismo el tipo de maquinaria empleada y la época en que las construyen. Las entrevistas se realizaron de forma individual visitando a cada productor.

5.2.3 Identificación de características de las aguadas eficientes para el aprovisionamiento de agua para consumo animal durante la época seca

Consistió en la observación directa de las aguadas en recorridos de campo en compañía de los productores con el fin de ampliar la información.

Así mismo se determinó la textura del suelo que conforma la aguada a través de la maleabilidad del material en el campo y el posterior uso de tamices en el laboratorio, describiéndose además el entorno en donde fueron construidas las aguadas, en cuanto a su fisiografía; terreno ondulado, plano, etc.

También se determinó las dimensiones de las estructuras referido al volumen en m³ de agua que puede almacenar y la relación que presentan con el tamaño y el problema de

abastecimiento de agua durante la época seca, para lo cual se empleó la ecuación de la media esfera, siendo esta: $V = (4/3 (3.1416) r^3)/2$

El volumen obtenido de la ecuación de la media esfera se utilizó en una regla de tres, relacionando este valor con el valor del radio sustituido en la ecuación que es equivalente a la profundidad, versus la profundidad real de la aguada, obteniendo la incógnita de volumen real de estas estructuras.

Los valores tomados en el campo para ser sustituidos en la ecuación fueron: el diámetro y la profundidad en la parte central de las aguadas. El número de aguadas a las que se les determinó la capacidad de almacenamiento fue de 80.

5.2.4 Lineamientos generales para la construcción de aguadas mejoradas

Estos se propusieron en base a la información obtenida en las etapas anteriores, considerando los aspectos de: forma, tamaño y ubicación de las aguadas.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Componentes de las estructuras de captación y aprovechamiento de agua de lluvia “Aguadas” para consumo animal

Los componentes presentes en una obra de captación y aprovechamiento de agua de lluvia en el área de estudio son: la excavación o agujero y la borda, los cuales se describen a continuación:

6.1.1 Excavación o agujero

Tiene la función de captar y almacenar agua de lluvia para el consumo animal. El agujero es hecho con maquinaria (tractor de oruga o de caite), la superficie presenta una forma circular y el volumen una forma cóncava. La profundidad no supera 2.4 m en la parte central (Figura 7).

6.1.2 La borda

Por lo general no presente ninguna función siendo únicamente el suelo extraído y depositado alrededor del agujero al momento de la excavación. Sin embargo en algunos casos permiten almacenar agua no solo por efecto de la excavación; y en lugares en donde existe alguna inclinación del terreno evita el asolvamiento originado por la escorrentía superficial. El ancho de las borda varía de 2 a 10 m y de 0.2 a 2 m de alto, estas dimensiones son muy variables de acuerdo a la cantidad de suelo extraída al hacer el agujero, el pisoteo de animales y la acción de la lluvia, estas dos últimas enmarcadas en el transcurrir del tiempo (Figura 7).

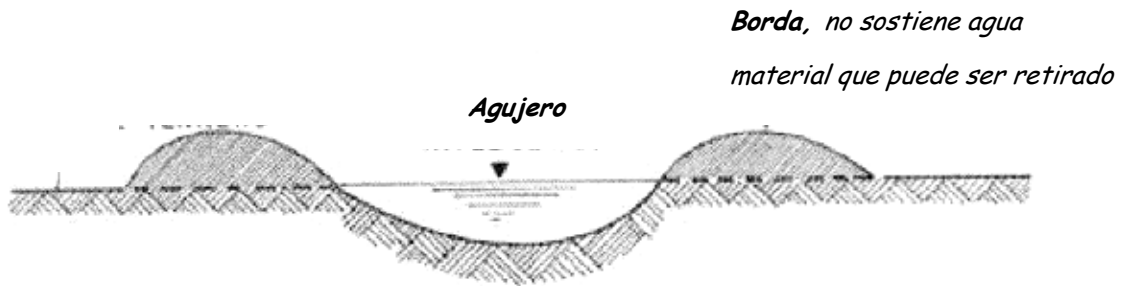


Figura 7. Componentes de una estructura de captación y aprovechamiento de agua de lluvia "Aguada" para consumo animal.

6.2 La aguada como un sistema

En la figura 8 se observa la estructura de captación y aprovechamiento de agua de lluvia como un sistema.

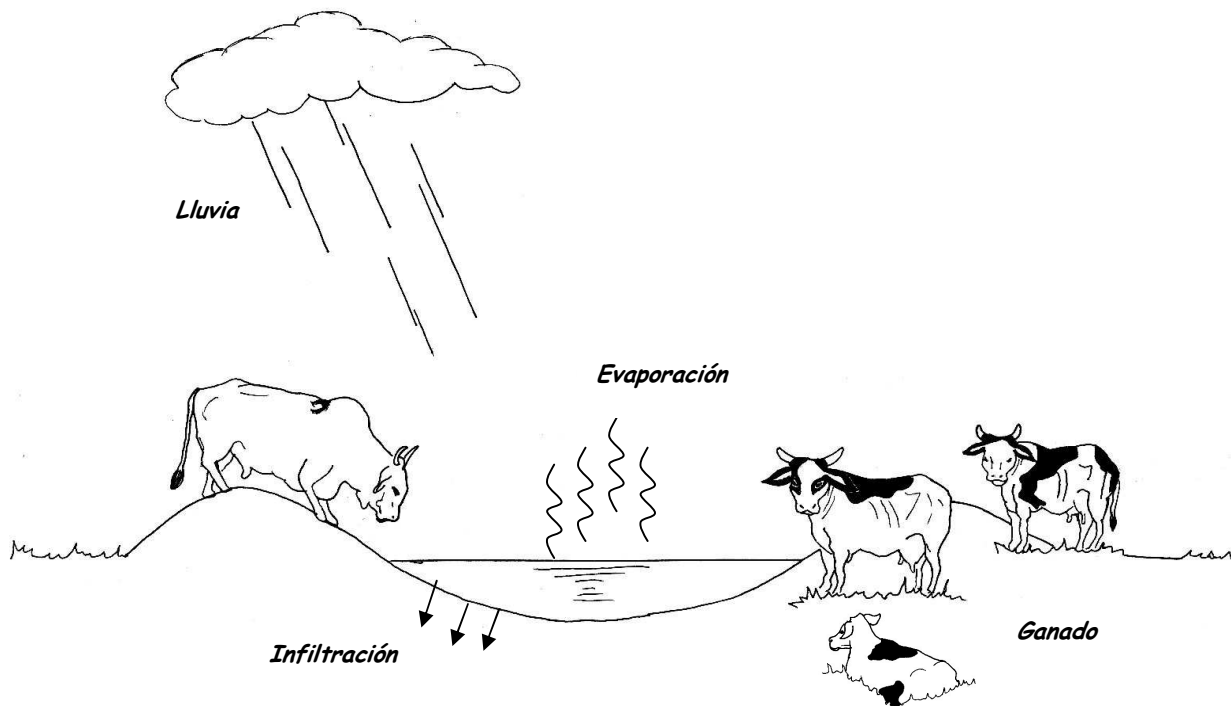


Figura 8. Estructura de captación y aprovechamiento de agua de lluvia para consumo animal como un sistema.

6.2.1 Descripción de los componentes del sistema

6.2.1.1 Entradas

A) Precipitación pluvial

Los valores de precipitación pluvial del período de 1994 al 2006 de la estación meteorológica ubicada en la ciudad de Flores para un año promedio fue de 1,800 mm anuales, en presencia de eventos extremos, tal es el caso de los años 1998 y 2003 los valores de precipitación pluvial anual reportados fueron de 1,400 a 1,700 mm respectivamente. La cantidad de lluvia de un año promedio versus años extremos muestra poca variación, sin embargo la frecuencia de las lluvias si hacen la diferencia debido a que en los años 1,998 y 2,003 la precipitación pluvial fue reducida durante el período de febrero a junio.

La presencia de estos eventos extremos se debe a la acción del fenómeno climático denominado El Niño, el cual se presenta generalmente entre dos y siete años (con una media de cuatro años y medio), y su duración puede prolongarse hasta 12 a 18 meses (13).

Durante la determinación de la capacidad de almacenamiento de agua de las aguadas en la época lluviosa en los meses de diciembre de 2,006 a enero de 2,007, se observó que el 90% de estas estructuras alcanzaron a su capacidad de almacenamiento. El 10% restante no alcanzó su capacidad de almacenamiento debido a que el suelo que las conforman presenta un alto contenido de gravas, o bien son suelos arcillosos poco compactados.

