

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA INTRODUCCIÓN DE RIEGO EN LA ALDEA
JOCOTE DULCE, SANTA CATARINA MITA, JUTIAPA.



TESIS
PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE
LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

ROLANDO ARTURO MEDINA SANDOVAL

En el acto de investidura como

INGENIERO AGRÓNOMO

EN
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN EL GRADO ACADEMICO DE LICENCIADO

Guatemala, Septiembre del 2,001

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Ing. Agr. EFRAIN MEDINA GUERRA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Ing. Agr.	Edgar Oswaldo Franco Rivera
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr.	Walter Estuardo García Tello
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr.	Manuel de Jesús Martínez Ovalle
VOCAL TERCERO	Ing. Agr.	Alejandro Arnoldo Hernández Figueroa
VOCAL CUARTO	Prof.	Abelardo Caal Ich
VOCAL QUINTO	Br.	José Baldomero Sandoval Arriaza
SECRETARIO	Ing, Agr,	Edil René Rodríguez Quezada

Guatemala, Septiembre del 2,001

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

Distinguidos miembros:

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de tesis titulado

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA INTRODUCCIÓN DE RIEGO EN LA ALDEA
JOCOTE DULCE, SANTA CATARINA MITA, JUTIAPA.**

Presentando Como requisito previo a optar el Título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

En espera de su aprobación, me es grato presentarles mi agradecimiento.

Atentamente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'ROLANDO MEDINA S', with a stylized flourish at the end.

ROLANDO ARTURO MEDINA SANDOVAL

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS: Por iluminarme y permitirme culminar mi carrera.

MIS PADRES: **Jacobo Medina Guerra**
Estela Sandoval y Sandoval
Por su valioso apoyo y colaboración en mi formación.

MIS HERMANOS: **Glenda Lis, Milton Estuardo, Erika, Marvin Geovany, Luis Fernando, Leonardo Jacobo y Mónica Elena.**

MI NOVIA: **Karen Dallana Bernal Recinos**
Por su amor y apoyo incondicional.

MIS CUÑADOS: Edwin Bernal, Jessica Bernal, Edgardo Rodríguez.

MIS PRIMOS: Camilo Medina, Leopoldo Sandoval, Efraín Medina, Neftalí Medina.

MIS SOBRINOS: Oscar Jacobo, Angel Estuardo, Elida María, Dulce Maria, Axel Roberto, Erik Edgardo, María Elena.

**MIS AMIGOS Y
COMPAÑEROS DE ESTUDIO:** Eddie Turcios, Byron Cuellar, Estuado Lira, Jorge Mario Monzón, Jorge Guicoy, Juan Pablo Marín, Luis Orellana, Pablo Cordón, Henry Pinto, Carlos Rivera, Thomas Palma, Alberto Pérez, Dagoberto Valiente, Ranulfo Valiente, Jimmy Rodríguez, Leonardo Sandoval, Fredy Lemús, Juan Carlos Palma, Sergio Figueroa, Ludwin Godoy, Antonio Valenzuela, Erik Pinto, Mynor Martínez, Luis López, Gabriel Martínez, Miguel Villanueva, Ángel Mario Villanueva, y a muchos otros amigos que de alguna manera han contribuido en mi formación.

LA MEMORIA DE: Adar Odil, Luis Ramiro Cagueque, Griselda Rubicely Escobar y Rosmeri Escobar, (Q.E.P.D.).

LAS FAMILIAS: Medina Sagastume, Medina Mazariegos y Bernal Recinos por todo el apoyo brindado durante la realización de mis estudios.

MI FAMILIA: En general.

TESIS QUE DEDICO

A:

Mis Padres

Guatemala

Cunsurori

Facultad de agronomía

Universidad de San Carlos de Guatemala

RECONOCIMIENTOS

A:

La Municipalidad de Santa Catarina Mita, por todo el apoyo en la realización del presente trabajo.

A el Lic. René Vicente Osorio por su colaboración en la realización del presente estudio.

El Ing. MSc. Carlos Flores Aucedá, Ing. Agr. Pedro Peláez Reyes, Ing. MSc. Iván Dimitri Santos y al Ing. MSc. David Juárez, Expreso mi agradecimiento sincero por la orientación y asesoría en la elaboración del presente trabajo de Tesis.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
ÍNDICE DE CONTENIDO	i
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	vi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	2
3. MARCO TEÓRICO	3
3.1 Marco Conceptual	3
3.1.1 Investigaciones en proyectos de riego	3
3.1.2 Estudios de Reconocimiento	3
3.1.3 Estudios de Prefactibilidad	3
3.1.3.1 Factores para el estudio de introducción de riego	4
3.1.3.2 Metodologías en estudios de prefactibilidad	5
3.1.4 Estudios de Factibilidad	11
3.1.5 Estudios Definitivos	12
3.1.6 El Riego	13
3.1.6.1 Principios básicos del riego	13
3.1.6.2 Métodos de riego	14
3.1.6.3 Elección del método de riego	15
3.1.6.4 Aspectos que deben considerarse en la elección de un método de riego	15
3.1.7 Problemas derivados del uso del riego	16
3.1.8 Potencial de riego en Guatemala	16
3.1.8.1 Experiencias en estudios de irrigación en Guatemala	17
3.1.9 Fuente de agua	18
3.1.10 Agua subterránea	19
3.1.10.1 Importancia del agua subterránea	19
3.1.10.2 Distribución del agua subterránea	20

3.1.11	Acuífero	21
3.1.11.1	Tipos de acuíferos	21
3.1.12	Calidad del agua para riego	22
3.1.12.1	Clasificación basada en la conductividad eléctrica (C.E.) y la relación adsorción de sodio (RAS)	22
3.1.13	Evapotranspiración, disponibilidad de agua para los cultivos	23
3.1.14	Uso – Consumo	24
3.1.15	El suelo y su importancia económica	24
3.1.15.1	Características y propiedades físicas del suelo relacionadas con el riego y drenaje	25
3.1.16	El sistema agua – suelo	26
3.1.17	Capacidad de uso de la tierra	27
3.1.18	Clasificación de tierras por capacidad de uso	27
3.1.19	Uso potencial	27
3.1.20	Procedimiento general para la clasificación de tierras por capacidad de uso, aplicación de una metodología para tierras de la República de Guatemala	27
3.1.20.1	Categorías de capacidad de uso	30
3.1.21	Clasificación USBR con fines de riego	31
3.2	Marco Referencial	32
3.2.1	Datos generales	32
3.2.1.1	Ubicación y localización	32
3.2.1.2	Vías de acceso	32
3.2.1.3	Extensión	32
3.2.1.4	Hipsometría	32
3.2.1.5	Clima y zona de vida	33
3.2.1.6	Región fisiográfica	33
3.2.1.7	Hidrología	33
3.2.1.8	Suelos	33
3.2.1.9	Aspectos socioeconómicos	33
4.	OBJETIVOS	37
4.1	General	37
4.2	Específicos	37

5.	METODOLOGÍA	38
5.1	Recopilación de información	38
5.2	Estudio edafológico	38
5.3	Estudio hidrológico	39
5.4	Estudio climatológico	41
5.5	Estudio topográfico	41
5.6	Elaboración de mapas	41
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
6.1	Estudio edafológico	42
6.2	Estudio hidrológico	45
6.3	Estudio climatológico	50
6.4	Estudio topográfico	50
	6.4.1. Determinación de pendientes	50
	6.4.2. Micro relieve	50
6.5	Estimación de costos	51
7.	CONCLUSIONES	53
8.	RECOMENDACIONES	54
9.	BIBLIOGRAFÍA	55
10.	APÉNDICE	58

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	DESCRIPCION	PAGINA
1	Área regable en Guatemala, con base en clases agrológicas (I a IV) y déficit de lluvia (I a IV)	17
2	Capacidad de uso de la tierra según el INAB	42
3	Resultados del análisis físico-químico de suelos reportado por laboratorio	44
4	Resultados de las constantes de humedad y densidad aparente	44
5	Cuadro de resultado de análisis químico de agua	45
6	Cuadro de resultados en la determinación de la Evapotranspiración en el cultivo de Tomate por el método Blaney & Criddle	46
7	Demandas hídricas o evapotranspirativas de los cultivos regables de la zona	47
8	Cuadro de resultados de lámina de agua disponible	48
9	Resultados de lámina de agua a aplicar según el sistema aspersión	49
10	Datos climáticos de la estación Tipo "A" La Ceibita, Municipio de Monjas, Jalapa	50
11	Estimación de costos y beneficiarios	51
12A	Perfil de proyecto agua potable Jocote Dulce	64
13A	Cuadro del análisis fisiográfico – paisajista	65
14A	Porcentaje de horas luz o insolación en el día para cada mes del año, en relación al número total en un año	66
15A	Promedio anual de los valores de Kc para diversos cultivos (según Blaney & Criddle)	67

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	DESCRIPCION	PAGINA
1	Ubicación del área de estudio	35
2	Mapa de Santa Catarina Mita mostrando las aldeas beneficiadas	36
3	Mapa de capacidad de uso de la tierra	43
4	Gráfica de relación entre ETP & PP	48
5	Mapa de pendientes del área de estudio	52
6A	Localización cartográfica del área bajo estudio	59
7A	Mapa del Análisis Fisiográfico Paisajista mostrando los puntos de muestreo	60
8A	Mapa de serie de suelos	61
9A	Mapa de clasificación taxonómica de suelos	62
10A	Diagrama para la clasificación de aguas para riego	63

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA INTRODUCCIÓN DE RIEGO EN LA ALDEA JOCOTE DULCE, SANTA CATARINA MITA, JUTIAPA.

PREFACTIBILITY STUDY FOR THE WATERING INTRODUCTION IN THE VILLAGE JOCOTE DULCE, SANTA CATARINA MITA, JUTIAPA.

RESUMEN

Cuando el recurso agua es limitante para la producción agrícola, las tierras aptas para la agricultura quedan en completo abandono y los agricultores tienen una baja en sus ingresos. En la aldea Jocote Dulce del municipio de Santa Catarina Mita, Jutiapa, tienen el problema de la falta de tecnología para la utilización de las aguas subterráneas para su uso en la agricultura, por tal motivo se realizó el estudio de prefactibilidad para demostrar que técnicamente es factible la introducción de riego en la región. Por lo que se determinó la demanda y disponibilidad de agua en la región, para lo cual fue necesario determinar el área con potencial para riego y la actualmente regada, las cuales son de 62 hectáreas y 30 hectáreas respectivamente. Posteriormente se llevaron a cabo estudios climatológicos que consistieron en analizar datos de temperatura y precipitación pluvial, para determinar demandas evapotranspirativas, luego se realizó el estudio de suelos, en el cual se determinaron las características físicas como: textura, densidad aparente, y químicas: únicamente materia orgánica, también se determinaron las constantes de humedad, capacidad de campo y punto de marchitez permanente. En el estudio edafológico, se determinó la capacidad de uso de los suelos de la región, aplicando la metodología para la República de Guatemala desarrollada por el INAB. Otro aspecto importante lo constituyó la calidad del agua subterránea, para lo cual se analizaron dos muestras extraídas de pozos mecánicos, el análisis químico reportó los siguientes resultados: la muestra uno de clase C2S1 y la muestra dos C1S1, es decir, que son aguas que no presentan ninguna limitación para su uso en irrigación. En cuanto a la determinación del consumo de agua o evapotranspiración se tomó como base el cultivo de tomate, debido a que es un cultivo que tiene mucha importancia en la región por sus elevadas posibilidades de venta y precios en el mercado, obteniéndose una demanda de 4.62 mm/día para el mes de mayo, se analizaron también las demandas evapotranspirativas para el tabaco, sandía, frijol, brócoli y maíz, siendo los cultivos de maíz y brócoli los que reportaron la mayor demanda evapotranspirativa en el mes de mayo con 5.24 mm/día. La lámina disponible o total para el cultivo de tomate fue de 6.67 cm, y una lámina bruta de 4.44 cm, con una frecuencia de riego de 8 días, teniendo un caudal a extraer de un pozo mecánico no menor de 300 GPM. De tal manera que existe potencial para el desarrollo del riego en la región; pero serán los estudios de factibilidad los que determinen si es económicamente viable la ejecución del mismo.

1. INTRODUCCION

En forma general la irrigación en Guatemala se ha desarrollado de una forma lenta debido a la relativa poca atención que se le ha prestado a la producción de cultivos bajo riego, especialmente en la zona Sur-Oriental del País, donde las lluvias se distribuyen de Mayo a Octubre, resultando poco significativo el aporte de humedad para el resto del año, lo cual limita la utilización del suelo en el período seco. Los agricultores de la región, durante mucho tiempo han expuesto a las autoridades municipales la necesidad de implementar riego, ya que poseen tierras aptas para el desarrollo del mismo. Por otro lado existen instituciones gubernamentales y no gubernamentales, que proporcionan apoyo técnico y financiero para la ejecución de éste tipo de proyectos, el cual se encuentra dentro del rango de proyectos productivos. La Municipalidad de Santa Catarina Mita en el año 2,000 a través del Ejercicio Profesional Supervisado, de la Facultad de Agronomía empezó a realizar estudios de las características edáficas, hidrológicas, topográficas, climáticas y principales cultivos de la región, con el fin de determinar el área en que se puede desarrollar agricultura bajo riego, la cual resultó ser de 62 hectáreas (88.6 Manzanas). También se generó información en cuanto a suelos, calidad y principal fuente de agua, así como la demanda y disponibilidad hídrica de los cultivos de la región, la cual se podrá seguir utilizando en estudios posteriores ya que resulta fundamental determinar las características del medio donde se implementarán nuevas tecnologías de producción para mejorar entre otros, el diseño, el manejo y el funcionamiento de los sistemas de riego y conseguir un balance económico óptimo y una idónea utilización de los recursos agua y suelo en la aldea Jocote Dulce, para contribuir al desarrollo de la misma y del país en general.

2. DEFINICION DEL PROBLEMA

Los agricultores de la región se encuentran limitados a producir únicamente en la época lluviosa, debido a que un factor limitante en el aprovechamiento del recurso suelo, es la falta de agua para poder utilizar estos terrenos en época seca, ya que la situación socioeconómica no les permite implementar sus propios sistemas de riego. Únicamente el 9% de los suelos Clase A son aprovechados pero no en forma eficiente pues utilizan más agua de la necesaria para los cultivos, ya que el método de aplicación es el de gravedad. Para utilizar los terrenos que son explotados únicamente en época lluviosa, durante todo el año, es necesario incorporar a la producción áreas con potencial pero actualmente improductivas por falta del recurso agua.

Los sistemas de riego planificados pueden contribuir a elevar significativamente el nivel de vida de las comunidades, ya que con ésta práctica se puede introducir una agricultura intensiva mediante la habilitación de tierras con vocación para ser implementadas bajo riego.

Por otra parte, no se han introducido sistemas de riego que funcionen eficientemente, porque los existentes no toman en cuenta la cantidad de agua a utilizar, debido a que no se han efectuado estudios que lo determinen.

Por ésta situación los agricultores se ven obligados a producir únicamente en la época lluviosa, existiendo alta oferta en el mercado y por ende bajos precios en los productos de los cultivos de la región, tales como Tomate (Lycopersicon esculentum L.), Chile Pimiento (Capsicum annum), Brócoli (Brássica rapa), Frijol (Phaseolus vulgaris), Maíz Criollo y Dulce (Zea mays), Tabaco (Nicotiana tabacum) y Sandía (Citrullus vulgaris).