B) Escorrentía superficial

Como ya se mencionó, las aguadas son estructuras de captación de agua de lluvia de forma directa, por tal razón la escorrentía superficial no se considera, a excepción de

algunos casos (5%) en donde las aguadas reciben aportes de agua por escorrentía superficial dadas por acción natural o bien por intervención humana.

6.2.1.2 Salidas

A) Consumo de agua por ganado

Durante las pruebas de consumo de agua por animal por día, a través de la relación de la cantidad de agua que se le proporcionó a 30 animales hasta que esta fue consumida se obtuvo un valor aproximado de 30 litros consumidos por animal por día, valor que es acorde al estimado por algunos productores ganaderos del lugar cuando han tenido que transportar agua para abastecer al ganado a causa de la escasez del líquido, calculado el consumo de agua por animal por día de igual forma.

Así también la literatura reporta que el consumo de agua en bovinos es de 8% a 12% de su peso corporal por día, considerando que los animales a los que se les suministro agua tenían un peso promedio de 318 Kg, consumiendo un equivalente de 9% de su peso en agua por día, valor que se encuentra dentro del rango reportado en la literatura, que además recomiendan considerar de manera general un consumo diario por animal de 40 litros (1).

En la época de lluvia los animales rara vez consumen agua de las aguadas, debido a que estos se abastecen de agua retenida en el suelo. En la época seca los animales toman agua de las aguadas de dos a tres veces diarias. Es importante señalar que en la época de lluvia el pasto es verde (alto contenido de agua) y resguarda humedad, lo que permite que el ganado absorba agua del alimento.

B) Evaporación

En base a monitoreos realizados de niveles de agua en aguadas en la época seca del año 2,007 en el período de marzo a mayo, se presenta el siguiente cuadro de resultados:

Cuadro 10. Resultados de evaporación en aguadas con cobertura y sin cobertura arbórea, en la época seca del año 2,007 en el período del 01 de marzo al 15 de mayo.

Tipo de Aguada	No.	Lectura (mm)			
		Marzo (31)	Abril (30)	Mayo (15)	Lec. Acu.
Sin vegetación	1	190	195	110	495
	2	200	*****	*****	*****
	3	180	205	115	500
	4	200	200	120	520
	5	195	215	110	520
	6	200	*****	*****	*****
	7	190	200	110	500
	8	195	210	120	525
	9	190	195		385
	10	185	210	110	505
Lectura promedio mensual (mm)		192.50	203.75	113.13	507.50
Evaporación promedio diaria (mm)		6.21	6.79	7.54	6.68
Con vegetación	1	110	120	70	300
	2	105	120	70	295
	3	150	160	90	400
	4	90	100	55	245
	5	105	115	80	300
Lectura promedio mensual (mm)		112	123	73	308
Evaporación promedio diaria (mm)		3.61	4.10	4.87	4.05

Los resultados presentes en el cuadro muestran un valor de evaporación de las aguadas sin cobertura arbórea que va de 6.21 a 7.54 mm/diarios con una media de 6.68 mm/diarios, en donde los niveles de espejo de agua desciende aproximadamente 0.5 m en este período de medición.

Las aguadas que presente una profundidad igual o menor al valor de evaporación durante la época seca, no almacenan agua de forma eficiente en esta época, a pesar de no contar con animales para abastecer.

Los valores de evaporación reportados en el cuadro 10, indican que el mes de mayo fue el más caluroso seguido por los meses de marzo y abril, así mismo estos valores presentan una estrecha relación con los valores promedio de evaporación del período 1,994 al 2,006, (marzo 6.1 mm/día, abril 6.2 mm/día y 7.2 mm/día) lo que hace referencia que las pérdidas por infiltración son nulas.

En cuanto a los valores de evaporación en las aguadas con cobertura arbórea se tienen valores que van de 3.61 a 4.87 mm/diarios con una media de 4.05 mm/diarios, considerando que estos valores pueden variar drásticamente de acuerdo a la altura y frondosidad de los árboles que se encuentren al contorno de la aguada. En este caso la evaporación se reduce a 40%.

C. Infiltración

De acuerdo a los valores reportados en el cálculo de evaporación de agua en las aguadas, se asevera que la pérdida de agua por infiltración es nula, lo cual se debe a la compactación del suelo de las aguadas con el paso de maquinaria al momento de construirlas y al pisoteo de ganado cuando estos consumen agua, así mismo la sobresaturación del suelo permite la dispersión de sus partículas cumpliendo la función de sellado del fondo y paredes de la aguada.

La construcción de aguadas en las depresiones de terreno permite que el suelo del fondo de la aguada se sobresature más rápidamente ya que necesita menor cantidad de agua de lluvia para alcanzar la sobresaturación al permanecer húmedos por acción de las redes de flujo o gradiente hidráulico, permitiendo que estas estructuras alcancen su capacidad de almacenamiento de agua durante la época lluviosa.

En base a los resultados obtenidos al calcular las pérdidas por evaporación e infiltración, se establece que las pérdidas de agua en las aguadas se debe al consumo de agua por el ganado y la evaporación, siempre y cuando el suelo de la aguada este debidamente compactado permitiendo su sobresaturación, lo cual esta ligado a la granulometría franca arcillosa y arcillosa del suelo.

El único método utilizado en el área de estudio para permeabilizar el fondo de la aguada es la compactación del suelo a través del paso de la maquinaria al momento de construirla.

6.3 Principales aspectos considerados por los productores en cuanto a forma, tamaño y ubicación de las aguadas

6.3.1 Aspectos de forma

Las aguadas del área en estudio presentan forma circular y como se mencionó anteriormente están construidas utilizando maquinaria (tractor de oruga o de caite). Las aguadas de forma circular presentan ciertas características, las cuales hacen referencia a los aspectos considerados por los productores en la construcción de estas estructuras.

Características de las aguadas con forma circular:

- a)** Permite acceder al ganado de forma fácil al suministro de agua cuando la estructura se encuentra a capacidad de almacenamiento y cuando el nivel de espejo de agua ha bajado, reduciendo los problemas de atascamiento de animales en el fango y el ahogamiento de los mismos por presentar declive.
- b)** Permite que estas almacenen agua con mayor rapidez ya que el agua captada se almacena en la parte central haciendo que el suelo se sobresature (impermeabilice).

Ambas características hacen referencia no a la forma circular de la aguada, si no a la forma cóncava.

Algunos productores ganaderos no consideran los aspectos anteriores, limitándose solamente a construir la aguada de forma circular producto de la adopción de tecnología.

Sin embargo fuera del área de estudio se encuentran aguadas con forma rectangular, las cuales deben su forma a la maquinaria empleada para su construcción (retroexcavadora).

Las aguadas de forma rectangular presentan limitantes en cuanto al acceso del ganado al suministro de agua ya que el ganado únicamente puede acceder por los lados cortos, debido a que los lados largos no presentan un declive que permita al ganado acceder al agua, así mismo esto hace que las paredes de los lados largos se derrumben y asolven la obra; y en lo que respecta a la segunda característica (almacenamiento de agua con mayor rapidez) que presentan las aguadas circulares, las aguadas rectangulares no la presentan.

La construcción de aguadas rectangulares en mucho de los casos se debe al acceso del tipo de maquinaria en el lugar, en este caso retroexcavadora.

La maquinaria empleada en la construcción de aguadas proviene de Santa Elena, Santa Ana, El Chal y Dolores, dependiendo de la distancia donde se encuentren las fincas.

La retroexcavadora en el área de estudio es utilizada para extraer el suelo depositado en el fondo de la aguada producto de la erosión de las bordas, debido al pisoteo de animales y acción de la lluvia, así mismo también puede utilizarse tractor de banda para esta actividad.

6.3.2 Aspectos de tamaño

El tamaño de la aguada esta dado por el número de horas de trabajo de la máquina y su operador y no por la capacidad (volumen) de almacenamiento de agua. Así mismo no se consideran las pérdidas por evaporación y el consumo del ganado durante la época seca.

El tiempo de construcción de las aguadas en el área de estudio que abastezca de forma eficiente al ganado durante la época seca es muy variable entre productores, las horas pueden ser: cuatro, seis y diez, manifestando estos que entre más horas tenga es mejor.

En la Figura 9 se muestra la relación de horas de trabajo de la maquinaria empleada en la construcción de aguadas y su capacidad de almacenamiento de agua.

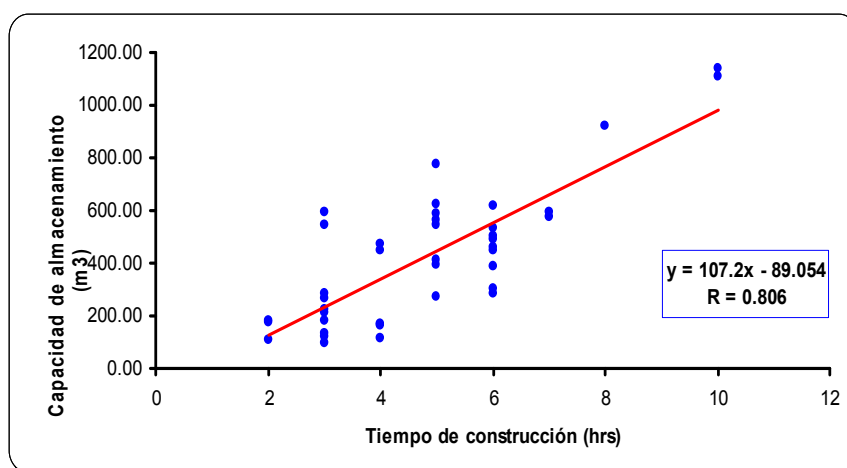


Figura 9. Relación del tiempo de trabajo de la maquinaria versus capacidad de almacenamiento de agua.

En esta figura se presenta la ecuación lineal que relaciona las variables, tiempo de construcción y capacidad de almacenamiento, así mismo se muestra el coeficiente de relación "R" con un valor de 0.806, el cual indica que la relación entre ambas variables es relativamente alto, debido que este valor es cercano a 1. Esta relación muestra que entre mayor número de horas empleadas en la construcción de las aguadas mayor es la capacidad de agua que estas estructuras pueden almacenar, no obstante la relación de

ambas variables no se considera completamente alta, debido que en esta relación influye el tipo de maquinaria empleada y su estado, así como la experiencia del operador y a las condiciones del terreno.

El precio de alquiler de la maquinaria oscilan entre Q 450.00 a Q 650.00 por hora de trabajo, dependiendo del tamaño del tractor de banda, D4, D6 y D8, etc., por lo general se cobra cuando la máquina empieza a trabajar o bien cuando inicia el traslado de la misma al lugar donde se realizará la aguada.

Para contratar una máquina se requieren de 30 a 50 horas de trabajo de la misma, por lo que los productores se organizan para reunir las horas de trabajo. Estando la máquina en el lugar las horas de trabajo suelen aumentarse.

Las aguadas se realizan en los meses de abril y mayo, antes o a inicios de la época de lluvia o bien en la época de canícula, de agosto a septiembre, esto para evitar las grietas y el espolvoreo del suelo provocado por el excesivo sol y la falta de humedad en el suelo, lo que beneficia en la permeabilidad de la aguada y evita el asolvamiento de la misma.

El tiempo de construcción de aguadas que presenta una mayor frecuencia en el área de trabajo es de 4 horas, por ser estos pequeños y medianos productores, pero en otros lugares o fincas el tiempo de construcción de las aguadas puede ser mayor. El costo de construcción de una aguada de 4 horas oscila entre Q1,800.00 a Q2,600.00.

El tamaño promedio de las aguadas es de 25 m de diámetro y 1.4 m de profundidad en la parte más profunda (parte central), almacenando 458 m³ de agua con 70% de pérdidas por evaporación en la época seca (marzo a mayo), considerando una lámina de evaporación de 7 mm diarios.

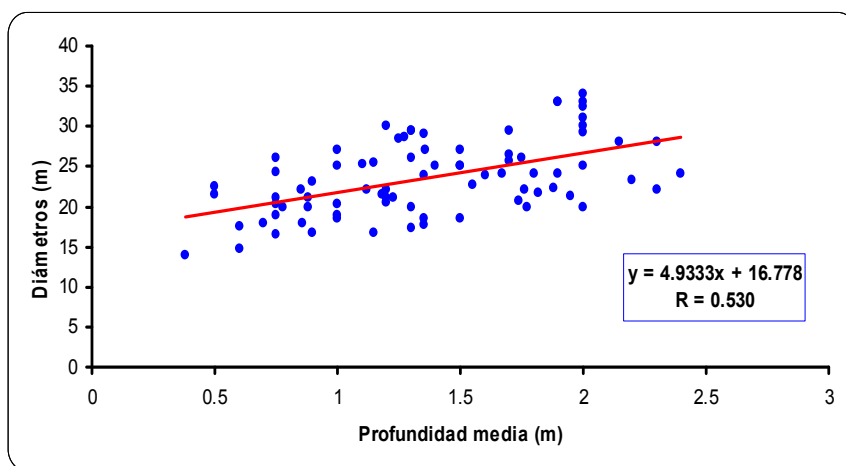


Figura 10. Relación de profundidad de la aguada versus su diámetro.

En la figura 10, se presenta un coeficiente de relación de las variables profundidad de la aguada versus su diámetro de 0.530, lo que indica que la relación entre estas variables es baja, ya que en el campo se pueden encontrar aguadas de grandes y pequeños diámetros que pueden ser profundas o no. La profundidad de la aguada está en relación de la profundidad del suelo en donde esta se construye.

El 70% de los productores argumentan que el tamaño de las aguadas está limitado por el recurso económico, sin embargo lo ven como gasto y no como una inversión, lo cual repercute en muerte de animales, malos partos, traslado de agua para el suministro de agua, merma de carne y leche y la reducción en el número de animales, en general el aumento de costos y la reducción del beneficio económico.

6.3.3 Aspectos de ubicación

Los principales aspectos considerados por los productores ganaderos en cuanto a la ubicación de las aguadas son:

- a) La presencia de plantas que crecen en lugares húmedos tales como: Caulote (*Guazuma ulmifolia*), Chilamate (*Ficus culubrinae*), Tinto (*Haematoxylum campechianum*) y algunas plantas de hojas y tallos suculentos pertenecientes a las familias Liliáceae y Ciperáceae.
- b) En los lugares denominados como bajíos o joyas (depresiones de terreno) en donde el suelo permanece húmedo por más tiempo.
- c) El agua que se retiene en las huellas del ganado.
- d) La presencia de camarones de lodo, los cuales viven en suelos húmedos.
- e) Presencia de suelos con alta maleabilidad que no se desboronan con facilidad al estar húmedos.
- f) Donde ha existido evidencia de pozos mayas³.
- g) Donde anteriormente se hicieron pequeñas excavaciones para captar y almacenar agua para uso doméstico.
- h) Evitar pie de cerros y cercanías a resumideros (dolinas).
- i) La distribución entre potreros.

Todos estos aspectos por lo general hacen referencia a suelos arcillosos y profundos de por lo menos 2 m y que presentan humedad por acción de las redes de flujo.

³ Pozo Maya: Es un vestigio de excavación utilizado por la cultura maya para captar y almacenar agua de lluvia.

6.4 Principales características de las aguadas eficientes para el aprovisionamiento de agua para consumo animal durante la época seca

Las principales características que hacen eficiente a una aguada para el abastecimiento de agua para consumo animal en la época seca son las siguientes:

- a) Alta capacidad de almacenamiento de agua dada por sus dimensiones superficie y profundidad, principalmente esta última.
- b) La carga animal, entre menos número de animales y el tiempo de estadía en un potrero mejor.
- c) Presencia de árboles que permiten reducir las tasa de evaporación diaria.
- d) La ubicación en las depresiones de un terreno, donde los suelos generalmente son arcillosos y profundos presentando la característica de retención de humedad.
- e) La captación de agua de lluvia no solo por efecto del área de excavación si no por entradas de escorrentía superficial.

La eficiencia de una aguada puede reunir uno o varios aspectos antes descritos, siendo lo ideal la integración de todos.

6.5 Propuesta de lineamientos generales para la construcción de aguadas mejoradas

Los siguientes lineamientos generales pueden ser utilizados al momento de construir una aguada o bien para mejorar ciertos aspectos de las aguadas ya existentes que permitan hacerlas eficientes.