3. MARCO TEORICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 INVESTIGACIONES EN PROYECTOS DE RIEGO

Tello Cano (25), indica que en éstas investigaciones se recomienda que se adopten cuatro etapas principales: Estudios de reconocimiento, prefactibilidad, factibilidad y estudios definitivos.

3.1.2 ESTUDIOS DE RECONOCIMIENTO

Tomando en consideración que existen reconocimientos aéreos y terrestres, se entenderá que ya se tienen a la mano lo primeros, con los cuales se pudo detectar en qué regiones se localizan sistemas u obras ya construídas; cuáles sitios no se han aprovechado todavía; qué nuevos aprovechamientos hidráulicos existen; también permiten que la información obtenida en éstos reconocimientos, puedan ser verificados con reconocimientos terrestres (25).

3.1.3 ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD

Luego del estudio de reconocimiento, se efectúan los estudios de prefactibilidad. Estos se llevarán a cabo, cuando en la visita de inspección no hayan salido a la luz, obstáculos de peso que descarten de una vez por todas el proyecto.

Los estudios preliminares, son las primeras investigaciones que se realizan en un área, con potencial de desarrollo agrícola. Esta etapa de estudios es la que en forma técnica, determina la conveniencia de continuar invirtiendo recursos en subsiguientes estudios o bien, eliminar definitivamente la consideración del proyecto.

Durante el proceso de la investigación, se debe adjuntar toda la información disponible del área del proyecto, de tal manera que, adoptando datos y mapas de estudios anteriores (si los hubiere), se logre integrar toda la información necesaria a un costo relativamente bajo (25).

Sapag Chain (18) menciona que este estudio profundiza la investigación, basándose principalmente en información de fuentes secundarias para definir con cierta aproximación las variables principales referidas al mercado, a las alternativas técnicas de producción y a la capacidad financiera de los inversionistas. En términos generales, se estiman las inversiones probables, los costos de operación y los ingresos que demandará y generará el proyecto.

Fundamentalmente, esta etapa se caracteriza por descartar soluciones con mayores elementos de juicio. Para ello profundizan los aspectos señalados preliminarmente como críticos por el estudio de perfil. La aproximación de las cifras hace recomendable la sensibilización de los resultados obtenidos. Como resultado de este estudio, surge la recomendación de su continuación a niveles más profundos, su abandono o postergación hasta que se cumplan determinadas condiciones mínimas que deberán explicarse.

El estudio de viabilidad técnica estudia las posibilidades materiales, físicas y químicas, condiciones y alternativas de producir el bien o servicio que se desea generar con el proyecto. Muchos proyectos nuevos requieren probados técnicamente para garantizar la capacidad de su producción, incluso antes de determinar si son o no convenientes desde el punto de vista de su rentabilidad económica. Por ejemplo, si la materia prima nacional permite la elaboración de un determinado producto, si el agua tiene la calidad requerida para la operación de una fábrica de cervezas o si existen las condiciones geográficas para la instalación de un puerto.

Un proyecto puede ser viable tanto por tener, un mercado asegurado, como por ser técnicamente factible. Sin embargo, podrían existir algunas restricciones de carácter legal que impedirían su funcionamiento en los términos que se pudiera haber previsto, no haciendo recomendable su ejecución. Por ejemplo, limitaciones en cuanto a su localización, tributación, publicidad, uso del producto, etc. (18).

3.1.3.1 FACTORES PARA EL ESTUDIO DE INTRODUCCIÓN DE RIEGO

De acuerdo con lo señalado con Tello Cano (1,978) en un estudio de prefactibilidad para introducción de riego se deben incluir los aspectos que a continuación se discuten en forma resumida (25).

3.1.3.1.A ESTUDIOS HIDROLÓGICOS

Se deberá considerar, básicamente, la disponibilidad y potencialidad de los recursos hídricos del área. El estudio deberá incluir épocas de crecimiento y estiaje, gastos máximos y mínimos, así como la calidad del agua y de las fuentes disponibles.

3.1.3.1.B ESTUDIOS CLIMÁTICOS

Es necesario conocer las características del clima del lugar, para determinar la cantidad de agua que requieren los cultivos a establecer y poder relacionarlas con las etapas de mayor demanda y los momentos críticos para su aplicación. En este sentido los parámetros más importantes son : Precipitación pluvial, temperatura, evaporación, radiación solar, humedad relativa y vientos.

3.1.3.1.C ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS

Los levantamientos topográficos son muy importantes en un estudio de introducción de agua de riego, ya que servirán en primer lugar, para definir el método de riego a implementar. Posteriormente servirán para planificar el sistema, delimitar la zona regable y localización preliminar de los canales o tuberías de conducción o distribución.

3.1.3.1.D ESTUDIO DEL SUELO

Este estudio debe iniciarse mediante consulta de mapas que proporcionen la información necesaria sobre los tipos del suelo del lugar y sus características. Adicionalmente deberá realizarse investigaciones de campo para obtener la descripción y caracterización de los aspectos morfológicos, físicos y químicos de los suelos.

3.1.3.1.E ESTUDIOS AGRONOMICOS

Deberá incluirse la elaboración de un plan de cultivos, en el cual debe verse fundamentalmente que los cultivos a establecer puedan manejarse adecuadamente durante el año y además, que proporcionen resultados económicos aceptables. El cálculo de los requerimientos de riego forma también parte de estos estudios, ya que constituye el punto de partida para el diseño del sistema. Debe considerarse además, la forma como se distribuirá el agua en el terreno, de acuerdo con la cantidad y conformación de las parcelas.

3.1.3.1.F ESTUDIOS SICIOECONOMICOS

El recurso humano es uno de los aspectos a investigar, en cuanto a sus actitudes y aptitudes, la mano de obra disponible, la población total activa y no activa por edad y sexo, así como las inmigraciones, emigraciones. También interesa conocer sobre la atención d la tierra, la actitud al cambio, las necesidades, recursos e intereses de las personas que participarán en el proyecto (25).

3.1.3.2 METODOLOGÍAS PARA ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD EN RIEGO

A. CANTO BROL (4) en su Estudio de prefactibilidad para la introducción de un sistema de riego por gravedad en la aldea La Unión, Nenton, Huehuetenango, empleó la siguiente metodología:

RECONOCIMIENTO DEL AREA DE TRABAJO:

Se realizó una visita de reconocimiento a la comunidad en estudio donde se efectuaron caminamientos por las posibles fuentes de agua.

ESTUDIO DEL SUELO:

Muestreo de suelo:

El método de muestreo utilizado fue el de la cuadrícula por ser el más preciso.

Apertura de calicatas:

Con el objeto de determinar los perfiles existentes, así como la profundidad de los mismos, se procedió a la apertura de calicatas.

Capacidad de uso, y uso actual de la tierra:

El sistema de clasificación usado para la capacidad del uso de la tierra fue el del USDA con fines de conservación de suelos y el USBR con fines de riego.

En el uso actual de la tierra las áreas fueron obtenidas por medio del planímetro.

ESTUDIO DEL AGUA

Obtención de las muestras de agua:

Las muestras de agua se tomaron en recipientes de plástico con capacidad de un litro cada una.

Caudales:

Los caudales se determinaron en cada una de las fuentes de agua independientemente.

SUELO Y AGUA

Pruebas de infiltración:

Para la determinación de la velocidad de infiltración del agua en el suelo se utilizó el método del infiltómetro de doble cilindro.

Capacidad de campo:

Se tomó una muestra de suelo a profundidad de 0 – 20 cm y de 20 – 40 cm.

Densidad aparente:

La densidad aparente del suelo se determinó por dos métodos: el del agujero y el de los cilindros de volumen conocido.

LEVANTAMIENTO PLANIMETRICO

Se llevó a cabo un levantamiento planimétrico utilizándose para esto un nivel de precisión, un estadal y estacas.

IDENTIFICACIÓN DE LA VEGETACIÓN DEL AREA

Se realizó una identificación de especies vegetales nativas en el entorno de las fuentes de agua y en el área donde se desea introducir el riego.

ESTUDIO SOCIOECONÓMICO

La información socioeconómica se obtuvo mediante entrevistas personales con los agricultores del lugar.

B. SOLORZANO HERNÁNDEZ (22), en su Estudio de Factibilidad para la Introducción de Riego en el Valle Chuya, llevó a cabo la metodología siguiente previo a los estudios de factibilidad:

ESTUDIO DE AGUA:

Se realizan inspecciones preliminares con el fin de conocer el área que se desea regar con todos sus accidentes, en cuanto a la calidad de agua, se toman muestras de agua para ser analizadas en el laboratorio.

ESTUDIO TOPOGRAFICO:

Inicialmente se localizó en un mapa cartográfico de escala 1:50,000 el área potencial de riego, la fuente de agua y niveles de referencia.

La medición se hizo con teodolito de precisión (Kern – Ksl), realizando el levantamiento planimétrico y altimétrico por el método de deflexiones. En cada punto del caminamiento se tomaron valores de distancia, ángulo vertical, ángulo de deflexión, derecha o izquierda, según la dirección seguida en el levantamiento.

ESTUDIO CLIMATOLOGICO:

Con objeto del estudio se eligió la estación meteorológica "La Suiza contenta", ubicada en San Lucas Sacatepéquez, los datos recopilados fueron: temperatura media mensual y precipitación pluvial.

Cálculo de evapotranspiración:

La evapotranspiración se determinó por el método de Blanney y Criddle modificado por Penman, utilizando los valores de temperatura y porcentaje de insolación mensual con respecto al total anual.

ESTUDIO DE SUELOS:

Para este estudio se tomó muestras de suelo en 4 parcelas diferentes distantes 500 metros aproximadamente una de la otra.

Textura: Se determinó en el laboratorio por el método de Boyoucos.

Constantes físicas del suelo: Se determinaron en el laboratorio, la capacidad de campo por el método de la olla de presión y el punto de marchites permanente por el método de la membrana de presión.

Densidad aparente: Se determinó en el laboratorio por el método del cilindro.

Infiltración: Se hizo 3 pruebas de infiltración en diferentes parcelas del área regable, seleccionándose la prueba que reportó valores más bajos de infiltración.

C. ROMERO ORELLANA (17) en su Estudio Determinación de las Áreas regadas y potencialmente regables, con fines de Diseño de un Sistema de Riego en la cuenca del río Itzapa, San Andrés Itzapa, Chimaltenango, utilizó la siguiente metodología:

DETERMINACIÓN DE AREAS ACTUALES DE RIEGO:

Las áreas actuales de riego se determinaron por medio de fotointerpretación y corroborando los datos con caminamientos por el área. Posteriormente se realizó un levantamiento topográfico por medio del cual se pudo ubicar las parcelas en un plano y cuantificar el área.

DETERMINACIÓN DE AREAS POTENCIALES DE RIEGO:

Se definieron, delimitando las áreas potenciales en la fotografía aérea y luego comprobando en el campo por inspección directa en el campo. Las áreas ubicadas en la fotografía aérea, fueron sujetas de una serie de estudio edafológicos para determinar su potencialidad para el riego. Una vez bien determinadas estas áreas, se realizó un levantamiento topográfico, para ilustrar a escala la ubicación de las mismas.

ESTUDIO TOPOGRÁFICO:

Para el estudio topográfico, se delimitó el área de riego con ayuda de fotografía aérea y por medio de caminamientos en el área. Una vez delimitada el área, se procedió a efectuar un levantamiento planialtimétrico para obtener el relieve. Una vez obtenida la información del levantamiento se elaboraron los planos en los cuales se ilustran las áreas actualmente regadas y potencialmente regables.

ESTUDIO CLIMÁTICO:

Para este estudio se consultó los registros climatológicos de la estación metereológica de la Alameda (tipo A). Los datos consultados son a partir de 1981.

ESTUDIOS EDAFOLÓGICOS:

Muestreo de suelos:

Para el muestreo de suelos, se determinaron los puntos de muestreo, consultando el mapa de clasificación taxonómica de suelos de la cuenca del río Itzapa.

Para efectuar el estudio de suelos, se construyeron calicatas (trincheras) en los lugares representativos que se determinaron. En los perfiles se estudiaron características básicas tales como textura, estructura, color, profundidad por estrato, consistencia. Estas lecturas se hicieron directamente en el campo.

De cada estrato encontrado, se tomaron muestras de suelos, las cuales se enviaron al laboratorio de suelos Ing. Salvador Castillo, de la Facultad de Agronomía de la USAC para su análisis Físico y Químico.

Análisis físico – químico de suelos:

- En el análisis Físico se determinó el porcentaje de arena, limo y arcilla que posee cada estrato del suelo.
- En el análisis Químico se determinó el porcentaje de Materia orgánica, Carbono orgánico, IC, pH, los elementos fósforo, potasio, calcio, magnesio, sodio, hierro, y el porcentaje de saturación de bases.

Determinación de humedad:

Para determinar las constantes de humedad, capacidad de campo y punto de marchites permanente, se tomaron muestras de los distintos horizontes de los perfiles del suelo y se enviaron al laboratorio de suelos de la FAUSAC para determinar los porcentajes de humedad a 1/3 y 15 atmósferas de presión, con estas muestras también se determinó la densidad aparente.

Pruebas de infiltración y determinación de la infiltración básica:

Para determinar la velocidad de infiltración se realizaron pruebas de infiltración por el método del infiltómetro de doble cilindro. Los puntos donde se hicieron las pruebas estaban distribuidos en los diferentes suelos según el mapa de clasificación de suelos de la cuenca del río Itzapa.

Para el diseño se utilizaron los resultados obtenidos en la prueba de infiltración realizada en la unidad de suelo que encuentra en el área de diseño, se utilizó el modelo de Kostiakov.

Determinación de cultivos a regar:

El proyecto se diseñó para cultivos rentables y que se producen en la región.

ESTUDIOS HIDROLÓGICOS:

Demanda y disponibilidad de agua:

Para determinar la demanda total de agua en la cuenca, se utilizó la ecuación siguiente:

$$A \times L_b = Q \times T$$

Donde: A= área en m .

Lb= Lámina neta de diseño en m.

Q = Caudal en m /seg.

T = Tiempo en seg.

El tiempo esta determinado por la frecuencia de riego y las horas de riego por día.

Para determinar el caudal que tiene el río Itzapa o sea la disponibilidad de agua, se utilizaron datos de las estaciones hidrométricas que existen en la cuenca sobre el mismo río. Al mismo tiempo se hicieron aforos en puntos estratégicos de donde se puede captar el agua. Los aforos hechos se hicieron por el método del flotador.

Calidad de agua:

Para evaluar la calidad de agua de riego se tomaron muestras en diferentes puntos a lo largo del río en donde pudieron construirse obras de captación de agua.

Para asegurar la calidad microbiológica del agua se realizó el conteo de todas las bacterias, que se encontraban vivas en la misma, recuento de coliformes totales, coliformes fecales y recuento de Escherichia coli. Las muestras se enviaron al laboratorio de la Facultad de Farmacia

de la USAC, para su análisis biológico. También se enviaron muestras al laboratorio de suelos de la FAUSAC para determinar la calidad del agua para riego. Se establecieron dos métodos de clasificación química del agua:

- Método del manual 60 del USDA
- Método de la Universidad de Chapingo México.

Determinación del consumo de agua o evapotranspiración:

Para la determinación de la cantidad de agua que consumen los cultivos, se determinó primeramente qué se siembra en el área, de éstos cultivos se determinó que el Chile pimiento es el cultivo que más consume agua en comparación a los demás.