6.5.1 Ubicación

De preferencia las aguadas deben ubicarse en depresiones de terrenos, que por lo general presentan suelos profundos de por lo menos 2 m y su granulometría es de tendencia arcillosa con alta capacidad de retención de humedad. Esto permite obtener mayor profundidad de la estructura y por ende mayor capacidad de almacenamiento. Así mismo los suelos en las depresiones de terrenos se caracterizan por estar húmedos por más tiempo debido a la acción de las redes de flujo o gradiente hidráulico.

Si al momento de excavar el agujero se encuentra grava, es necesario volver a echar tierra removida de granulometría arcillosa para evitar problemas de infiltración. Posteriormente debe compactarse con el paso de la maquinaria. En caso de tener problemas serios de pérdidas por infiltración será necesario cubrir el interior de la aguada con nylon de polietileno o lonas.

Para optimizar los recursos tanto económicos como físicos debe ubicarse una aguada por varios potreros.

Para reducir las pérdidas por evaporación debe plantarse árboles al contorno de la estructura, permitiendo además evitar la presencia de algas y de algunos pastos que puedan perder la aguada con el transcurrir del tiempo, debido a que las horas de luz a las que está expuesta la aguada con árboles al contorno puede ser menor de seis horas por día, limitando el crecimiento de algas y de pastos.

6.5.2 Tamaño

El tamaño de las aguadas debe estar acorde al número de animales a abastecer y las pérdidas por evaporación durante la época seca. Sin embargo, estas estructuras no presentan una profundidad homogénea por lo que se dificulta su ubicación, por lo que se recomienda proceder de la siguiente manera para hacer eficiente el abastecimiento de agua durante la época seca:

Restar el valor de 0.65 m (valor aproximado a la tasa de evaporación de 7 mm diarios durante la época seca de Abril a Mayo) al valor de la columna de agua en la parte central de la estructura, tomado a finales de la época de lluvia. El valor de la resta proporciona la columna de agua que quedará sin ser consumida en la aguada durante la época seca, seguidamente debe determinarse la capacidad de almacenamiento de agua en base a la siguiente ecuación:

$$V = (4/3 (3.1416) r^3)/2$$

Los valores tomados en el campo para ser sustituidos en la ecuación serán: el diámetro y la profundidad en la parte central de la aguada.

El volumen obtenido de la ecuación se utiliza en una regla de tres, relacionando este valor con el valor del radio sustituido en la ecuación que es equivalente a la profundidad, versus la profundidad real de la aguada, obteniendo la incógnita de volumen real de esta estructura.

Al valor obtenido en la anterior operación debe restarse el 10% como margen de seguridad, posteriormente el valor resultante se divide entre la multiplicación de 90 y 0.04, los cuales corresponde a los días de la época seca y el consumo diario por animal por día en m³. Esta última operación proporcionará el número de animales a abastecer durante la época seca.

6.5.3 Forma

La forma debe ser circular u ovalada (cóncava) lo que permite acceder al ganado al suministro de agua y almacenar el líquido en menor tiempo, ya que el agua se almacena en la parte central haciendo que el suelo se sobresature permitiendo la impermeabilización del mismo.

6.5.4 Otros aspectos a considerar

6.5.4.1 Área de captación

El área de captación debe aumentarse en los casos que existan aguadas que no se llenen en su totalidad, captando no solamente el agua de lluvia de forma directa si no también de escorrentía superficial, y en el caso que la aguada sobrepase la capacidad de almacenamiento es necesario construir un vertedor de exceso para evitar el desbordamiento de agua que conlleve a la destrucción de la borda y al asolvamiento de la aguada.

6.5.4.2 Protección de bordas

Las bordas pueden erosionarse con la lluvia, el viento y el paso de los animales, ocasionando el asolvamiento de la estructura. Debe protegerse la borda con la siembra de algún pasto disponible y adaptable al suelo y al lugar, al crecer el pasto debe cortarse.

6.5.4.3 Calidad de agua

El consumo directo de agua de la aguada por parte de los animales ocasiona que estos la ensucien con heces y orina o bien por arrastre de suelo y materiales orgánicos, lo que puede ocasionar trastornos a la salud animal, por lo que debe evitarse que el ganado se abastezca directamente de la aguada cercándola y extrayendo el agua por medio de mangueras a piletas o recipientes en donde el ganado la consuma. También puede bombearse el agua a un tanque que luego distribuya el agua por gravedad hacia algunas piletas. Evitar que el ganado consuma directamente el agua de la aguada erradica el problema de muerte de animales por atascamiento en el fango generado en la estructura.

6.5.4.4 Mantenimiento

Debe limpiarse el fondo de la aguada por lo menos cada cinco años o según lo considere el productor con el fin de evitar su asolvamiento. Esto puede hacerse de forma manual o utilizando maquinaria.

7. CONCLUSIONES

- 7.1 Los principales componentes de las estructuras de captación y aprovechamiento de agua de lluvia en el área de estudio son: el agujero o excavación y la borda.
- 7.2 Los principales aspectos considerados por los productores ganaderos en cuanto a forma, tamaño y ubicación de las aguadas son: **forma cóncava** por permitir el acceso del ganado al suministro de agua y la captación de agua de lluvia en menor tiempo; el **tamaño** está en función de las horas de trabajo de la maquinaria y su operador y la **ubicación** de manera general en terrenos con depresiones que se caracterizan por ser profundos de más de 2 m y de textura arcillosa.
- 7.3 Las características de las aguadas eficientes para el aprovisionamiento de agua para consumo animal en la época seca son: la alta capacidad de almacenamiento de agua (sus dimensiones), el reducido número de animales por abastecer, la presencia de cobertura arbórea que reduce la tasa de evaporación, la ubicación en terrenos con depresiones y la captación tanto de agua de lluvia de forma directa como agua de escorrentía superficial.
- 7.4 Los lineamientos generales propuestos para la construcción de aguadas mejoradas son: construirlas de forma cóncava en terrenos con depresión y en función del número de animales por abastecer y las pérdidas por evaporación en el período de la época seca.

8. RECOMENDACIONES

- 8.1** Dentro del área de estudio, se observó la construcción de algunos pozos artesanales que se emplean principalmente para extraer agua para consumo humano durante la época lluviosa y la época seca, por lo que se recomienda realizar un estudio que determine la factibilidad técnica y económica de la construcción de pozos artesanales, para ser utilizados como alternativa de abastecimiento de agua para el ganado durante la época seca.

- 8.2** El agua de la aguada es estancada, ocasionando que el animal la use y la ensucie manteniendo el ciclo de enfermedades. Así mismo, el agua se encuentra contenida en un suelo con características kársticas (alta concentración de bases), lo que también puede ocasionar trastornos en la salud del animal, por lo que se hace necesario realizar un estudio sobre la calidad físico-química y bacteriológica del agua de las aguadas para el consumo del ganado bovino, permitiendo con esto, tomar medidas correctivas o profilácticas al respecto para mejorar de manera general los beneficios económicos de la actividad ganadera.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Bravera, G. 2001. Agua y aguadas para el ganado (en línea). Argentina. Consultado 5 ene 2007. Disponible en <http://www.rosenbusch.com.ar/argentina/manual/aguadas.htm>
2. CATIE, GT. 2004. Informe de reunión con productores ganaderos del ejido municipal de Santa Ana, Petén, Guatemala. Guatemala, Proyecto CATIE / Noruega-PD. 5 p.
3. _____. 2006. Estudio de línea base de condiciones de entorno y políticas que influyen en los resultados del proyecto CATIE / Noruega-PD de uso sostenible de la tierra en áreas de pasturas degradadas en la zona piloto El Chal, Petén, Guatemala. Guatemala. 16 p.
4. Cruz, JR De la. 1982. Clasificación de las zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
5. Cseh, SB. 2003. El agua y su importancia para los bovidos (en línea). Argentina, INTA. Consultado 20 feb 2007. Disponible en <http://www.portalveterinaria.com>
6. INE (Instituto Nacional de Estadística, GT). 2003. Censos nacionales XI de población y VI de habitación: características de la población y de los locales de habitación censados. Guatemala. 271 p.
7. INSIVUMEH (Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, GT). 2007. Registros climáticos del período 1994 - 2006 de la estación meteorológica de Flores Petén. Guatemala. s.p.
8. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2001. Mapas del departamento del Petén, distintas escalas (en línea). Guatemala. Consultado 22 set 2006. Disponible en <http://maga.gob.gt/sig>.
9. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT); PAFG (Plan de Acción Forestal para Guatemala, GT); INAB (Instituto de Nacional de Bosques, GT). 2001. Mapa fisiográfico – geomorfológico de la república de Guatemala: memoria técnica. Guatemala. Esc. 1:250,000. 109 p. Color.
10. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT); PLAMAR (Plan de Acción para la Modernización y Fomento de la Agricultura bajo Riego, GT). 2005. Programa de cosecha de agua de lluvia a través de embalses bajo riego. Guatemala. 24 p.
11. Martínez Cano, A. 2006a. Consolidado de entrevistas a productores ganaderos del ejido municipal de Santa Ana, Petén. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, Área Integrada. 6 p. (Sin publicar).