Para el cálculo de la evapotranspiración se utilizó el método de Blanney y Criddle modificado, partiendo de:

$$Et = K \times F$$

Donde: Et = evapotranspiración real del cultivo, expresada en lámina de agua en mm o cm.

K = coeficiente que depende del cultivo (ciclo vegetativo).

F = suma de factores mensuales de uso consuntivo en mm o cm.

La suma de factores mensuales de uso consuntivo se expresa:

$$F = f$$

$$F = (t + 17.8) / 21.8 (P/100)$$

Donde: t = temperatura media mensual en grados centígrados.

P = porcentaje de insolación para la latitud de 14 grados.

Como la evapotranspiración global es menor que la evapotranspiración calculada, se encontró el ajuste necesario. Siguiendo página.

$$Et = K \times F$$

$$K = et/F$$

Factor de corrección K/K'

Cálculo del requerimiento de riego:

Una vez determinada la evapotranspiración real de los cultivos para distintas épocas de desarrollo durante el año y utilizando los valores de precipitación media, se determinó el requerimiento de riego mediante la siguiente expresión:

$$Et' - P \text{ con requerimientos de riego (meses secos).}$$

Donde: Et' = Evapotranspiración en mm.

P = Precipitación efectiva en mm.

Cálculo de la lámina de agua disponible:

La disponibilidad de agua en el suelo está determinada por los límites entre capacidad de campo (CC) y el punto de marchites permanente (PMP), obteniéndose de la siguiente forma:

$$L = (CC - PMP) / 100 \times Da \times H$$

Donde: L = Lámina de agua disponible o útil (cm).

CC = Porcentaje de humedad a capacidad de campo.

PMP = Porcentaje de humedad a punto de marchites permanente.

Da = Densidad aparente de cada horizonte (gr/cm).

H = Profundidad de cada horizonte (cm).

Cálculo de la lámina a aplicar:

En base al cultivo, la lámina neta no debe agotarse más del 35%, utilizando un 65% de la lámina de agua aprovechable.

Para el cálculo de la lámina neta se utilizó la ecuación:

$$Ln = Lt \times Ur$$

Donde: Ln = Lámina neta (cm)

Lt = Lámina total o útil (cm).

Ur = Umbral de riego (depende del cultivo). (0.35)

Para el cálculo de la lámina bruta se utilizó la siguiente ecuación:

$$Lb = Ln/Efa$$

Donde: Lb = Lámina bruta (cm).

Ln = Lámina neta (cm).

Efa = Eficiencia de aplicación (0.70)

3.1.4 ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD

Los estudios realizados hasta antes de este nivel, son ejecutados normalmente. La inversión económica y el tiempo que se emplea en los mismos, son de menor cuantía, que los estudios que prosiguen en el orden de la investigación general.

La metodología a seguir en los estudios de factibilidad, viene a ser prácticamente la misma que se utiliza en los de prefactibilidad, aunque su detalle y profundidad son naturalmente mayores y ello conlleva sin lugar a dudas, mayores inversiones en los mismos. En términos generales, puede decirse que son conducidos a examinar y analizar el proyecto con el objeto de establecer o evaluar la factibilidad actual de la obra.

Es decir que, este estudio nos dará como resultado una factibilidad en dos aspectos: técnico y económico. En ambos casos, el proyecto debe ser valedero, a no ser que por decisiones

de orden superior (políticas, etc.), influyan en la decisión de realizar un proyecto cuya falta de viabilidad es notoria.

Estos estudios en base a la evaluación económica, permiten:

- a) Que los organismos planificadores y financieros, tengan una idea específica del proyecto en lo que corresponde a importancia y ejecución.
- b) Tener una idea más clara de los montos de inversión y beneficios que rendirá el proyecto.
- c) A los niveles de decisión, el mejor uso de los recursos económicos, ya que permiten comparar el proyecto, con otros ya existentes.
- d) Dentro de su análisis, establecer o detectar muchos problemas ajenos a lo técnico y económico, lo que permite tomar acciones anticipadas.

Cuando los estudios de prefactibilidad indican que existe posibilidad técnica y económica del proyecto, el cuerpo técnico entrará de inmediato con los estudios a mayor detalle, considerando para ello, todos los aspectos básicos que se analizaron en las primeras investigaciones, así como, los nuevos que merezcan ser incluidos en éstos (25).

3.1.5 ESTUDIOS DEFINITIVOS:

Esta etapa de estudio de un proyecto se inicia, cuando el estudio de factibilidad ha sido aprobado por los niveles de decisión financiera. En algunos casos pueden iniciarse, cuando las gestiones ante las entidades de préstamo, van por buen camino y existe por lo menos, intención e interés de que el proyecto sea ejecutado. Se entenderá por supuesto, que corresponde a la mejor alternativa técnica y económica.

Lo anterior justifica que no existiría ninguna razón de realizar diseños de obras, si aún no se sabe con certeza si el proyecto se va a realizar, ya que por lo general, los diseños de obras y estructuras son trabajos de elevado costo. Por ejemplo, en el aspecto topográfico, se requiere de la ubicación y replanteo en el campo a nivel detallado, de los ejes de canales, líneas de conducción, drenes de diferentes clases, etc. Se necesita contar con planos topográficos a escalas adecuadas para el diseño :1:1,000, con curvas a nivel de 0.50 – 100 metros.

También se requerirá entre otros datos, se cuente con la información estratigráfica de los suelos en canales principales, laterales, bancos de préstamo etc., para poder cuantificar los volúmenes de excavación de materiales diversos y programar la utilización del tipo y clase de equipo de construcción. En lo que se refiere a mecánica de suelos, para la cimentación de obras y estructuras, también deberá poseerse información de confiabilidad (25).

3.1.6 EL RIEGO

No es más que la aportación de agua a la tierra por distintos métodos para facilitar el crecimiento de las plantas. Se practica en todas aquellas partes del mundo donde las precipitaciones no suministran suficiente humedad al suelo. En las zonas secas, el riego debe emplearse desde el momento en que se siembra el cultivo. En regiones de pluviosidad irregular, se usa en los períodos secos para asegurar las cosechas y aumentar el rendimiento de éstas. Esta técnica ha aumentado notablemente la extensión de tierras cultivables y la producción de alimentos en todo el mundo. En 1800 había alrededor de 8.1 millones de hectáreas de regadío en el mundo, cifra que ascendió a 41 millones de hectáreas en 1900, a 105 millones en 1950, y a más de 222 millones en nuestros días. Las tierras de regadío representan alrededor de un 15% de todas las tierras cultivadas pero a menudo rinden más del doble que las tierras de secano o temporal. No obstante, el regadío puede empantanar los suelos o incrementar su salinidad (contenido en sal) hasta el punto de que las cosechas queden dañadas o destruidas. Este problema afecta a casi un tercio de las tierras de regadío del mundo (10).

3.1.6.1 PRINCIPIOS BÁSICOS DEL RIEGO

Según el manual de riego por aspersión y Rázuri citados por López Rodríguez (14), para proyectar el sistema de riego en el predio, se requiere una abundante información básica, dividiendo el análisis de la información en:

- **MAPAS TOPOGRÁFICOS:** Los levantamientos plani-altimétricos, suministran la información para: proyectar la red de riego y de drenaje del predio, subdividir la propiedad de diferentes parcelas o cuarteles, seleccionar y proyectar los métodos de riego, acondicionar las tierras para riego.
- **MAPAS DE SUELO:** Los mapas de clasificación taxonómica, en series y tipos de suelos, sin duda contienen información muy valiosa a los fines del proyecto, ya que determinan las características del suelo, el que constituye el reservorio desde el cual las plantas extraen el agua y los principios nutritivos.
- **RELACIONES AGUA – SUELO – PLANTA:** Del estudio edafotécnico puede derivarse una serie de datos que permiten clasificar su capacidad como reservorio de agua, la energía con que el agua está retenida a diferentes niveles, la velocidad de penetración de agua desde la superficie y de transmisión a través del mismo. Las determinaciones que producen los datos básicos para proyectar y operar el riego son: Disponibilidad de agua en el suelo, profundidad de enraizamiento de los cultivos, uso consuntivo.

- **VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN:** La capacidad de infiltración es el flujo que el perfil del suelo puede absorber a través de su superficie cuando es mantenido en contacto con el agua a la presión atmosférica.
- **RECURSOS DE AGUA DEL PREDIO:** El recurso de agua disponible para su uso en el predio debe estudiarse en cuanto al tipo de abastecimiento, cantidad, calidad, oportunidad y derechos de uso.

3.1.6.2 METODOS DE RIEGO

Los cuatro métodos principales usados hoy en día para el riego de los campos de cultivo son la inundación, los surcos, los aspersores, y el riego por goteo. El riego por inundación se usa para cultivos como el arroz, en los que el terreno es llano y el agua abundante. Se permite la entrada de una lámina de agua desde unos diques y se deja en el campo durante un período determinado, que dependerá del cultivo, la porosidad del suelo y su drenaje (deságüe). La inundación se usa también en los huertos de frutales, en los que se excavan alcorques o socavas en la base de los árboles y se llenan de agua.

El regadío por surcos se emplea en cultivos plantados en líneas, como el algodón y las verduras. Los surcos paralelos o acanaladuras, se usan para distribuir el agua en aquellos campos que son demasiado irregulares para inundarlos.

El regadío con aspersores emplea menos agua y permite un control mejor. Cada aspersor, situado a lo largo de una tubería, esparce agua pulverizada en un círculo continuo hasta que la humedad llega al nivel de las raíces del cultivo. El riego de eje central emplea largas hileras de aspersores que giran en torno a un campo circular como si se tratara de la manecilla de un reloj. Este método se emplea sobre todo en cultivos como la alfalfa que, por medio del riego, permite varias recogidas anuales (10).

El riego por aspersión tiene grandes ventajas en suelos delgados o muy arenosos, suelos con pendientes uniformes, quebradas o muy pronunciadas, puede utilizarse en todos los cultivos, con caudales entre 40 y 150 litros/segundo, tiene un alto costo inicial de instalación con significativos costos de operación (24).

El regadío por goteo suministra a intervalos frecuentes pequeñas cantidades de humedad a la raíz de cada planta por medio de delgados tubos de plástico. Este método, utilizado con gran éxito en muchos países, garantiza una mínima pérdida de agua por evaporación o filtración. (6)

El riego por goteo, aunque se usa para especies cultivadas en condiciones muy variables, es particularmente beneficioso para huertos y viñedos jóvenes, para plantas perennes poco espaciadas, como alcachofas, bananos, frutales para hortalizas cultivadas en hileras y cultivos de

alta rentabilidad. En pendientes desde uniformes, quebradas o muy pronunciadas, con caudales de hasta 100 litros/segundo, cuando el agua escasea o es muy salina de baja calidad. Es apropiado especialmente para suelos extremos (muy arenosos, muy arcillosos) Tiene un alto costo inicial de instalación (10).

3.1.6.3 ELECCION DEL METODO DEL RIEGO

La elección del método del riego más conveniente para una situación dada es importante para conseguir los máximos beneficios merced al aumento de la producción de los cultivos. Si se emplea un método inadecuado se puede producir fallas en el riego y posiblemente causar serios daños al suelo. El abuso del agua del riego puede ocasionar erosión del suelo, encharcamiento, acumulación de sales y un gasto inútil del capital invertido en la instalación del sistema del riego. Cada sistema de riego es más o menos idóneo según ciertas circunstancias y características del terreno. El conocimiento a fondo del suelo, la topografía, el abastecimiento de agua y de otros factores que pueden influir en el riego, contribuye a seleccionar en el método apropiado (10).

3.1.6.4 ASPECTOS QUE DEBEN CONSIDERARSE EN LA SELECCIÓN Y DISEÑO DE UN METODO DE RIEGO

Para que un sistema de riego funcione eficazmente, en la selección y diseño tanto el usuario como el diseñador deben considerar los siguientes aspectos:

Los beneficios del riego deben incrementar las entradas provenientes de los rubros regados para que se cubran todos los costos de compra, instalación, operación y mantenimiento del sistema de riego; también deben proporcionar una utilidad adecuada a la inversión realizada por el agricultor.

La operación del sistema de riego seleccionado debe llevar implícito un manejo de agua de riego que no cause problemas de gasto excesivo de agua, erosión o lavado de nutrimentos. Debe asegurarse la disponibilidad de agua del área, en cantidad, calidad y distribución en el tiempo.

Debe tomarse en cuenta las preferencias del agricultor en cuanto a ocupación de mano de obra (horas por día de riego, días por semana), inversión de capital o tipo de cultivos considerados en la rotación.

Aunque se seleccione el riego para una unidad dentro del área, debe tomarse en consideración las diferentes unidades adyacentes, para no perjudicar su disponibilidad de agua o para su eventual incorporación a los métodos de riego mejorados (10).

Un diseño bien concebido de un sistema de riego permite derivar el caudal adecuado de agua en toda la extensión del área que habrá de regarse en las debidas proporciones, sin causar daño a los suelos evitando desperdicios excesivos del agua (4).

Para planificar un sistema de riego se deben conocer los factores que afectan el diseño en la superficie que va a regarse tales como: Los suelos, la topografía, los cultivos específicos, el agua, las instalaciones y los equipos de labranza con que se cuenta (2).

3.1.7 PROBLEMAS DERIVADOS DEL USO DEL RIEGO

El principal problema producido por el riego continuado es la acumulación de sal en las capas superiores del suelo que dificulta o impide el crecimiento de las plantas. Casi todas las aguas empleadas para el riego, sea cual sea su origen, contienen algo de sal, que se filtra hasta la capa freática. Cuando el drenaje es pobre y el nivel de la capa se aproxima al de las raíces, la concentración de sal dificulta o imposibilita el crecimiento de las plantas. Los buenos sistemas de drenaje que mantienen el nivel de la capa freática por debajo del nivel de las raíces y permiten que el agua arrastre la sal de las capas superiores del suelo, se consideran hoy un aspecto crucial de cualquier sistema de riego.

Aunque las tierras de regadío del mundo aumentaron en un 3% al año durante el tercer cuarto del siglo XX, se espera que este crecimiento disminuya hasta un 1% en el último cuarto de siglo, debido, en gran medida, a que la mayor parte de las posibilidades viables de regadío han sido ya explotadas. Además, al existir hoy una mayor demanda de los limitados recursos hídricos, el uso eficiente de las aguas superficiales y subterráneas disponibles empieza a ser crucial. El regadío, que sólo era un mecanismo que usaba el agricultor para aportar agua a sus tierras, se está convirtiendo en una técnica compleja, que requiere la recogida de enormes cantidades de información acerca de las cantidades de recursos hídricos disponibles a escala mundial, la calidad del suelo, y el estado de las capas freáticas subterráneas, una tarea que a menudo no está al alcance de los medios del agricultor privado. Una importante línea de investigación hoy en día es el desarrollo de técnicas que permitan conservar las tierras ya sometidas al regadío (10).

3.1.8 POTENCIAL DE RIEGO EN GUATEMALA

Las características hidrogeodafológicas de Guatemala y sus correlaciones para la producción agrícola intensiva, muestra que existen tierras subexplotadas por escasez de agua superficial en contraposición a otras zonas, en las que grandes volúmenes de agua drenan al mar, sin haber sido aprovechadas en ninguna forma productiva. Además existen grandes cantidades de agua que se encuentran almacenadas en el suelo en forma de acuíferos confinados, semiconfinados y cuerpos de agua libres, susceptibles de ser extraídos y aprovechados para cubrir las deficiencias de las otras fuentes.

En el Cuadro 1 se observan las áreas con potencial para riego, divididos por vertiente y clase de déficit de lluvia, totalizando 2,622,300 has. Por su lado, al considerar el área regada

estimada en 129,803 has, se puede apreciar que existe alrededor de un 95% de potencial que no se aprovecha. (Datos considerados hasta el año 1,998) (9).

Cuadro 1. Área regable en Guatemala, con base en clases agrológicas (I a IV) y déficit de lluvia (1 a IV)

CLASES DE DÉFICIT DE LLUVIA	VERTIENTE (has)			TOTAL (has)
	PACIFICO	ATLANTICO	GOLFO DE MÉXICO	
Riego todo el año	91,100	20,100	0	111,200
Suplementario primer cultivo, total 2do. cultivo	607,400	62,700	34,300	704,400
Riego para segundo cultivo	160,800	97,900	789,600	1,048,300
Suplementario para 2do. cultivo	62,400	347,800	348,200	758,400
Total	921,700	528,500	1,172,100	2,622,300

Fuente: PLAMAR

3.1.8.1 EXPERIENCIAS EN ESTUDIOS DE IRRIGACIÓN EN GUATEMALA:

Según expertos de la unidad de estudios y proyectos (UEP), consideran mínimo, el avance logrado en lo que concierne a la incorporación de áreas bajo riego en la república.

Canto Brol (4), en su estudio de prefactibilidad para la introducción de un sistema de riego por gravedad, en la aldea la Unión, Huehuetenango, determinó de acuerdo a las clases agrológicas, suelos ubicados en la clase II, con un total de 71.36 has. Presentando características adecuadas para su uso intensivo en riego, de lo cual es aprovechado únicamente el 20%.

Solórzano Hernández (22), en su estudio de factibilidad para la introducción de riego en el valle Chuyá, Sacatepéquez, determinó que es técnicamente factible la introducción de riego en 28 has., con un costo inicial total de Q66,000.00, con un costo por hectárea de Q2,357.14.

Sandoval Illescas (19), en el año de 1,977 diseñó dos sistemas de riego (aspersión y goteo), para el campo experimental de la Facultad de Agronomía, para regar 3.5 has., por el sistema aspersión y 0.5 has., por el sistema de goteo para un total de 4 has., con un costo de Q10,346.10

Romero (17), mediante su trabajo de diseño de riego por aspersión para las áreas potencialmente regables, llegó a establecer un costo inicial total del sistema de Q237,302.05 para

ser implementado en 201.27 has.

En la aldea los Tecomates, Palencia, Guatemala se realizó un diseño de riego por aspersión, en el cual una de las limitaciones fue el aprovechamiento del caudal de 3 a 9 lt/seg., al máximo, siendo la extensión de 14 has con un costo total de Q30,800.00 (14).

López Rodríguez (14), en su estudio planificación y diseño de riego a presión, realizado en Huehuetenango, determinó las áreas potencialmente regables, con una extensión total de 65.30 has. Con un costo total del proyecto de Q2,155,450.49.

Herrera de León (13), en su estudio de introducción de riego en la finca Bulbuxyá, determinó el sistema de riego a implementar en 9.2 has. Con un costo inicial de Q11,246.90, y los costos totales anuales de Q3,517.54, y con un costo total anual por manzana regada de Q262.50.

En la aldea Patzaj, Comalapa, departamento de Chimaltenango, se efectuó un estudio de introducción de agua con fines de riego; debido a la inquietud presentada por los pobladores de dicha aldea ante la necesidad de incrementar la productividad de la tierra en época seca, dado que la explotación de la misma está condicionada únicamente al período de lluvias. El área factible de riego es de 7.44 has., equivalentes a 10.63 mz. Debido a las condiciones topográficas y de disponibilidad de agua, se consideró el sistema de riego por aspersión, como el más conveniente (14).

3.1.9 FUENTE DE AGUA

Solórzano (22), manifiesta que se entiende por fuente de abastecimiento de agua, aquel punto o fase del ciclo hidrológico del cual se desvía o aparta temporalmente el agua para ser usada. Mientras tanto Gundersen, citado por Solórzano (22), manifiesta que, además del agua de riego introducida por el hombre, que pueden tener origen en las aguas superficiales o en las aguas subterráneas, deben considerarse como fuentes de agua para los cultivos las siguientes:

- Precipitación pluvial, que es clásica conocida.
- Las condiciones atmosféricas que reducen la necesidad de agua de las plantas, tales como la neblina, el rocío y la alta humedad relativa del medio ambiente.
- Las inundaciones, aún cuando no están bajo control del hombre.
- En algunos países la nieve.

Así mismo Solórzano (22), considera que toda agua expuesta puede ser usada con fines de riego; la de un río, manantial, pozo, embalse e incluso aguas servidas, previo tratamiento de limpieza y oxidación, como medidas profilácticas para evitar el taponamiento y deterioro de los aspersores.

3.1.10 AGUA SUBTERRANEA

Agua que se encuentra bajo la superficie terrestre. Se encuentra en el interior de poros entre partículas sedimentarias y en las fisuras de las rocas más sólidas. En las regiones árticas el agua subterránea puede helarse. En general mantiene una temperatura muy similar al promedio anual en la zona. El agua subterránea más profunda puede permanecer oculta durante miles o millones de años. No obstante, la mayor parte de los yacimientos están a poca profundidad y desempeñan un papel discreto pero constante dentro del ciclo hidrológico. A nivel global, el agua subterránea representa cerca de un tercio de un uno por ciento del agua de la Tierra, es decir unas 20 veces más que el total de las aguas superficiales de todos los continentes e islas (16).

El agua subterránea es de esencial importancia para la civilización porque supone la mayor reserva de agua potable en las regiones habitadas por los seres humanos. El agua subterránea puede aparecer en la superficie en forma de manantiales, o puede ser extraída mediante pozos. En tiempos de sequía, puede servir para mantener el flujo de agua superficial, pero incluso cuando no hay escasez, el agua subterránea es preferible porque no tiende a estar contaminada por residuos o microorganismos. La movilidad del agua subterránea depende del tipo de rocas subterráneas en cada lugar dado. Las capas permeables saturadas capaces de aportar un suministro útil de agua son conocidas como acuíferos. Suelen estar formadas por arenas, gravas, calizas o basaltos. Otras capas, como las arcillas, pizarras, morrenas glaciares y limos tienden a reducir el flujo del agua subterránea. Las rocas impermeables son llamadas acuífugas, o rocas basamentarias. En zonas permeables, la capa superficial del área de saturación de agua se llama nivel freático. Cuando en lugares muy poblados o zonas áridas muy irrigadas se extrae agua del subsuelo demasiado deprisa, el nivel freático puede descender con gran rapidez, haciendo que sea imposible acceder a él, aún recurriendo a pozos muy profundos.

Aunque el agua subterránea está menos contaminada que la superficial, la contaminación de este recurso también se ha convertido en una preocupación en los países industrializados (16).

3.1.10.1 IMPORTANCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA

El uso del agua subterránea se conoce desde hace muchos siglos, quizá desde los tiempos bíblicos, aunque lógicamente en aquellas épocas la explotación se hacía en forma rústica y primitiva.

En la antigüedad, probablemente en la hazaña más grande en explotación de aguas subterráneas fue la construcción de largas galerías de infiltración que drenaban aguas de los conos aluviales de deyección y de las rocas sedimentarias blandas. Tales obras, llamadas KANATS, se originaron en Irán desde hace más de 2,500 años, y de allí se extendieron a

Afganistán y Egipto, en donde aún hay algunas en servicio, en aquellos tiempos, el agua que captaban se usaba tanto para fines domésticos como agrícolas.

Durante la edad media, el uso de agua subterránea fue impulsado en Europa por el descubrimiento de los llamados pozos artesianos surgentes, y en épocas más modernas (siglo XVIII), éste fue el motivo que impulsó el desarrollo de las técnicas de perforación. La Hidrogeología se vislumbra como ciencia desde el siglo XVII, su desarrollo es más bien moderno y comienza formalmente en el siglo pasado (23).

3.1.10.2 DISTRIBUCIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA

En general, todos los materiales de la corteza terrestre, a mayor o menor profundidad tienen cierto espesor en el que son porosos, a esta parte se le conoce como zona porosa, a su vez estos poros pueden estar llenos total o parcialmente de agua.

El estrato superior, donde los poros no están completamente llenos de agua, es a lo que se le llama zona de aereación; debajo de ésta, donde los poros están totalmente llenos, se localiza la zona de saturación.

A su vez, la zona de aereación se divide en tres franjas:

- La humedad del suelo, de gran importancia para la vegetación, ya que proporciona el agua necesaria para el desarrollo de las plantas; esta agua es retenida por atracción molecular y acción capilar contra la fuerza de gravedad.
- La franja intermedia, que se encuentra por debajo de la anterior, su espesor es variable. El agua que contiene es un almacenamiento inútil o fósil, puesto que no se puede recuperar para utilizarla; esta parte funciona como tránsito del agua, de la zona húmeda hacia la franja capilar y la zona de saturación.
- La franja capilar, situada inmediatamente arriba de la zona de saturación sobre la que se retiene agua por acción capilar, contrarrestando la acción de la gravedad, su espesor y la cantidad de agua que retiene depende del tamaño de los granos del material, llegando a alcanzar hasta 3 metros de altura en materiales finos como limos y arcillas.

El agua que se encuentra en la zona de saturación es la que propiamente se conoce como agua subterránea, agua del subsuelo o agua profunda. Esta agua subterránea puede encontrarse en forma de un solo cuerpo continuo o en estratos separados. Su espesor varía desde unos pocos metros hasta centenares, dependiendo de factores tales como la geología local, la presencia de poros o intersticios en las formaciones, la recarga, grado de fracturación y el movimiento o desplazamiento del agua desde las zonas de recarga hasta las de descarga (23).

3.1.11 ACUÍFERO

Es una unidad geológica saturada capaz de suministrar agua a pozos y manantiales, los que a su vez sirven de fuentes prácticas de abastecimiento del líquido. Para que un acuífero sea funcional, sus poros o intersticios deben de estar llenos de agua y ser lo suficientemente grandes como para que permitan que el agua se desplace hacia los pozos y manantiales con un caudal apreciable (23).

3.1.11.1 TIPOS DE ACUÍFEROS

- **ACUÍFEROS LIBRES:**

Son una capa permeable saturada de agua y situada sobre una capa relativamente impermeable, su límite superior está formado por una superficie libre de agua o nivel freático, a una presión igual a la atmosférica. El nivel del agua en un pozo que se haya penetrado en un acuífero libre no está, en general, por encima del nivel freático. En acuíferos de material granular fino o medio, el drenaje por gravedad en los poros no es instantáneo, de aquí que después de un bombeo, el nivel freático tarda en estabilizarse; cuando esto sucede los acuíferos se llaman libres con rendimiento retardado (23).

- **ACUÍFEROS CONFINADOS:**

Un acuífero confinado es el que está totalmente saturado de agua y sus límites superior e inferiores son capas relativamente impermeables. En general, son poco comunes y en ellos la presión del agua suele ser mayor que la atmosférica, así como el nivel del agua en los pozos de observación es más alto que el nivel del límite superior del acuífero. Al agua que contienen estos acuíferos se les llama confinada o artesisana. Si al perforar un pozo en un acuífero de este tipo, el agua supera el nivel de la superficie del terreno, entonces el pozo es surgente (23).

- **ACUÍFEROS SEMI – CONFINADOS:**

Son de este tipo los acuíferos que están totalmente saturados de agua, y en su límite inferior hay una capa impermeable o semipermeable, y en su límite superior una capa semipermeable. Una capa es semipermeable cuando la permeabilidad es baja, pero aún medible. Para detectar el movimiento en este tipo de acuíferos, es necesario instalar un piezómetro tanto en el acuífero como en la capa semipermeable superior, y a veces también en la inferior. También en éste caso el nivel piezométrico es superior al que tiene el agua dentro del acuífero, ya que se encuentra a mayor presión que la atmosférica, y en general, el descenso del nivel de agua en la capa semipermeable es muy pequeño en comparación con el descenso del nivel piezométrico del acuífero (23).

▪ ACUÍFEROS SEMI – LIBRES:

Se presentan cuando la conductividad hidráulica de la capa de material granular fino en un acuífero semiconfinado es tan grande que la componente horizontal del flujo no puede despreciarse, (como se hace en los semiconfinados), entonces, el acuífero está situado entre los semilibres y los semiconfinados (23).

3.1.12 CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO

El agua esta considerada como el mayor componente de los seres orgánicos y como el solvente universal. Tanto su consumo para la existencia de la vida como su uso en diversos campos es de vital importancia e incalculable valor. Entre otros, tres son los grandes usos que se tienen del agua; para consumo humano, para uso agrícola con fines de riego y para uso industrial. El hombre busca las mejores condiciones del agua, refiriéndose con ello al contenido de sustancias orgánicas, minerales y microorganismos que ésta contenga para hacer un uso apropiado (3).

Con base a lo anterior, el hombre de ciencia a tratado de clasificar el agua utilizando diferentes criterios según su uso y composición. Aunque un momento dado se puede requerir tanto del análisis biológico como el químico por la importancia que ambos tienen en la determinación de la calidad para el riego, en lo subsiguiente y para el fin que se persigue en el presente trabajo, se referirá la calidad del agua únicamente bajo el punto de vista químico. En tal sentido, el concepto de calidad del agua puede referirse, a la concentración y composición de sustancias químicas (sales) cuya presencia servirá para determinar su calidad y ubicarla dentro de un grado de clasificación (2).

3.1.12.1 CLASIFICACION BASADA EN LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (C.E.) Y LA RELACION ADSORCION DE SODIO (RAS)

La C. E. Expresa la concentración total de sales. Respecto a la C. E., las aguas de riego se clasifican en cuatro grupos sin embargo, vale considerar aquellas aguas cuya C. E., es menor de 100 micromhos/cm.

El agua destilada tiene una C. E. No mayor de 10 micromhos/cm. Existen aguas con una C. E. Alrededor de 15 micromhos/cm; casi igual a la del agua destilada, y si se asume que se pudiera regar con agua destilada, ésta provocaría daño en el complejo de cambio del suelo.

▪ Aguas no salinas, o de muy baja salinidad:

Su clasificación se designa como (C-0), y comprende a aquellas aguas cuya C. E. es menor de 100 micromhos/cm.

- **Aguas de baja salinidad:**

Su clasificación se designa como (C-1), y comprende aquellas aguas cuya C. E. varía de 100 a 250 micromhos/cm

- **Aguas de mediana salinidad:**

Su clasificación se designa como (C-2), y comprende aquellas aguas cuya C. E. varía de 250 a 750 micromhos/cm.

- **Aguas de alta salinidad:**

Su clasificación se designa como (C-3), y comprende aquellas aguas cuya C. E. varía de 750 a 2,250 micromhos/cm.

- **Aguas de muy alta densidad:**

Su clasificación se designa como (C-4), y comprende aquellas aguas cuya C. E. varía de 1,150 a 5,000 micromhos/cm.

El RAS expresa el peligro por presencia y efectos de sodio. Respecto al RAS, las aguas se clasifican en cuatro grupos:

- **Aguas de baja sodicidad (o con bajo contenido de sodio):**

Su clasificación se designa como (S-1), y comprende aquellas aguas cuyo RAS varía de 0 a 10.