12. _____. 2006b. Consolidado de entrevistas a personal de enfermería del centro de salud del Chal, Dolores Petén. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, Área Integrada. 2 p. (Sin publicar).
13. OMM (Organización Meteorológica Mundial, SW). 2004. La predicción de El Niño, el aporte de la ciencia al siglo XXI. Ginebra, Suiza, The Flip Side of Science. s.p.
14. Sager, R. 2000. Agua para bebida de bovinos (en línea). San Luis, Argentina, INTA. Consultado 20 feb 2007. Disponible en <http://www.produccion-animal.com.ar>.
15. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación a nivel de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1,000 p.
16. UNATSABAR (Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural, PE). 2001. Guía de diseño para captación del agua de lluvia (en línea). Perú. Consultado 16 ene 2007. Disponible en http://www.cepis.ops-oms.org/bvsatp/e/Otratec/ag_lluv.pdf

10. ANEXOS

ANEXO 1.

Figura 11 A. Aguada con forma circular, en donde se aprecia el área de excavación y su borda.



Figura 12 A. Consumo de agua por ganado bovino.



Figura 13 A. Aguada ineficiente a causa de la poca capacidad de almacenamiento y la excesiva evaporación de agua.



Figura 14 A. Aguada eficiente por estar ubicada en un terreno en depresión en donde la profundidad en la parte central supera los dos metros.



Figura 15 A. Aguada con presencia de sombra.



Figura 16 A. Proceso de estimación de capacidad de almacenamiento de las aguadas en el campo.

ANEXO 2.**CARACTERIZACIÓN DE ESTRUCTURAS DE CAPTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA
PARA CONSUMO ANIMAL “AGUADAS” EN EL PAISAJE FISIAGRÁFICO DE ONDULACIONES****“Boleta de Entrevista con Productores”**

Propietario _____
¿Qué aspectos considera en la construcción de una aguada?
Ubicación _____ _____
Forma _____ _____
Tamaño _____ _____
¿Cuándo las construyen? _____
¿Cómo las construyen?
Artesanal Maquinaria (D4, D6, Retroexcavadora, etc.)
¿Con cuántas aguadas cuenta? _____
¿Cuántas de estas aguadas abastecen de agua en la época seca? _____
¿Por qué considera usted que se secan sus aguadas? _____ _____
Otros _____ _____

ANEXO 3.**CARACTERIZACIÓN DE ESTRUCTURAS DE CAPTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA
PARA CONSUMO ANIMAL “AGUADAS” EN EL PAISAJE FISIAGRÁFICO DE ONDULACIONES****“Boleta de Recorrido de Campo”**

No. de aguada _____
Propietario _____
Ubicación (Coordenadas UTM) _____
Se seca Si No
Diámetro (m) _____
Profundidad en el área central (m) _____
Capacidad de aguada (m³) _____
Presencia de animales (número aproximado) _____
Fisiografía (plana, ondulada, etc.) _____
Presenta cobertura Arbórea _____
Otras _____ _____

11. APÉNDICES

APÉNDICE 1.

Algunas máquinas que pueden ser utilizadas en la construcción de aguadas.



D3G Track-Type Tractor

Modelo: 3046

Potencia en el volante: 52 kW

Peso en orden de trabajo: 7351 kg

Ancho de la hoja: 2461 mm

Altura de la hoja: 936 mm

Capacidad de la hoja: 1.44 m³

Profundidad de excavación : 554 mm



D4G Track-Type Tractor

Modelo: 30463046

Potencia en el volante: 60 kW

Peso en orden de trabajo: 7855 kg

Ancho de la hoja: 2671 mm

Altura de la hoja: 1028 mm

Capacidad de la hoja : 1.92 m³

Profundidad de excavación : 568 mm

D5G Track-Type Tractor

Modelo: 3046T

Potencia en el volante: 67 kW

Peso en orden de trabajo: 8919 kg

Ancho de la hoja: 2690 mm

Altura de la hoja: 1101 mm

Capacidad de la hoja : 2.19 m³

Profundidad de excavación: 630 mm



D6K Track-Type Tractor

Modelo de motor: Cat® C6.6 ACERT™

Potencia en el volante: 93 kW

Peso en orden de trabajo: 12886 kg

Capacidad de la hoja: 2.7 m³

Ancho de la hoja: 3077 m





D7G Series 2 Track-Type Tractor

Modelo de motor: Cat® 3306 DITA

Potencia en el volante: 150 kW

Peso en orden de trabajo: 20580 kg

Capacidad de la hoja: 5.75 m³



Tractor de cadenas D8T

Modelo de motor: C15 ACERT Cat®

Potencia en el volante: 231 kW

Peso en orden de trabajo: 38488 kg

Capacidad de la hoja: 4.7 m³

Ancho de la hoja: 4990 mm

Altura de la hoja: 1174 mm

Profundidad de excavación: 628 mm



Tractor de cadenas D9T

Modelo de motor: C18 ACERT Cat®

Potencia en el volante: 306 kW

Peso en orden de trabajo: 48,000 kg

Longitud total hoja: 8476 mm



Tractor de cadenas D10T

Modelo de motor: Motor diesel 3508B

Potencia en el volante: 433 kW

Peso en orden de trabajo: 66451 kg

Longitud total hoja: 9260 mm



Excavadora Hidráulica Utilitaria 320C L

Modelo de motor: Cat 3066T diesel

Potencia neta en el volante: 103 kW

Peso en orden de trabajo: 23000

Ancho para el transporte: 3080 mm

CAPÍTULO III

SERVICIOS REALIZADOS EN LA ZONA PILOTO “EL CHAL”, PROYECTO
CATIE / NORUEGA - PD, PETÉN GUATEMALA

1. INTRODUCCIÓN

En el presente informe se plasman los resultados de dos servicios realizados en la zona piloto El Chal, proyecto CATIE / Noruega – PD, Flores, Petén, en el período de Agosto de 2006 a Mayo de 2007. Ambos servicios complementan la investigación realizada referente a la caracterización de estructuras de captación y aprovechamiento de agua de lluvia “aguadas” para el consumo animal.

El primer servicio, “Establecimiento de una red pluviométrica en la zona piloto EL Chal”, se realizó con la finalidad de generar información puntual de la precipitación pluvial del lugar, por lo que se instalaron tres pluviómetros considerando la fisiografía del lugar. Los registros pluviométricos reportados son del período de Octubre de 2006 a Mayo de 2007.

El segundo servicio, “Análisis de calidad de agua para consumo humano y animal”, se realizó en dos tipos de aguadas; convencional y mejorada, con el fin de generar información preliminar sobre la calidad físico-química y bacteriológica del agua contenida en las dos tipos de aguada para uso humano y animal.

2. OBJETIVOS

2.1 General

- Generar información sobre aspectos cuantitativos y cualitativos del agua contenida en las estructuras de captación y aprovechamiento de agua de lluvia “aguadas”.

2.2 Específicos

- Establecer una red pluviométrica en la zona piloto “El Chal” del proyecto CATIE / Noruega - PD
- Analizar la calidad de agua para consumo humano y animal en aguadas convencionales y mejoradas del paisaje fisiográfico de ondulaciones del proyecto CATIE / Noruega - PD.