Aguas de mediana sodicidad (o con mediano contenido de sodio):

Su clasificación se designa como (S-2), y comprende aquellas aguas cuyo RAS varía de 10 a 18.

- **Aguas de alta sodicidad (o con alto contenido de sodio):**

Su clasificación se designa como (S-3), y comprende aquellas aguas cuyo RAS varía de 18 a 26.

- **Aguas de muy alta sodicidad (o con muy alto contenido de sodio):**

Su clasificación se designa como (S-4), y comprende aquellas aguas cuyo RAS es menor de 26 (3).

3.1.13 EVAPOTRANSPIRACION, DISPONIBILIDAD DE AGUA PARA LOS CULTIVOS:

A pesar de todas sus leyes de conservación la naturaleza puede, en algunas oportunidades, ser considerablemente ineficiente, o al menos así nos parece desde nuestro particular punto de vista. Unos de los ejemplos más significativos de lo anterior es la forma en que las plantas extraen agua del suelo en cantidades que superan con mucho sus necesidades metabólicas. En climas áridos las plantas consumen cientos de toneladas de agua por cada tonelada de crecimiento vegetativo. Esto quiere decir que las plantas inevitablemente transmiten hacia la atmósfera la mayor parte (más de un 90%) del agua que extraen del suelo. El consumo de agua por parte de las plantas, proceso llamado transpiración, no es necesariamente el resultado de la actividad vital de éstas. En realidad las plantas pueden vivir en una atmósfera saturada, con

requerimiento de muy poca transpiración. La transpiración está causada, más que por el crecimiento de los vegetales por un gradiente de presión entre las hojas y la atmósfera que las rodea. En otras palabras: una vez absorbida por las raíces, el agua del suelo abandona la planta a través de las hojas como resultado de la demanda evaporativa de la atmósfera.

Para crecer satisfactoriamente las plantas deben alcanzar tal economía de agua que la demanda a la que están sujetas sea balanceada con la oferta disponible. El problema reside en que la demanda evaporativa de la atmósfera es casi continua, mientras que la lluvia o el riego ocurren ocasionalmente y en forma irregular. Para sobrevivir durante los períodos secos entre lluvias o entre riegos, la planta debe estar capacitada para hacer uso del agua contenida y retenida en el espacio poroso del suelo (10).

3.1.14 USO – CONSUMO:

El consumo de agua de los cultivos, llamado uso-consumo (U. C.), se define como la cantidad de agua usada por cada cultivo o vegetación natural y que se utiliza en la formación de tejidos, se pierde por las hojas y se reintegra a la atmósfera debido a la intercepción de la lluvia o del sistema conductor del agua de riego; se utiliza también para éste fenómeno la denominación "evapotranspiración actual". Se ha desarrollado un gran número de metodologías para estimar las cantidades de agua que se requiere para una producción óptima de los cultivos. Estos métodos se han desarrollado para condiciones específicas de suelos, cultivos y climas en áreas determinadas; la aplicación de estas metodologías a un área diferente es bastante problemática, dado que se requieren costosos y largos experimentos de campo para ajustar los métodos a un nuevo conjunto de condiciones (10).

3.1.15 EL SUELO Y SU IMPORTANCIA ECONOMICA

El suelo es un sistema natural desarrollado a partir de una mezcla de minerales y restos orgánicos bajo la influencia del clima y del medio, se diferencia en horizontes y suministra, en parte, los nutrimentos y el sostén que necesitan las plantas, al contener cantidades apropiadas de aire y agua (5).

El valor intrínseco del recurso suelo en el aspecto agronómico, reside en su potencialidad para producción, la importancia para disfrutar los beneficios de los suelos residirá entonces en saber utilizarlos de acuerdo a su potencial o vocación, aunado a un aprovechamiento racional y sostenido. Debemos comprender, que el hombre un ser altamente evolucionado, se ha considerado capaz de manejar los recursos para su propio beneficio hacia la producción de bienes, utilizando cierta tecnología que modifique el sistema natural, beneficiando sustancialmente, este beneficio lo obtiene basándose en intervenciones en cuanto a los recursos

suelo, agua, aire, vegetación, clima, vida silvestre, terrestre y acuícola. Se puede decir que el suelo es uno de los recursos de importancia trascendental, debido a que constituye el sustrato y medio donde se desarrollan, desde germinación hasta fructificación los vegetales terrestres, constituyendo a su vez la fuente de alimentos, materias primas de índole vegetal y mineral para industrias y medio de subsistencia para las poblaciones animales silvestres (26).

El suelo es un recurso irrecuperable, y la presión existente sobre el uso de la tierra hace a este recurso cada día más valioso. Es necesario entonces en cualquier programa de planificación regional examinar, no solo los sistemas actuales de explotación sino también como puede ser la mejor forma de manejarlo y usarlo (11).

3.1.15.1 CARACTERISTICAS Y PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO RELACIONADAS CON EL RIEGO Y DRENAJE

▪ TEXTURA DEL SUELO

La textura del suelo se refiere a la proporción relativa de arena, arcilla y limo. Su importancia radica en que determina en gran parte la capacidad de retención de agua, el movimiento de agua en el suelo y la cantidad de agua disponible para las plantas, así como la lámina requerida.

El promedio de un suelo arenoso, tiene la capacidad para retener un 8% de su volumen en forma de humedad aprovechable para las plantas (8ml). De agua/10 cm. de suelo, mientras que un suelo arcilloso puede retener un 23% de humedad aprovechable (23ml/cm) de suelo (4).

▪ DENSIDAD APARENTE DEL SUELO: (Dap)

La densidad aparente de un suelo es el peso del suelo seco por unidad de volumen del suelo, incluyendo poros y se expresa en gramos por centímetro cúbico. Generalmente, la densidad aparente de los suelos no cultivados varía entre 1.0 y 1.6, aunque los suelos compactados pueden tener densidades mayores. Los suelos arcillosos tienen mayor cantidad de poros que los arenosos, lo cual hace que su densidad aparente sea menor. Los valores medios de los suelos arcillosos de densidad aparente van de 1.0 a 1.3, los francos de 1.3 a 1.5 los arenosos de 1.55 a 1.8 y los orgánicos de 0.7 a 1.0 grs/cc respectivamente (4).

▪ PROFUNDIDAD EFECTIVA DEL SUELO:

Es aquella profundidad que las raíces de las plantas pueden penetrar fácilmente para obtener agua y nutrimentos. Es la profundidad hasta cualquier capa en el perfil del suelo que difiere del material superficial en propiedades químicas y físicas, que en una u otra forma puede retardar el desarrollo y penetración de las raíces. Se mide en función de la existencia de un cuerpo que mecánicamente impide o limita el desarrollo radical, clase de roca, ripio o estratos compactados y/o endurecidos (4).

▪ VELOCIDAD DE INFILTRACION

La capacidad de infiltración es el flujo que el perfil del suelo puede absorber a través de su superficie cuando es mantenido en contacto con el agua a la presión atmosférica. Mientras la velocidad de aporte de agua a la superficie del suelo sea menor que la infiltrabilidad, el agua se infiltra tan rápidamente como aportada y la velocidad de aporte determina la velocidad de infiltración. Un suelo satisfactorio es fácilmente permeable al agua y al mismo tiempo retiene humedad. Las tasas de infiltración deben estar en el rango de 0.25 a 7.5 cm/h. Es bueno que el suelo pueda absorber en 24 hrs humedad suficiente para que se moje a una profundidad de 60 a 90 cms. Algunos suelos tienen tan poca permeabilidad que en 24 hrs sólo se mojan 30 cms o menos. Otros suelos son de textura tan gruesa que el agua pasa con rapidez más abajo del alcance de las raíces de las plantas y retienen poca humedad. Por otra parte, en donde suelos de textura media o fina tienen una capa subyacente de arena o gravas gruesas, la limitada capacidad del material grueso para jalar el agua hacia abajo conduce a una mayor retención de agua en la capa superior que si en el suelo fuera en toda su profundidad de textura media o fina (5).

3.1.16 EL SISTEMA AGUA-SUELO

▪ CAPACIDAD DE CAMPO (CC)

Se suele conocer como tal al contenido de humedad de un suelo con drenaje libre 2 ó 3 días después de un riego abundante (contenido de humedad cuando la redistribución se hace lenta). Tradicionalmente se ha considerado una constante para cada suelo y se ha utilizado para determinar la dosis de riego. Se puede interpretar como una medida de la cantidad de agua que un suelo es capaz de retener en contra de las fuerzas de gravedad.

Los factores que afectan la capacidad de campo son principalmente:

La textura y estructura del suelo.

El tipo de arcilla (la montmorillonita aumenta el agua retenida).

La profundidad del frente húmedo y la humedad inicial.

La presencia de estratos de diferente textura.

La evapotranspiración (ET). Esta infiere el proceso de redistribución del agua en el suelo, ya que el flujo de ET implica una inversión de signo en el gradiente de potencial (24).

▪ PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE (PMP)

Se define como el contenido de humedad del suelo cuando el potencial mátrico ha bajado hasta -15 bar. La planta es incapaz de extraer el agua a potenciales más bajos.

El PMP corresponde al límite inferior del agua disponible a las plantas y la tensión a la cual el agua está retenida por el suelo varía de 7 a 32 atmósferas, dependiendo de la velocidad de

utilización de agua por las plantas (transpiración), el tipo de cultivo, textura de suelo y contenido de sales en el suelo. Cuando aumenta la transpiración, el marchitamiento se produce con tensiones más bajas y contenido de humedad mayor. Para la mayoría de cultivos comerciales el PMP se alcanza cuando la tensión de la humedad en el suelo es de 15 atmósferas, y por esto también al PMP se le define como el contenido de humedad que tiene el suelo cuando el agua está retenida a 15 atmósferas (24).

3.1.17 CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA

Determinación en términos físicos, del soporte que tiene una unidad de tierra de ser utilizada para determinados usos o coberturas y/o tratamientos. Generalmente se basa en el principio de la máxima intensidad de uso soportable sin causar deterioro físico del suelo (8).

3.1.18 CLASIFICACION DE TIERRAS POR CAPACIDAD DE USO

Es un agrupamiento de interpretaciones que se hacen principalmente para fines agrícolas y comienza por la distinción de las unidades de mapeo. Permite hacer algunas generalizaciones con respecto a las potencialidades del suelo, limitaciones de uso y problemas de manejo. Se refiere solo a un nivel máximo de aplicación del recurso suelo, sin que este se deteriore, con una tasa más grande que la tasa de su formación. En este contexto, el deterioro del suelo se refiere sobre todo al arrastre y transporte hacia debajo de la pendiente de partículas de suelo por la acción del agua precipitada (8).

3.1.19 USO POTENCIAL

Uso virtualmente posible con base en la capacidad biofísica de uso, y las circunstancias socioeconómicas que rodean a una unidad de tierra. Indica el nivel hasta el cual se puede realizar un uso según la supuesta capacidad del suelo, bajo las circunstancias locales y actuales. Bajo este contexto, el uso potencial es menos intensivo o de igual intensidad que el uso a capacidad, pero nunca más intensivo (8).

3.1.20 PROCEDIMIENTO GENERAL PARA LA CLASIFICACION DE TIERRAS POR CAPACIDAD DE USO, APLICACIÓN DE UNA METODOLOGIA PARA TIERRAS DE LA REPUBLICA DE GUATEMALA

PRIMERA FASE DE GABINETE:

▪ RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN BIOFÍSICA SOBRE EL AREA

Se realiza con el fin de tener un conocimiento general del área. Interesa conocer: localización geográfica, ubicación política, acceso, extensión, información relevante sobre el clima y sus principales variables tales como: precipitación pluvial, temperatura y otras características del área como zonas de vida, formas de la tierra y origen de los suelos, clasificaciones existentes

sobre el sitio.

▪ ELABORACIÓN DEL MAPA DE UNIDADES FISIográfICAS

Mediante técnicas de interpretación cartográfica o aerofotográfica, se definen y delimitan unidades de mapeo, las cuales constituyen la base del muestreo en la fase de campo. La definición de estas unidades estará basada en una interpretación fisiográfica de las tierras, es decir, en un análisis del paisaje. El análisis por el cual se definen las unidades de mapeo, toma en cuenta los componentes de geología, topografía, suelos, hidrografía. Para esta actividad debe tomarse en cuenta la escala a la cual conviene realizar el trabajo.

La escala del levantamiento en los estudios de capacidad de uso de la tierra dependen entre otras cosas, del grado de detalle que se requiere (objetivos específicos del estudio), de la escala del material cartográfico y aerofotográfico y de los recursos con que se cuente.

Para áreas menores de 15 hectáreas (21.4 manzanas), la separación de unidades de tierra es posible trabajarla a nivel de campo por caminamientos y observaciones visuales y/o auxiliados de hojas cartográficas o fotografías ampliadas; es decir, que el análisis del paisaje a través de técnicas de interpretación cartográfica y fotoidentificación serán un auxiliar importante.

La escala más conveniente para los estudios de capacidad de uso de la tierra, con esta metodología es de 1/50,000, en su defecto se pueden usar múltiplos como 1/25,000 o 1/100,000. Lo anterior obedece a la naturaleza de la base cartográfica del país.

▪ ELABORACIÓN DEL MAPA DE PENDIENTES

En este mapa se pueden clasificar unidades por pendiente con base en el mapa cartográfico (curvas de nivel). Es elaborado de forma manual por separación visual y utilización de plantillas o en forma automatizada mediante procedimientos de Sistemas de Información Geográfica basado en técnicas cartográficas.

FASE DE CAMPO

▪ VERIFICACIÓN DE LOS LIMITES DE LAS UNIDADES DE MAPEO

Esta actividad se hace por caminamientos, observaciones visuales y barrenamientos. Se llega a homogenizar las distintas unidades de tierra con base en criterios fisiográficos, cuya base principal es el relieve. En el caso de estudios cuya clasificación del paisaje se requiera hacer a nivel de elementos del paisaje; la separación de los mismos deberá hacerse con esta base (11).

▪ DETERMINACIÓN DE PROFUNDADES DE SUELOS Y FACTORES MODIFICADORES

Sobre el mapa de unidades de tierra (unidades fisiográficas) o en boletas de campo, se anotan las profundidades efectivas de los suelos de cada unidad cartográfica previamente delimitada en gabinete y verificada en campo. Adicionalmente en cada unidad se realizan las

anotaciones del nivel en que se manifiestan los factores modificadores en caso de estar presentes. La profundidad efectiva de suelos se puede medir en pedones o bien perfiles representativos, esto puede ser abriendo calicatas o bien utilizando cortes de caminos, en su defecto, puede realizarse con barrenamientos y, en el caso de los factores modificadores, se miden según el indicador adoptado para cada factor. En función de la manifestación de los factores modificadores pueden separarse, sobre el mapa de unidades fisiográficas, áreas limitantes para posteriormente utilizarse en la asignación de categorías de capacidad de uso.

▪ CHEQUEO DEL MAPA DE PENDIENTES

Consiste en realizar chequeos mediante mediciones en campo de las pendientes máximas en las unidades previamente definidas en gabinete, con el propósito de corroborar y hacer los ajustes correspondientes. Esto puede hacerse dentro de las lecturas que se van haciendo en el mapa de unidades de tierra. Se recomienda que las pendientes sean medidas con clinómetro u otro equipo similar.

En el caso de áreas muy pequeñas o que tengan una pendiente muy suave, el mapa de pendientes que se ha elaborado con el mapa cartográfico, solo será un auxiliar.

SEGUNDA FASE DE GABINETE

▪ INTEGRACIÓN DEL MAPA DE UNIDADES DE TIERRA

Sobre la base de factores principales de pendiente del terreno y profundidad del suelo y los factores modificadores, pedregosidad y drenaje; considerados por el método que se desarrolla en este documento, el procedimiento de integración del mapa de unidades de tierra, sigue la secuencia siguiente:

El mapa base de unidades inicialmente fisiográficas, ahora serán cartográficas y con la información del factor limitante profundidad del suelo, es convertido en un mapa temático sobre profundidades de suelos. Esto implica algunas unidades tengan que unirse o bien desagregarse en otras. Posteriormente, este mapa es sobrepuesto en el mapa de pendientes, excepto por las áreas pequeñas o complejas como las regiones kársticas, en donde el mapa de pendientes es solamente un auxiliar; en su defecto, el procedimiento consistirá en designar la pendiente máxima a cada unidad de tierra (unidad fisiográfica). En este proceso se deberán separar nuevas unidades definidas por los límites de ambos mapas. Cada nueva unidad se caracteriza por un rango de pendiente y una clase de profundidad, según la región donde se ubica el sitio en estudio. A este mapa resultante se le denominará, mapa de unidades de tierra.

▪ ELABORACIÓN DEL MAPA DE CAPACIDAD DE USO

A cada unidad de tierra identificada en el mapa resultante del proceso anterior, con base en

los niveles adoptados por cada factor limitante, se le asigna una categoría de capacidad de uso. Posteriormente, esta categoría deberá ser analizada a la luz de los factores modificadores pedregosidad y drenaje a efecto de determinar la categoría de capacidad de uso definitiva. Si en la fase de campo fueron separadas zonas de limitación por estos factores modificadores podrían hacerse las sobreposiciones que sean necesarias para separar otras unidades de tierra. El producto resultante es el Mapa de Capacidad de Uso de la Tierra.

Finalmente, se siguen los procedimientos técnicos normales de vaciado (rectificación fotogramétrica, reducción o ampliación, rotulación, otros) de la información generada al mapa base según la escala de publicación que el nivel de levantamiento requiere. Se cuantifican las extensiones de cada unidad de capacidad y se definen los otros elementos que acompañan a un mapa temático como el presente (leyenda, orientación norte, escala, nombre del mapa temático, otros) (8).

3.1.20.1 CATEGORIAS DE CAPACIDAD DE USO

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

- **AGRICULTURA SIN LIMITACIONES (A):**

Areas con aptitud para cultivos agrícolas sin mayores limitaciones de pendiente, profundidad, pedregosidad o drenaje. Permiten cultivos agrícolas en monocultivo o asociados en forma intensiva o extensiva y no requieren o demandan muy pocas prácticas intensivas de conservación de suelos. Pueden ser objeto de mecanización.

- **AGRICULTURA CON MEJORAS (Am):**

Areas que presentan limitaciones de uso moderadas con respecto a la pendiente, profundidad, pedregosidad y/o drenaje. Para su cultivo se requieren prácticas de manejo y conservación de suelos así como medidas agronómicas relativamente intensas y acordes al tipo de cultivo establecido.

- **AGROFORESTERIA CON CULTIVOS ANUALES (Aa):**

Areas con limitaciones de pendiente y/o profundidad efectiva del suelo, donde se permite la siembra de cultivos agrícolas asociados con árboles y/o con obras de conservación de suelos y prácticas o técnicas agronómicas de cultivo.

▪ **SISTEMAS SILVOPASTORILES (Ss):**

Áreas con limitaciones de pendiente y/o profundidad, drenaje interno que tienen limitaciones permanentes o transitorias de pedregosidad y/o drenaje. Permiten el desarrollo de pastos naturales o cultivados y/o asociados con especies arbóreas.

▪ **AGROFORESTERIA CON CULTIVOS PERMANENTES (Ap):**

Áreas con limitaciones de pendiente y profundidad, aptas para el establecimiento de sistemas de cultivos permanentes asociados con árboles (aislados, en bloques o plantaciones, ya sean especies frutales, y otras con fines de producción de madera y otros productores forestales).

▪ **TIERRAS FORESTALES PARA PRODUCCION (F):**

Áreas con limitaciones para usos agropecuarios; de pendiente o pedregosidad, con aptitud preferente para realizar un manejo forestal sostenible, tanto del bosque nativo como de plantaciones con fines de aprovechamiento, sin que esto signifique el deterioro de otros recursos naturales. La sustitución del bosque por otros sistemas conllevaría a la degradación productiva de los suelos.

▪ **TIERRAS FORESTALES DE PROTECCION(Fp):**

Áreas con limitaciones severas en cualquiera de los factores limitantes o modificadores; apropiadas para actividades forestales de protección o conservación ambiental exclusiva. Son tierras marginales para uso agrícola o pecuario intensivo. Tienen como objetivo preservar el ambiente natural, conservar la biodiversidad, así como las fuentes de agua (8).

3.1.21 CLASIFICACION DE TIERRAS POR CAPACIDAD DE USO CON FINES DE RIEGO (USBR)

La clasificación de tierras con fines de riego, fue una clasificación desarrollada por la Oficina de Recuperación de Tierras del Departamento del Interior de los Estados Unidos de Norte América, conocida por sus siglas en el idioma Inglés -USBR-.

La clasificación por el tiempo en que se elaboró, pretendía la incorporación de mayor cantidad de tierras para las actividades de producción agrícola, sobre todo aquellas que presentaban limitaciones, pero que podrían ser habilitadas y hacerlas productivas mediante el desarrollo de la práctica del riego, principalmente por métodos de superficie.

En el apéndice se dan a conocer las especificaciones para cada una de las Clases de Capacidad de las tierras con fines de riego, se establecen como principales aspectos de evaluación, a los componentes tales como:

- Textura
- Profundidad

- Alcalinidad
- Salinidad
- Pendiente
- Superficie
- Cobertura
- Suelo y topografía

Esta clasificación estuvo aplicando por mucho tiempo en Guatemala y para su utilización, la misma fue ajustada a algunas características del país, entre otros aspectos se hicieron modificaciones en la pendiente del terreno (4).

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 DATOS GENERALES

3.2.1.1 UBICACIÓN Y LOCALIZACION:

El Municipio de Santa Catarina Mita, se encuentra ubicado en el departamento de Jutiapa como se muestra en la figura 1 y figura 2, en la parte noroeste limita al norte con el Municipio de San Manuel Chaparrón (Jalapa) al oeste con Agua Blanca, (Jutiapa); al Sur con Asunción Mita (Jutiapa) y El Progreso (Jutiapa); al oeste con El Progreso (Jutiapa) y Monjas (Jalapa). Se localiza en el paralelo 14°27'02" Latitud norte y el meridiano 89°44'34" longitud oeste.

3.2.1.2 VÍAS DE ACCESO:

La Aldea Jocote Dulce cuenta con tres vías de acceso: Una por el Municipio de Monjas camino al Balneario Agua Tibia con una distancia de 5 km la cual es transitable todo el año, otra por la Aldea La Campana del Municipio de Monjas con una distancia de 5 Km de la carretera asfaltada, también transitable todo el año y otra por la Aldea Horcones que cruza la Hacienda Sabanetas del Municipio de Santa Catarina Mita a una distancia de 12 Km pero es muy poco transitada por vehículos debido a su mal estado (1).

3.2.1.3 EXTENSION:

El área en estudio tiene una extensión superficial de 51 caballerías, equivalente a 2,295 hectáreas o 3,278 manzanas, donde se incluyen las comunidades de Jocote Dulce, Magueyes, San Pedro, San Jorge, Uluma y Corintos.

3.2.1.4 HIPSOMETRIA:

La Aldea Jocote Dulce se encuentra a 980 msnm pero las altitudes varían desde aproximadamente 900 metros sobre el nivel del mar (msnm) hasta los 1,200 msnm (1).

3.2.1.5 CLIMA Y ZONA DE VIDA:

El clima es árido, la temperatura media anual es de 23.20 °C, la precipitación pluvial promedio es de 1,116.5 mm anuales distribuidos de mayo a octubre. La Aldea Jocote Dulce al igual que el Municipio de Santa Catarina Mita se encuentra en la zona de vida de Bosque Seco Subtropical bs-S, según el mapa de zonas de vida a nivel de reconocimiento de la república de Guatemala publicado por el Instituto Nacional de Bosques (1).

3.2.1.6 REGION FISIOGRAFICA

El área en estudio pertenece a la región fisiográfica de Tierras Altas Volcánicas, varias cuencas en esta región han sido parcialmente llenadas o cubiertas con pómez cuaternario, lo que proporciona un paisaje muy contrastado con las áreas volcánicas escabrosas que las rodean. Los valles en lo que se localizan las ciudades de San Marcos, Quetzaltenango, Sololá, Chimaltenango y la ciudad de Guatemala, son ejemplos característicos de lo anterior y han sido centros de asentamiento cultural indígena. La Laguna de Ayarza (que es una Caldera) y el Volcán de Ipala con un pequeño lago en su cráter, ofrecen formas de la tierra adicionales en contraste a los basaltos quebrados masivos y cortados que evidencian aun más el origen volcánico de la región (12).

3.2.1.7 HIDROLOGIA

Esta comunidad se encuentra en la cuenca hidrográfica Lempa-Ostúa-Guija cuenta con el río Ostúa el cual fluye por la parte baja, cuenta también con innumerables aguas subterráneas las cuales no son explotadas al máximo por la falta de tecnología para extraerlas.

3.2.1.8 SUELOS

Simmons, Tárano y Pinto (21), indican que los suelos del área son de la altiplanicie central, poco profundos, de la serie Culma, que son suelos desarrollados sobre terreno casi plano a moderadamente inclinado, con fertilidad moderada y con peligro de erosión regular sino se emplean prácticas culturales adecuadas. También se identifican las series Chicaj, Mongoy y Suelos de los Valles. Dentro de la clasificación taxonómica se encuentran las clases: Orthents-Ustepts, Ustalfs-Ustepts, Ustepts-Ustersts-Orthents y Ustersts (Figuras 8A y 9A).

3.2.1.9 ASPECTOS SOCIOECONOMICOS

3.2.1.9.1 DATOS GENERALES DE LA POBLACION:

El padre de familia y los hijos mayores son los encargados del trabajo agrícola, ayudándole en algunas actividades como la limpia, la siembra y la aplicación de pesticidas otras personas que venden su fuerza de trabajo. La función de la mujer, la constituyen tareas dentro de las casas de habitación y el cuidado de los niños pequeños y los animales domésticos, en algunas ocasiones la

mujer participa en actividades agrícolas como la recolección de la cosecha.

3.2.1.9.2 CARACTERISTICAS SOCIOECONOMICAS DE LA POBLACION:

Según el censo del 2,000, el número de habitantes es: Jocote dulce es de 600, Magueyes 428, Corintos 97, Uluma 92, San Pedro 159 y San Jorge 45, para un total de 1,421 habitantes. Se dedican principalmente a la agricultura. Los cultivos generadores de ingreso son el maíz, tomate, frijol, tabaco, brócoli, chile, sandía, siendo los cultivos de subsistencia o de autoconsumo el maíz y el frijol (1).

3.2.1.9.3 TENENCIA DE LA TIERRA

En cuanto a la tenencia de la tierra, todos los propietarios de las tierras son los ancianos, repartiéndola entre sus descendientes, siendo éstos últimos propietarios absolutos al fallecer su antecesor. De tal manera que trabajan las tierras como propias, mientras se les es heredada definitivamente.

3.2.1.9.4 INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS

▪ VIVIENDA

Las viviendas están construidas de adobe con techos de lámina, teja y las más recientes están construídas de Block, Ladrillo y techo de lámina.

▪ AGUA POTABLE

La población cuenta con agua potable que se obtiene de un pozo mecánico que perforó el Ejercito de los Estados Unidos (ARMY), y se encuentra ubicado en el centro de la Aldea, mientras que la caja de agua está en la parte alta de la comunidad de donde la distribuyen a todos los usuarios.

▪ ENERGIA ELECTRICA

Todas las comunidades en mención cuentan con el servicio de energía eléctrica, ya que la Municipalidad actual se ha preocupado por el bienestar de todas las comunidades.

▪ SALUD

Estas comunidades cuentan con un puesto de salud el cual es visitado por las personas de las aldeas colindantes.

▪ EDUCACION

Existe una escuela con tres aulas, construídas de block con techo de lámina, cercado con block, cada aula cuenta con su puerta en buen estado, existen dos letrinas, materiales didácticos limitados.