3. METODOLOGÍA

3.1 **Servicio 1:** Establecimiento de una red pluviométrica en la zona piloto El Chal

3.1.1 Número y ubicación de pluviómetros

El número de pluviómetros en una determinada área para la estimación confiable de la precipitación pluvial es variable, de acuerdo a las condiciones fisiográficas y la extensión del área en donde se desea instalarlos. La World Meteorological Organization (1970), citado en el manual técnico de metodología para determinar la recarga hídrica natural en Guatemala sugiere que en regiones planas lo ideal es ubicar un aparato cada 600-900 Km². La zona piloto El Chal cuenta con 688.13 Km² con fisiografía ondulada y plana, que evidencia la diferencia en cuanto a su precipitación pluvial, por lo que fue necesario ubicar tres pluviómetros con el fin de obtener valores de precipitación más confiables.

Los pluviómetros se ubicaron en las comunidades siguientes: Santa Rosita, El Ocote y El Zapote Bobal, bajo la responsabilidad de Wilder Portillo, Jorge López y Víctor Macario respectivamente.

3.1.2 Instalación de pluviómetros y capacitación de personas de las comunidades donde estos fueron ubicados

Los pluviómetros se instalaron en áreas abiertas evitando la presencia de copas de árboles y cercanía a viviendas, utilizando una vara para sostenerlos (Figura 1). Posteriormente se capacitó a las personas en la toma y registro de datos. Los pluviómetros proporcionaron la altura de precipitación total en ml en la escala del pluviómetro, tomando los valores a intervalos de 24 horas. La lámina real en mm de precipitación pluvial se obtuvo multiplicando el valor reportado en los pluviómetros por el factor de 0.27.



Figura 1. Instalación de pluviómetros en la zona piloto El Chal.

3.2 Servicio 2: Análisis de calidad de agua para consumo humano y animal en aguadas del paisaje fisiográfico de ondulaciones

3.2.1 Identificación y número de aguadas muestreadas

En recorridos de campo se identificaron dos tipos de aguadas, las cuales se denominan: aguadas mejoradas y aguadas convencionales. Las primeras se diferencian de las segundas por contar con una cerca en su perímetro que limita el acceso de los animales al agua, por lo que ambas aguadas presentan diferencias en cuanto a la calidad de agua por simple observación, por lo que se hizo necesario evaluar la calidad de agua de los dos tipos de estructuras de almacenamiento de agua de lluvia.

Se tomaron muestras de doce aguadas, seis convencionales y seis mejoradas, el número de aguadas muestreadas fue pequeño en comparación a la cantidad de aguadas que se encuentran en el área de estudio (665 aproximadamente), haciéndose el análisis de calidad de agua con el fin de generar información preliminar al respecto, y considerando que el número de aguadas mejoradas encontradas fue de seis.

Cuadro 1. Coordenadas UTM de las aguadas a las que se les tomó la muestra de agua para el análisis físico-químico y bacteriológico de calidad.

Aguada	Coordenadas UTM (m)
Convencional	
1	¹⁸ 48687 y ² 13031
2	¹⁸ 49945 y ² 12307
3	¹⁸ 53023 y ² 10442
4	¹⁸ 51931 y ² 24773
5	¹⁸ 51318 y ² 24779
6	¹⁸ 52407 y ² 25153
Mejorada	
1	¹⁸ 48836 y ² 13166
2	¹⁸ 49687 y ² 12307
3	¹⁸ 52990 y ² 10337
4	¹⁸ 52716 y ² 25031
5	¹⁸ 52532 y ² 25194
6	¹⁸ 52354 y ² 24959

3.2.2 Época de toma de muestras

Las muestras se tomaron en la época seca en el mes de Abril del 2007, por ser la época crítica en donde algunas personas utilizan el agua de las aguadas para consumo, debido a la ausencia de agua de lluvia que es cosechada por medio de los techos de las casas y depositada en recipientes, o bien a la carencia y/o deficiente servicio de agua potable. En cuanto al uso animal se refiere, de acuerdo a las entrevistas con productores y observaciones en el campo, en esta época es donde estos más se abastecen de agua de

las aguadas, ya que en la época de lluvias los pastos resguardan humedad, así mismo el suelo de los pastizales retiene agua que es consumida por los animales.

3.2.3 Análisis de la calidad del agua para consumo humano y animal

Para el análisis de calidad de agua para consumo humano y animal, se consideraron dos aspectos: 1) la calidad físico-química y 2) la calidad bacteriológica. En base a entrevistas con profesionales en química, química biológica, medicina y nutrición animal, se llegó a concluir que los estándares de calidad de agua tanto para consumo humano y animal tienden a ser los mismos en cuanto a calidad de física-química y bacteriológica. Sin embargo, en lo que respecta a los parámetros evaluados de calidad física-química para consumo animal, los límites máximos permisibles (LMP) son más altos. A continuación se describen los pasos seguidos en ambos análisis:

3.2.3.1 Análisis físico – químico de calidad

Los parámetros evaluados en este análisis fueron: pH, conductividad eléctrica, turbidez, el contenido de sólidos totales, alcalinidad, dureza total y sulfatos, los cuales son los parámetros considerados para evaluar la potabilidad del agua según el laboratorio de Unidad de Análisis Instrumental de la Facultad de Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, donde se utilizó la metodología “Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater” de la A.P.H.A. – A.W.W.A. – W.E.F. 19 th edition 1,995, norma COGUANOR NGO 29001.

El tamaño de cada muestra fue de 1.5 L, para lo cual se utilizaron recipientes plásticos esterilizados con esta capacidad.

3.2.4 Análisis bacteriológico de calidad

Los parámetros evaluados en este análisis fueron: recuento heterotrófico en placa bacteriana, estimado de coliformes totales, estimado de coliformes fecales y aislamiento

de *Escherichia coli*. El análisis de agua fue realizado en el laboratorio Microbiológico de Referencia (LAMIR), de la Facultad de Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, donde se realizaron las pruebas presuntivas y confirmativas utilizando el mismo método.

Para esto se utilizó frascos de plástico esterilizados de 100 ml de capacidad para cada muestra.

Las muestras de ambos análisis se transportaron en refrigeración para evitar cambios físico-químicos y bacteriológicos de las mismas.

4. RESULTADOS

4.1 Servicio 1: Instalación de una red Pluviométrica

Se instalaron tres pluviómetros en la zona piloto El Chal, presentándose su ubicación en la presente figura.