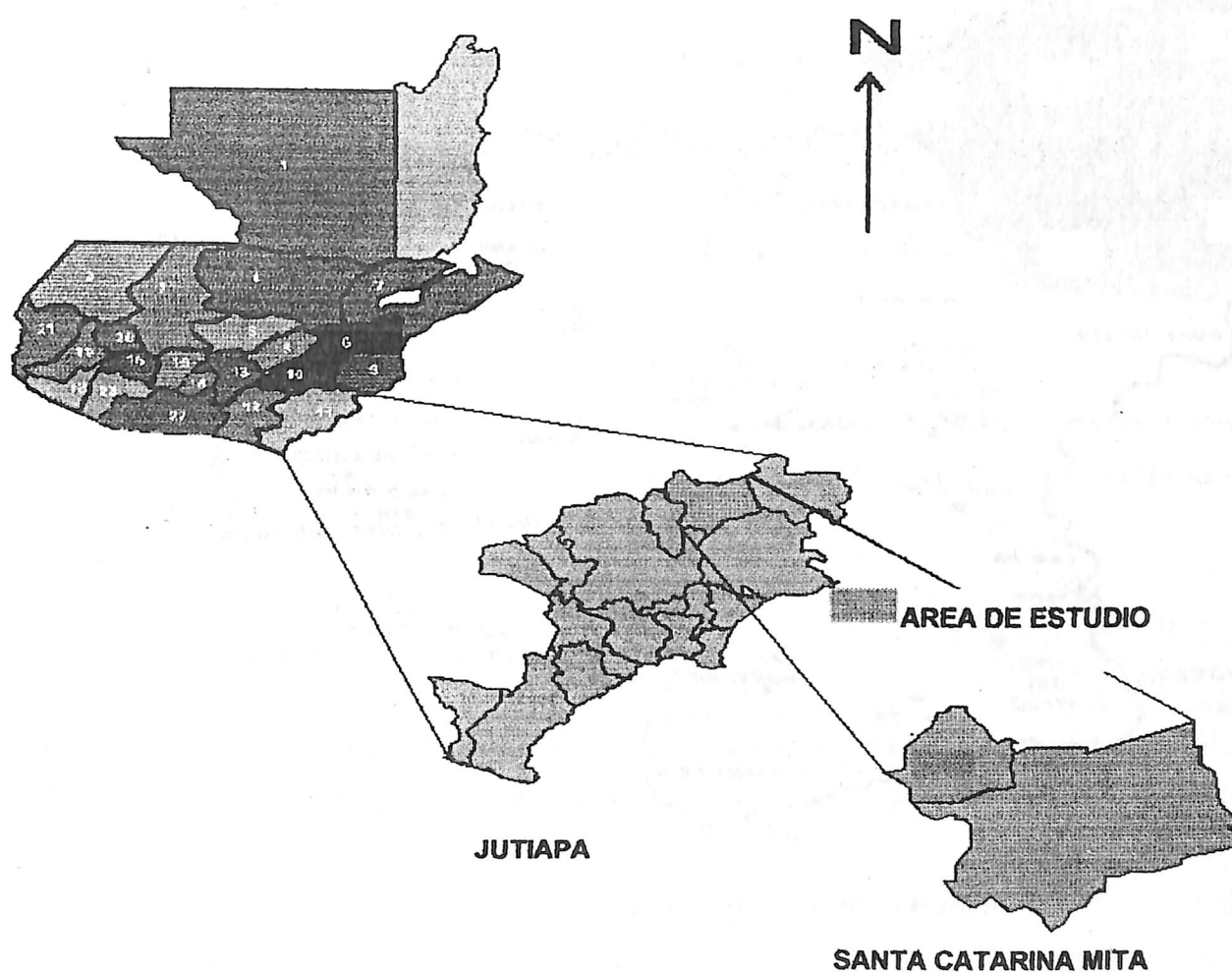
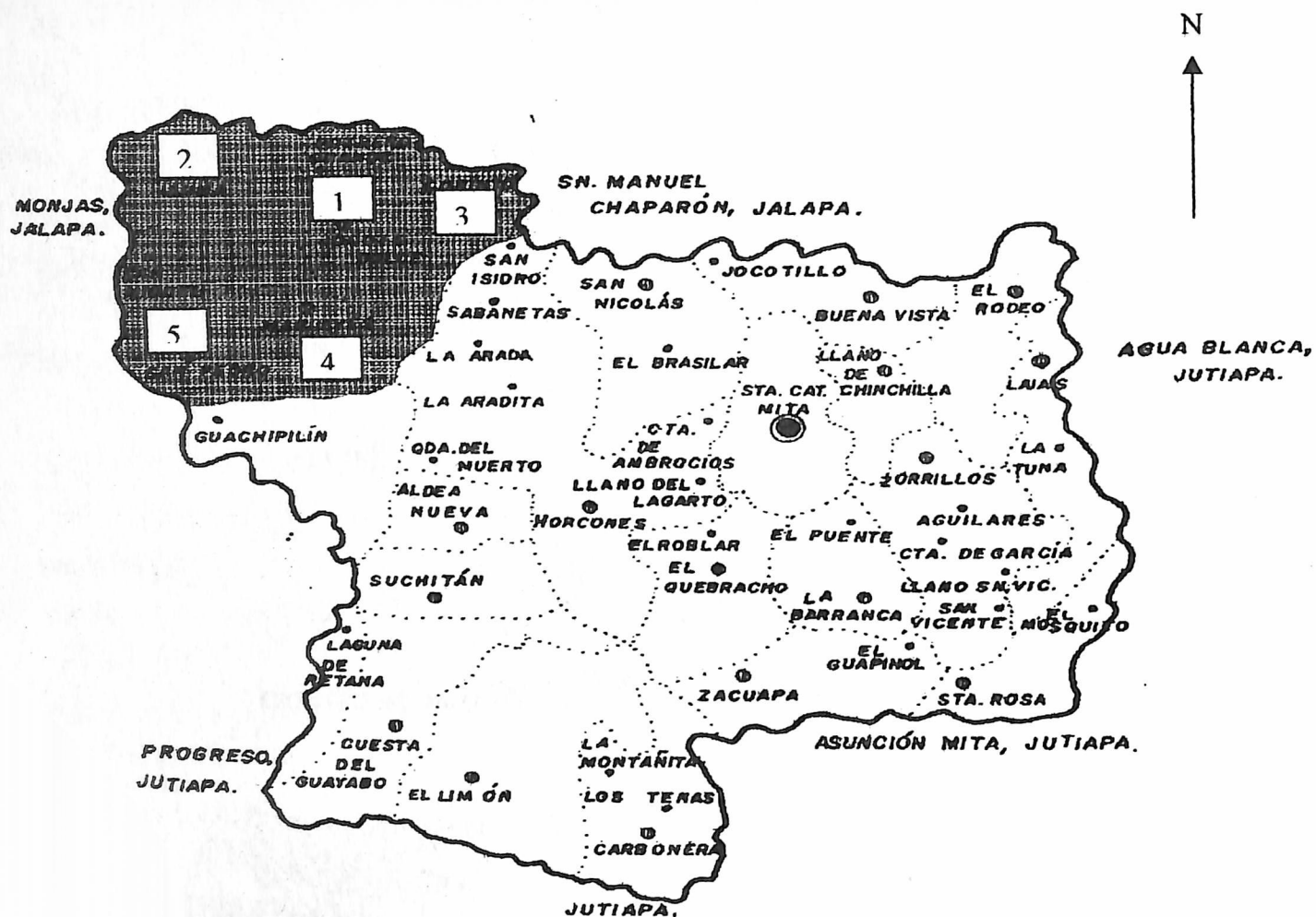


Figura 1. Ubicación del área de estudio



No.	Aldea
1	Jocote Dulce
2	Uluma
3	Corintos
4	Magueyes
5	San Pedro

Figura 2. Mapa de santa Catarina Mita, mostrando las aldeas beneficiadas con el proyecto de introducción de riego.



4. OBJETIVOS

4.1 GENERAL:

- 4.1.1** Generar el estudio de prefactibilidad para determinar el área que de acuerdo a sus características biofísicas presenten la posibilidad de desarrollar e implementar agricultura bajo riego.

4.2 ESPECIFICOS:

- 4.2.1** Determinar la capacidad de uso de los suelos en la región mediante el estudio del ambiente biofísico (Suelo, topografía y vegetación).
- 4.2.2** Determinar las fuentes de agua y calidad de la misma en la región.
- 4.2.3** Proponer un sistema de riego acorde a las condiciones y exigencias edáficas, topográficas, hidrológicas, socioeconómicas y de los cultivos en la región.

5. METODOLOGIA

5.1 RECOPIACION DE INFORMACION

Se partió con la recopilación de información cartográfica, fotográfica y socioeconómica, para obtener una cobertura y descripción del área, se utilizó la hoja cartográfica 2259 II escala 1:50,000 y fotografía aérea Laguna de Retana, rollo 3, fotos 585 y 586 a escala 1:30,000 del año 1,987. En lo relativo a lo socioeconómico se consultó el Censo 2,000 realizado por la Municipalidad del Municipio de Santa Catarina Mita, principalmente datos de población y servicios.

5.2 ESTUDIO EDAFOLOGICO

5.2.1 Capacidad de uso y áreas con potencial para riego

Fueron determinadas con la ayuda de la fotointerpretación; como primera fase se delimitó el área de estudio y unidades de mapeo, las cuales constituyeron la base de muestreo en la fase de campo. Luego se elaboró el mapa de pendientes, con base en el mapa cartográfico (Curvas de nivel), se elaboró en forma automatizada mediante procedimientos de Sistemas de Información Geográfica (SIG), basado en técnicas cartográficas. En la fase de campo, se procedió a verificar los límites de las unidades de mapeo, a través de caminamientos y observaciones visuales. En ésta fase también se ubicaron los puntos de muestreo en áreas con potencial y posteriormente se tomaron las muestras, se determinaron las profundidades de los suelos y los factores modificadores, utilizando cortes de caminos y barrenamientos. Posteriormente se procedió a verificar el mapa de pendientes que únicamente consistió en chequeo mediante mediciones con el uso del clinómetro en el campo, de las pendientes máximas en las unidades previamente definidas en gabinete. En la segunda fase se procedió a la integración del mapa de unidades de tierra, sobre la base de factores principales de pendiente del terreno y profundidad del suelo y los factores modificadores, pedregosidad y drenaje. Luego se elaboró el mapa de capacidad de uso de la tierra asignando las categorías correspondientes, sobreponiendo los mapas de unidades de tierra, pendientes y profundidad. Por último se determinó el área neta con potencial para riego, en la cual se tomaron en cuenta las necesidades expuestas por los agricultores de la región, pues ellos serán los beneficiarios directos del proyecto, también se tomaron en cuenta características de los suelos, topografía, cantidad y calidad de agua principalmente.

5.2.2 Muestreo de suelos

En el proceso de fotointerpretación se ubicaron los puntos de muestreo, tomando como base las unidades de tierra seleccionadas en el análisis fisiográfico paisajista y las muestras se tomaron dentro del área con potencial para riego. Partiendo de lo anterior, se procedió a tomar 6 muestras a 30 centímetros de profundidad, y se analizó: Textura, densidad aparente, materia

orgánica, capacidad de campo y punto de marchites permanente. Todas las muestras fueron enviadas al laboratorio de Soluciones Analíticas para los respectivos análisis.

5.2.3 Análisis físico – químico de suelos

En el análisis físico se determinó el porcentaje de arena, limo y arcilla a través del método de Bouyoucos, y la densidad aparente se determinó por el método de la probeta.

En el análisis químico únicamente se determinó el porcentaje de materia orgánica debido a la naturaleza del estudio, ya que está relacionada con la retención de humedad de los suelos.

5.2.4 Determinación de constantes de humedad

Las constantes de humedad, capacidad de campo y punto de marchites permanente, fueron determinadas en el laboratorio por el método de la olla de presión y método de membrana de presión respectivamente.

5.3 ESTUDIO HIDROLOGICO

5.3.1 Calidad de agua

Se realizaron muestreos en los únicos dos pozos existentes en el área, ya que el agua subterránea es la principal fuente. Posteriormente se realizó el análisis químico en el laboratorio, y entre los aspectos considerados están: pH, Conductividad Eléctrica, Calcio, Magnesio, Sodio, Carbonato, Bicarbonatos, Cloruros, % Sodio Soluble, RAS, Carbonato de Sodio Residual.

5.3.2 Determinación de la evapotranspiración

La cantidad de agua que consumen los cultivos se determinó para los más importantes de la región, siendo estos: Tomate (Lycopersicon esculentum L.), Chile Pimiento (Capsicum annuum), Brócoli (Brássica rapa), Frijol (Phaseolus vulgaris), Maíz Criollo y Dulce (Zea mays), Tabaco (Nicotiana tabacum) y Sandía (Citrullus vulgaris).

Para condiciones de cálculo se estimó la Evapotranspiración por medio del método de Blanney y Criddle modificado, partiendo de:

$$Et = Kc \times F$$

Donde:

Et= evapotranspiración real total del cultivo, expresada en lámina de agua en mm o cm.

Kc= coeficiente que depende del ciclo vegetativo del cultivo

F= suma de factores mensuales de uso consuntivo en mm o cm.

La suma de factores mensuales de uso consuntivo se expresa en: $F = \sum f_i$

$$f_i = \frac{(t + 17.8)}{21.8} (P)$$

$$21.8$$

Donde:

t = temperatura media mensual en °C

P = porcentaje de insolación para la latitud de 15°

Como la evapotranspiración global es menor que la evapotranspiración calculada, se encontró el ajuste necesario.

$$E_t = K \times F$$

$$K = e_t / F$$

Factor de corrección K/K'

5.3.3 Demanda y disponibilidad de agua

Para determinar la demanda total de agua en la región se utilizó la ecuación siguiente:

$$A \times L_b = Q \times t$$

Donde:

A = área en m^2

L_b = Lámina bruta en mt

Q = Caudal en m^3/seg

t = Tiempo en seg

5.3.4 Cálculo de la lámina de agua disponible

La lámina de agua está determinada por los límites de capacidad de campo (CC) y el punto de marchites permanente (PMP), obteniéndose de la siguiente forma:

$$L = (CC - PMP) \times D_{ap} \times H / 100$$

Donde:

L = Lámina de agua disponible o útil (cm)

CC = Porcentaje de humedad a capacidad de campo

PMP = Porcentaje de humedad a punto de Marchites Permanente

D_{ap} = Densidad aparente (gr/cc)

H = Profundidad efectiva (50cm)

5.3.5 Cálculo de la lámina de agua a aplicar

Para el cálculo de la lámina neta se utilizó la siguiente ecuación: Siguiendo página.

$$L_n = L_t \times DPM$$

Donde:

L_n = Lámina neta (cm)

L_t = Lámina total (cm)

DPM : Déficit permitido de manejo (50%)

Para el cálculo de la lámina bruta se utilizó la ecuación siguiente:

$$Lb = Ln / Efa$$

Donde:

Lb = Lámina bruta (cm)

Ln = Lámina neta (cm)

Efa = Eficiencia de aplicación (75%)

5.3.6 Frecuencia de riego

La frecuencia de riego se determinó con la siguiente ecuación:

$$Fr = Ln / ETP$$

Donde:

Fr = Frecuencia de riego (días)

Ln = Lámina neta (mm)

ETP: Evapotranspiración máxima diaria (mm)

5.4 ESTUDIO CLIMATOLOGICO

Se analizaron datos de 10 años de registro en la estación meteorológica "La Ceibita" localizada en el municipio de Monjas, Departamento de Jalapa, a una altura de 960 msnm Latitud 14°29'34" Norte, Longitud 89°52'32" Oeste, situada a 6 Kilómetros de distancia del área en estudio, ya que es la estación más cercana y con condiciones climáticas similares. Los datos climatológicos consultados, fueron los siguientes: Temperatura, Precipitación Pluvial, con el fin de determinar demandas evapotranspirativas por el método Blaney & Criddle para cultivos de la zona.

5.5 ESTUDIO TOPOGRAFICO:

5.5.1 Determinación de pendientes del área en estudio

La inclinación del terreno se determinó con el uso de una plantilla en la hoja cartográfica utilizando para ello las curvas a nivel y separándolas según los rangos utilizados por la metodología de clasificación de tierras por capacidad de uso del INAB (8), posteriormente se verificaron los datos con el uso del clinómetro directamente en el campo.

5.5.2 Microrelieve

Se determinó por medio de la fotointerpretación observando las características de ondulación del área, también se observó mediante caminamientos en el área bajo estudio.

5.6 ELABORACION DE MAPAS

Como última fase se elaboraron los mapas de pendientes, análisis fisiográfico paisajista, suelos, para elaborar el mapa de capacidad de uso de la tierra. En esta actividad se utilizaron los recursos de la Unidad Sistemas de Información Geográfica de la Facultad de Agronomía (USIG – FAUSAC) y del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

6. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1 ESTUDIO EDAFOLOGICO

6.1.1 Capacidad de uso de los suelos

En el cuadro 2, se presentan los resultados del estudio para la capacidad de uso de los suelos del área bajo estudio. La figura 3, muestra las áreas y categorías de capacidad de uso de los suelos.

Cuadro 2. Resultados del estudio capacidad de uso de la tierra según metodología del Instituto Nacional de Bosques (INAB).

Código	Categoría de capacidad de uso	Área (ha)	%
A	Agricultura sin limitaciones	485	21.06
A/Am	Agricultura con mejoras, con drenaje limitante	810	35.14
Am	Agricultura con mejoras	82	3.55
Am/Aa	Agroforestería con cultivos anuales	298	12.93
Ap/F	Agroforestería con cultivos permanentes y tierras forestales para producción	205	8.89
F/Fp	Tierras forestales para producción y de protección	23	0.99
Fp	Tierras forestales de protección	43	1.86
Laguna	Agua no apta para riego, con altos contenidos de azufre	7	0.30
Ss	Sistemas silvopastoriles	85	3.68
Ss/Ap	Sistemas silvopastoriles con Agroforestería y cultivos permanentes	265.5	11.51
TOTAL		2,303.5	100

Como se puede observar existe el 21 % (485 has) de los suelos para implementar agricultura intensiva sin ninguna limitación. Por otra parte también existen otras áreas para implementar sistemas silvopastoriles, agroforestería, cultivos perennes y así poder preservar los recursos hídricos de la región.