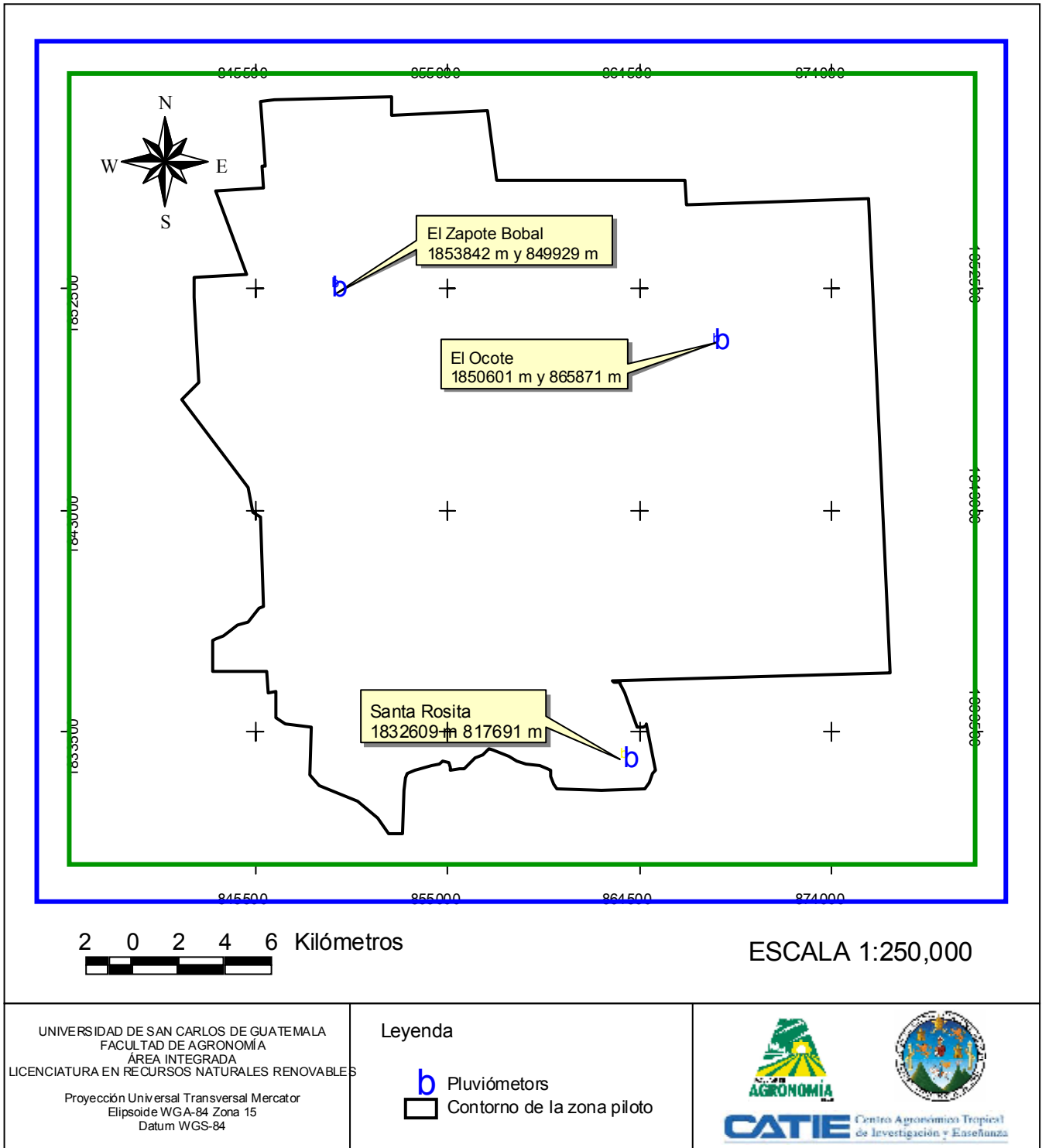


Figura 2. Mapa de ubicación de pluviómetros en la zona piloto El Chal.

4.1.1 Registros Pluviométricos

Los registros pluviométricos se presentan a continuación en el cuadro 2.

Cuadro 2. Registro pluviométrico de tres pluviómetros instalados en la zona piloto El Chal.

Meses	Valores en mm/mensuales		
	El Zapote Bobal	El Ocote	Santa Rosita
Oct-06	46	109	*****
Nov-06	143	55	*****
Dic-06	202	120	*****
Ene-07	204	49	*****
Feb-07	51	38	45
Mar-07	54	32	137
Abr-07	15	10	0
May-07	192	100	92
Total	906	512	273

Los registros pluviómetro en los tres pluviómetros se tomaran a partir del mes Octubre del 2,006, pero en el caso de Santa Rosita no se cuenta con los registros del período de Octubre del 2006 a Enero del 2007, debido a que la persona encargada de registrar los datos del pluviómetro cambio de residencia y no presentó los registros correspondientes, por lo que se procedió a cambiar la ubicación del pluviómetro dentro de la misma localidad, bajo la responsabilidad Byron Macario.

Al comparar los resultados de registro de precipitación pluvial de los tres pluviómetros contenidos en el cuadro 2, se aprecia claramente que existe diferencia en los valores de precipitación pluvial en las áreas donde se ubicaron los pluviómetros.

4.2 **Servicio 2:** Análisis de calidad de agua para consumo humano y animal en el paisaje fisiográfico de ondulaciones

Los resultados de los análisis de calidad de agua se presentan en los cuadros 3 y 4.

Cuadro 3. Resultados de laboratorio del análisis físico – químico de calidad de agua de aguada para consumo humano y animal.

Características	Aguadas Convencionales						Media	Aguadas Mejoradas						Media	LMA	LMP
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6			
pH	7.25	9.1	7.21	8.52	9.02	8.14	8.2	8.64	7.51	8.49	7.81	8.25	9.65	8.39	7.0-7.5	6.5-8.5
Conductividad (mS/cm)	167	58	93	114	84	284	133.3	96	13	44	199	171	127	35.13	100-750	1,500
Turbidez (UT)	23.9	213	322	10.4	12.5	165	124.5	8.39	45.7	79	47.4	19.6	10.7	35.13	5	15
Sólidos totales (mg/L)	76	236	423	64	76	238	193	92	58	132	123	143	81	104.8	500	1,000
Alcalinidad Total (mg/L CaCO ₃)	71.2	35.6	53.4	53.4	53.4	160.2	71.2	53.4	17.8	35.6	106.8	89	53.4	59.3	100	150
Dureza Total (mg/L CaCO ₃)	77	23	46	69	58	168	73.5	53	7	27	120	97	49	58.83	100	500
Sulfatos (mg/L SO ₄)	2.73	3.41	5.64	1.28	1.39	7.32	3.62	3.15	3.11	3.87	1.39	1.49	1.3	2.38	100	250

*LMA = límite máximo aceptable y LMP = límite máximo permisible según norma COGUANOR NGO 29 001

4.2.1 Agua para consumo humano

Para evaluar los parámetros de calidad de agua existe un límite máximo aceptable (LMA), que es el valor de la concentración de cualquier característica de calidad de agua, arriba de la cual el agua pasa a ser rechazable por los consumidores, desde el punto de vista sensorial pero sin que implique daños a la salud del consumidor. Así mismo se cuenta con un límite máximo permisible (LMP), que es el valor de la concentración de cualquier característica de calidad arriba de la cual, el agua no es adecuada para consumo humano (2).

De acuerdo a los resultados obtenidos en el cuadro 3, el pH de las aguadas muestra una tendencia alcalina con valores promedios de 8.14 y 8.39 para aguadas convencionales y mejoradas respectivamente, lo que indica que el suelo kárstico que la retiene influye en el

pH, pudiendo repercutir en daños a la salud humana específicamente en el sistema renal, debido a las concentraciones de carbonatos, sin embargo, los parámetros de dureza total muestran que los valores de carbonatos en el agua no supera los límites máximos permisibles, siendo neutralizados por las concentraciones de sulfatos, los cuales presentan un valor promedio por debajo del límite máximo aceptable.

En cuanto al aspecto, las aguadas convencionales suelen presentar color amarillento, material sedimentado y partículas en suspensión, mientras que las aguadas mejoradas no suelen presentar estas características. La presencia de color amarillento, sedimentos y partículas en suspensión se debe a que los animales las usan y la ensucian (orinan, defecan), así también las personas se bañan dentro de las mismas. También existen aguadas que presentan un color verdoso, lo cual se debe a tres causas principales: 1) presencia de estiércol animal, 2) presencia de algas microscópicas y 3) el contenido de carbonatos, que en este caso proporciona un color verde esmeralda.

Los valores promedios de turbidez se encuentran arriba de los límites máximos permisibles en ambos tipos de aguadas, siendo menores en las aguadas mejoradas. Los valores de turbidez se refieren a la presencia de sólidos suspendidos tales como: la arcilla, limo, materia orgánica finamente dividida, algas y otros organismos microscópicos, lo cual refleja que el agua esta en contacto con el suelo, conteniendo materiales extraños arrastrados por esorrentía y por acción del hombre y de animales que la emplean.

De forma general se dictamina que el agua de las aguadas convencionales y mejoradas muestreadas en la época seca (mes de abril de 2007), no es consumible para el ser humano desde el punto de vista físico-químico sin previo tratamiento, debido que el parámetro de turbidez esta fuera del límite máximo permisible propuesto por la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR).

4.2.2 Agua para consumo animal

Evaluar el contenido del agua para uso animal es importante. La mayor dificultad es establecer niveles a los cuales la salud animal, su bienestar y la productividad puedan verse deteriorados (3).

A continuación se presentan los lineamientos canadienses de calidad físico-química de agua para el ganado bovino, citados por Dupchak K 2002.

a) El Ph

La concentración de iones Hidrógeno en el agua determina el nivel de pH. La mayor parte de las aguas caen dentro de un rango aceptable de 6.5 a 8.5. Si el pH es menor a 5.5 puede darse acidosis y una ingesta reducida de alimento en el ganado. Así también el pH del agua es un factor importante en la determinación de la efectividad de varios tratamientos de agua. La eficiencia de la cloración se reduce con un pH alto. Un bajo pH puede causar precipitación de algunos agentes distribuidos por el sistema de agua.

b) Disueltos totales (mg/L)

Menos de 1,000: un nivel relativamente bajo de salinidad no provoca problemas en cualquier clase de ganado.

1,000 - 2,999: satisfacción para todas las clases de ganado. El agua puede causar temporariamente una diarrea leve en el ganado no acostumbrado, pero no debería afectar ni la salud ni el rendimiento.

3,000 – 4,999: satisfacción para el ganado, aunque puede causar temporariamente diarrea y rechazo al principio en los animales no acostumbrados.

5,000 – 6,999: razonablemente segura para el ganado de carne y leche. Evitar utilizar con niveles más altos para animales preñados o en lactancia.

7,000 – 10,000: puede existir un riesgo considerable en el uso de esta agua para vacas preñadas o en lactancia, los jóvenes de estas especies, o para cualquier animal sujeto a alto stress por calor o pérdida de agua. En general, el uso de esta agua debe ser evitado.

Más de 10,000: los riesgos con esta agua altamente salinas son tan grandes que no pueden recomendarse para su uso bajo ninguna circunstancia.

Sólidos disueltos totales (TDS en inglés), es el indicador principal de la calidad del agua. Si el TDS es aceptable, es poco posible que los niveles de los minerales sean un problema. El agua con un TDS menor que 1,000 mg/L es aceptable para toda clase de ganado. Entre 1,000 y 7,000 mg/L los efectos del TDS son menos precisos y pueden variar de ningún efecto notable a diarrea temporal y a la productividad atenuada. Si el TDS cae en este rango, es necesaria una evaluación de los niveles de minerales que acompañan al TDS. Cualquier número de minerales pueden elevar el TDS; por ejemplo, el calcio y magnesio contribuyen al TDS, pero tienen efectos fisiológicos muy diferentes comparados con el sulfato, otro contribuyente al TDS.

Si el TDS está entre 7,000 y 10,000 mg/L, serios problemas de salud pueden desarrollarse, y puede ocurrir un rechazo al agua por parte del ganado. Aguas con un TDS sobre 10,000 mg/L no deberían ser utilizadas para consumo animal.

c) Alcalinidad total (mg/L de CaCO_3)

La alcalinidad mide la habilidad del agua para neutralizar un ácido. Niveles de alcalinidad excediendo los 500 mg/L pueden tener efectos laxantes, mientras los niveles de alcalinidad usualmente no excedan el límite recomendado de 500 mg/L, los niveles inferiores pueden incrementar los efectos laxantes causados por un nivel alto de sulfatos. Al aumentar el nivel de alcalinidad, el nivel al cual el sulfato causa diarreas disminuye.

d) Sulfatos (SO₄ en mg/L)

Los niveles de sulfato por sobre 150 mg/L pueden causar un sabor notable que puede o no afectar la ingesta de agua. El agua con niveles de sulfato por sobre 500 mg/L puede tener un efecto laxante. El efecto de los sulfatos depende enormemente de la masa corporal del animal, entre más pequeño el animal, mayor el efecto.

Niveles de sulfato mayores que 2,000 mg/L pueden causar diarrea y una reducción en la producción de leche de la vacas.

Lo descrito anteriormente demuestra que la calidad física-química del agua de las aguadas no es perjudicial para la salud animal, ya que los parámetros evaluados se encuentran en valores muy por debajo a los perjudiciales a la salud animal.

Cuadro 4. Resultados de laboratorio de análisis bacteriológico de calidad de agua de aguada para consumo humano y animal.

Aguada	Recuento heterotrófico en placa bacteriana	Estimado de coliformes totales	Estimado de coliformes fecales	Aislamiento de <i>E. coli.</i>
	UFC/mL	NMP/100mL	NMP/100mL	si/no
Convencionales				
1	52000	>24000	170	Si
2	1000	1300	1300	Si
3	9000	800	800	Si
4	400	>2400	<2	Si
5	200	>2400	2	Si
6	2200	1600	2	Si
Mejoradas				
1	350	540	33	Si
2	180	1600	2	Si
3	350	140	140	Si
4	2,000	>2400	<2	No
5	300	>2400	<2	No
6	310	>2400	<2	No

UFC: Unidades Formadoras de Colonia
mL: mililitro
NMP: Número más probable

Las aguas tratadas inapropiadamente o sin protección sanitaria pueden contener microorganismos patógenos (contaminación por aguas negras, excretas humanas y animales). El agua se convierte en el vehículo de transmisión de una gran variedad de agentes causales, vivos y no vivos, siendo un elemento de consumo obligatorio para todo ser vivo. Entre las enfermedades transmisibles por el agua tenemos:

- a) Parasitosis intestinal y amibiasis
- b) Enfermedades hídricas bacterinas
 - Disentería bacilar
 - Tifoidea
 - Salmonelosis
 - El grupo de las gastroenteritis
- c) Enfermedades virales (5)

Las bacterias coliformes que no son patógenos se asocian con los microorganismos patógenos y son un buen índice del grado de seguridad bacteriológica del agua. Las bacterias coliformes son más resistentes que las bacterias patógenas y si se encuentran ausentes en el agua hay un índice de que es bacteriológicamente segura para el humano y animales. *Escherichia coli*, es el coliforme fecal más preciso y de mayor aceptación como indicador de contaminación fecal. Abunda en las heces de origen humano y animal (1).

El laboratorio Microbiológico de Referencias – LAMIR –, dictaminó que COGUANOR aún no ha emitido una norma específica para determinar la calidad del agua contenida en aguadas, por lo que no incluyen una norma específica en los informes.

El cuadro 4 muestra la presencia de bacterias en estimado de coliformes totales y coliformes fecales tanto en aguadas convencionales como en aguadas mejoradas, siendo menores los valores en este último tipo de aguada. En cuanto a la presencia de *Escherichia coli* tres de las aguadas mejoradas no presenta aislamiento de esta bacteria, no existiendo contaminación por el hombre, animales ni por escorrentía superficial.

El estimado de coliformes fecales en las aguadas convencionales 1, 2 y 3, así como en la aguada mejorada 3, presentaron valores altos, considerando a demás que se aisló *Escherichia coli*, indicando que existe una alta probabilidad de encontrar microorganismos patógenos causantes de enfermedades tanto en la salud humana como animal. En el caso de las aguadas mejoradas en las que se aisló *Escherichia coli*, esto puede deberse a que los propietarios a demás de utilizar el agua para beber la utilizan para bañarse.

5. CONCLUSIONES

- En la zona piloto El Chal se estableció una red pluviométrica, compuesta por tres pluviómetros ubicados en las comunidades; El Zapote Bobal, El Ocote y Santa Rosita.
- El agua de las aguadas en términos de calidad físico-química y bacteriológica es apta para consumo humano, siempre y cuando se trate previamente para ser consumida (filtración y cloración).
- El agua de las aguadas en cuanto a calidad físico-química es apta para el consumo animal, pero desde el punto de vista bacteriológico deben tomarse medidas de prevención para evitar trastornos a la salud.
- El agua de las aguadas mejoradas presentaron resultados más satisfactorios en lo que respecta a la calidad bacteriológica para el consumo humano y animal.

6. RECOMENDACIONES

- Los registros pluviométricos deben tomarse por lo menos una temporada de lluvia, permitiendo con esto correlacionar los datos con los registros de estaciones meteorológicas cercanas a la zona piloto, determinando si existe o no diferencia entre los valores de precipitación pluvial con estas estaciones, lo que permitirá decidir si es necesario seguir con los registros de precipitación pluvial dentro de la zona piloto, con el fin generar información puntual de la precipitación pluvial del lugar.

- El agua de las aguadas debe ser tratada previamente para ser consumida, usando para ello filtros o productos químicos tales como cloro, el cual es una alternativa accesible y de muy bajo precio. Además debe aumentarse el uso de aguadas mejoradas para el aprovisionamiento de agua.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. APHA (American Public Health Association, US); AWWA (American Water Works Association, US); WPCF (Water Pollution Control Federation, US). 1963. Métodos estándar para el examen de agua y aguas de desecho. 11 ed. México. 1,193 p.
2. COGUANOR (Comisión Guatemalteca de Normas, GT). 1984. Especificaciones para agua potable; NGO 29-001. Guatemala. 14 p.
3. Dupchak, K. 2006. Evaluando la calidad del agua para el ganado (en línea). Canadá. Consultado 16 ago 2007. Disponible en http://www.engormix.com/evaluando_calidad_agua_ganado
4. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2003. Manual técnico de metodología para la determinación de recarga hídrica natural. Guatemala. 106 p.
5. Reyes, A. 1982. Calidad bacteriológica del agua que abastece a la población del municipio de Champerico. Tesis Químico Farmacéutico. Guatemala, USAC, Facultad de CC.QQ y Farmacia. 58 p.