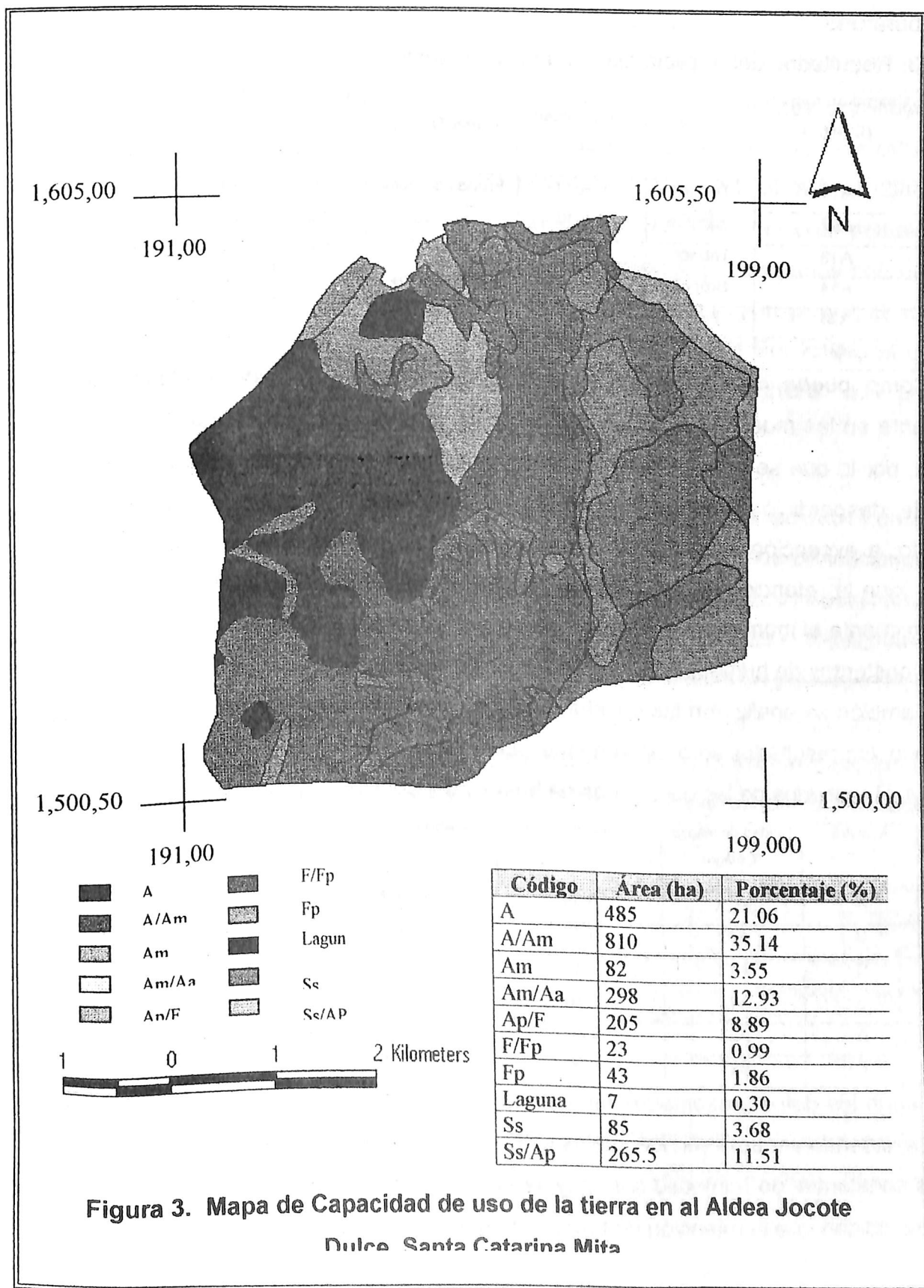


Figura 3. Mapa de Capacidad de uso de la tierra en al Aldea Jocote
Dulce, Santa Catarina Mita

6.1.2 Análisis físico-químico de suelos:

En el Cuadro 3 se presentan los resultados del análisis físico-químico de suelos reportado por el laboratorio.

Cuadro 3. Resultados del análisis físico-químico de suelos.

Muestra	Unidad de mapeo (Código)	Cultivo	Profundidad (cm)	Clase Textural	Clase por tamaño de partícula. (%)			Materia Orgánica (%)
					Arcilla	Limo	Arena	
A	A11	Tomate	0 – 30	Franco arenoso	19	24	57	1.83
B	A12	Sandía	0 – 30	Franco	16	39	45	2.39
C	A13	Tabaco	0 – 30	Franco	24	37	39	4.75
D	A14	Brócoli	0 – 30	Arcillo-Arenoso	38	10	50	2.43
E	A23	Pasto	0 – 30	Arcilloso	50	26	22	1.93
F	B21	Maíz Dulce	0 – 30	Arcilloso	55	18	55	3.22

Como puede observarse en el cuadro 3, el suelo tiene una tendencia a ser franco, únicamente en las muestras D, E y F donde se tienen texturas más pesadas o con una tendencia arcillosa, por lo que se debe tomar en cuenta al momento del riego para evitar encharcamientos y por ende desperdicio de agua. En cuanto a la materia orgánica, son suelos con muy bajo contenido, a excepción de la muestra C, con un valor de 4.75% en el cultivo de Tabaco. De tal manera que la retención de humedad es variable en los suelos de la región, por lo que se debe tomar en cuenta al momento del diseño de cualquier sistema de riego.

6.1.3 Constantes de humedad:

También se analizaron las constantes de humedad de cada una de las muestras llevadas al laboratorio, los resultados se observan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Resultados de las constantes de humedad y densidad aparente.

Muestra	Unidad de mapeo (Código)	Profundidad (cm)	Densidad aparente (g/cc)	Constantes de humedad (%)	
				1/3 Atm	15 Atm
A	A11	0-30	1.2216	22.12	11.18
B	A12	0.30	1.2610	23.55	12.00
C	A13	0.30	0.8943	38.70	23.10
D	A14	0.30	1.2024	28.13	23.10
E	A23	0.30	1.0925	28.13	18.89
F	B21	0.30	1.0000	38.33	26.60

Según los datos presentados en el cuadro 4, la densidad aparente es similar para algunos suelos, existiendo variación en los suelos C, E y F, que presentan los valores más bajos. Por otra parte las constantes de humedad son muy variables entre los distintos tipos de suelos analizados, por lo que indican que la retención de humedad no es homogénea.

6.2 ESTUDIO HIDROLOGICO

6.2.1 FUENTE DE AGUA

Con respecto a la fuente de agua existen dos alternativas:

A. Pozo Mecánico:

En la aldea Jocote Dulce existen dos pozos mecánicos; uno es el que distribuye el agua potable: con un diámetro de 8", una profundidad de 120', un nivel estático de 60', un nivel dinámico de 100' y un caudal de bombeo de 6.75 lts/seg (Cuadro 12A). El otro es utilizado para riego el cual tiene una profundidad de 280' y un caudal de 300 GPM, el cual actualmente es utilizado para irrigar 15 manzanas con un sistema de inundación y 10 manzanas con un sistema de goteo. De manera que es la opción más recomendable para esta región ya que el agua es de buena calidad y lo suficiente para irrigar el área con potencial (62 has). Por lo que al calcular la demanda y disponibilidad de agua se determinó la necesidad de perforar dos pozos que produzcan no menos de 300 GPM cada uno.

B. Pozos Artesanales:

Debido a que el nivel freático se encuentra en algunas de estas comunidades de 25'-35' de profundidad se considera la alternativa más económica, ya que los mismos beneficiarios pueden excavar estos pozos, utilizando bombas de succión con equipo diesel o electricidad para el aprovechamiento del recurso agua, pues se tienen experiencias en la región de agricultores que poseen estos pozos con bombas eléctricas, y utilizan sistemas de aspersión y goteo.

6.2.2 CALIDAD DE AGUA

Debido a que la fuente principal de agua en la región es el agua subterránea, fue necesario extraer muestras de dos pozos, luego enviadas al laboratorio. En el cuadro 5, se observan los resultados del análisis químico:

Cuadro 5. Resultados del análisis químico en dos pozos.

Muestras	pH	mmhos/cm	meq/litro				Carbo- natos	Bicar- bonato s	Cloru- ros	Sulfa- -tos	% Na so- luble	RAS	Carbonato de Na Res	Suma		CLASE
		Conductividad eléctrica	Ca	Mg	Na	K								catio- nes	anio- nes	
1	7.07	650	1.20	3.18	2.97	-	1.45	7.42	0.53	-	40.41	2.01	4.49	7.35	9.40	C2S1
2	7.00	178.8	0.25	0.20	0.36	-	0.10	1.35	0.08	0.12	36.40	1.60	0.86	0.81	1.65	C1S1

Como se puede observar en el cuadro 5, la muestra 1 extraída de un pozo mecánico en una finca de Jocote Dulce corresponde a la clasificación C2S1, las cuales son aguas con salinidad media y sodicidad baja, la reacción general pH, es casi neutra, la conductividad eléctrica es baja, el sodio se encuentra presente en valores bajos por lo que se deduce que éste no presenta peligro de sodificación para el suelo. De manera que se puede usar para riego sin ninguna limitación.

La muestra 2 extraída del pozo mecánico que abastece el agua potable en Jocote Dulce corresponde a la clasificación C1S1, las cuales son agua de baja salinidad y con bajo contenido de sodio, pudiendo utilizarse para riego sin ninguna limitante. Por lo que se considera que al agua subterránea en la región, es de buena calidad para su uso en irrigación.

6.2.3 DETERMINACION DE LA EVAPOTRANSPIRACION

La cantidad de agua que consumen los cultivos o evapotranspiración se determinó para los cultivos más importantes de la zona, en el cuadro 6 se presentan las demandas evapotranspirativas para el cultivo de Tomate; luego en el cuadro 7, se presentan las demandas hídricas de los cultivos regables de la región, todos los cálculos fueron por medio del método Blanney & Criddle modificado como se muestra en los cuadros 6 y 7.

Cuadro 6. Cuadro de resultados en la determinación de la evapotranspiración en el cultivo de Tomate por el método Blanney & Criddle.

Mes	Duración	T °C	P	fi (cm)	kt	kc	ETP (cm)	ETP' (cm)	ETP' (mm)	ETP'/DIA (mm)
Enero	1	21.34	7.94	14.25	0.91	0.75	9.73	10.12	101.20	3.26
Febrero	1	22.50	7.37	13.62	0.94	0.75	9.60	9.98	99.80	3.56
Marzo	1	23.62	8.44	16.04	0.98	0.75	11.79	12.26	122.60	3.95
Abril	1	25.17	8.45	16.65	1.02	0.75	12.73	13.24	132.40	4.41
Mayo	1	25.54	8.98	17.85	1.03	0.75	13.79	14.34	143.40	4.62
Junio	1	23.77	8.80	16.78	0.98	0.75	12.33	12.82	128.20	4.27
Julio	1	23.68	9.03	17.18	0.98	0.75	12.63	13.13	131.30	4.23
Agosto	1	23.87	8.83	16.88	0.98	0.75	12.41	12.91	129.10	4.16
Septiembre	1	23.24	8.27	15.57	0.96	0.75	11.21	11.66	116.60	3.89
Octubre	1	22.77	8.26	15.37	0.95	0.75	10.95	11.39	113.90	3.67
Noviembre	1	22.08	7.75	14.18	0.93	0.75	9.89	10.28	102.80	3.43
Diciembre	1	21.25	7.88	14.11	0.90	0.75	9.52	9.90	99.00	3.19

DONDE:

T °C: Temperatura media mensual en grados centígrados.

P: Porcentaje de insolación para la latitud de 15° .

fi : Factores mensuales de uso consuntivo.

kt: Coeficiente de temperatura.

kc : Coeficiente de desarrollo del cultivo.

ETP: Evapotranspiración global.

ETP': Evapotranspiración corregida o ajustada.

Como puede observarse en el cuadro 6, la mayor demanda de agua sucede durante el mes de mayo, ya que la evapotranspiración promedio es de 4.62 mm/día, por otra parte en el mes de diciembre sucede lo contrario ya que la evapotranspiración es de 3.19 mm/día. De tal manera que para fines de cálculo se recomienda utilizar el dato de mayor evapotranspiración o sea 4.62 mm/d.

Cuadro 7. Demandas hídricas o evapotranspirativas de los cultivos regables de la zona.

MES	CULTIVOS											
	MAIZ		CHILE		FRIJOL		TABACO		BROCOLI		SANDIA	
	ETP' (mm)	ETP'/DIA (mm)	ETP' (mm)	ETP'/DIA (mm)	ETP' (mm)	ETP'/DIA (mm)	ETP' (mm)	ETP'/DIA (mm)	ETP' (mm)	ETP'/DIA (mm)	ETP' (mm)	ETP'/DIA (mm)
Enero	114.61	3.70	107.85	3.48	93.42	30.1	107.85	3.48	114.61	3.70	101.20	3.26
Febrero	113.15	4.14	106.50	3.80	92.29	3.30	106.50	3.80	113.15	4.14	99.80	3.56
Marzo	138.90	4.48	130.73	4.21	113.30	3.65	130.73	4.21	138.90	4.48	122.60	3.95
Abril	150.00	5.00	140.61	4.69	122.47	4.08	140.61	4.69	150.00	5.00	132.40	4.41
Mayo	162.50	5.24	152.10	4.91	132.56	4.27	152.10	4.91	162.50	5.24	143.40	4.62
Junio	145.40	4.84	136.76	4.56	118.53	3.95	136.76	4.56	145.40	4.84	128.20	4.27
Julio	148.80	4.80	140.08	4.52	121.33	3.91	140.08	4.52	148.80	4.80	131.30	4.23
Agosto	146.20	4.71	137.60	4.44	119.27	3.85	137.60	4.44	146.20	4.71	129.10	4.16
Septiembre	132.20	4.40	124.38	4.15	107.74	3.59	124.38	4.15	132.20	4.40	116.60	3.89
Octubre	129.10	4.16	121.47	3.92		3.39	121.47	3.92	129.10	4.16	113.90	3.67
Noviembre	116.60	3.88	109.72	3.66	95.07	3.17	109.72	3.66	116.60	3.88	102.80	3.43
Diciembre	112.20	3.62	105.66	3.41	91.57	2.95	105.66	3.41	112.20	3.62	99.00	3.19

DONDE:

T (C: Temperatura media mensual en grados centígrados).

P : Porcentaje de insolación para la latitud de 15°.

i : Factores mensuales de uso consuntivo.

Kt: Coeficiente de temperatura

Kc: Coeficiente de desarrollo del cultivo.

ETP: Evapotranspiración global.

ETP': Evapotranspiración corregida o ajustada.

El cuadro 7 muestra las demandas evapotranspirativas mensuales y diarias para cada uno de los cultivos regables de la zona, el cultivo que presenta la mayor evapotranspiración es el Maíz

y Brócoli con una ETP de 5.24 mm/día para el mes de Mayo, de tal manera que se deben usar los datos de mayor evapotranspiración al momento de tomar decisiones en el diseño de cualquier sistema de riego. En la figura 4, se puede observar la relación entre la evapotranspiración y precipitación existente en la aldea de Jocote Dulce, para el cultivo de tomate.

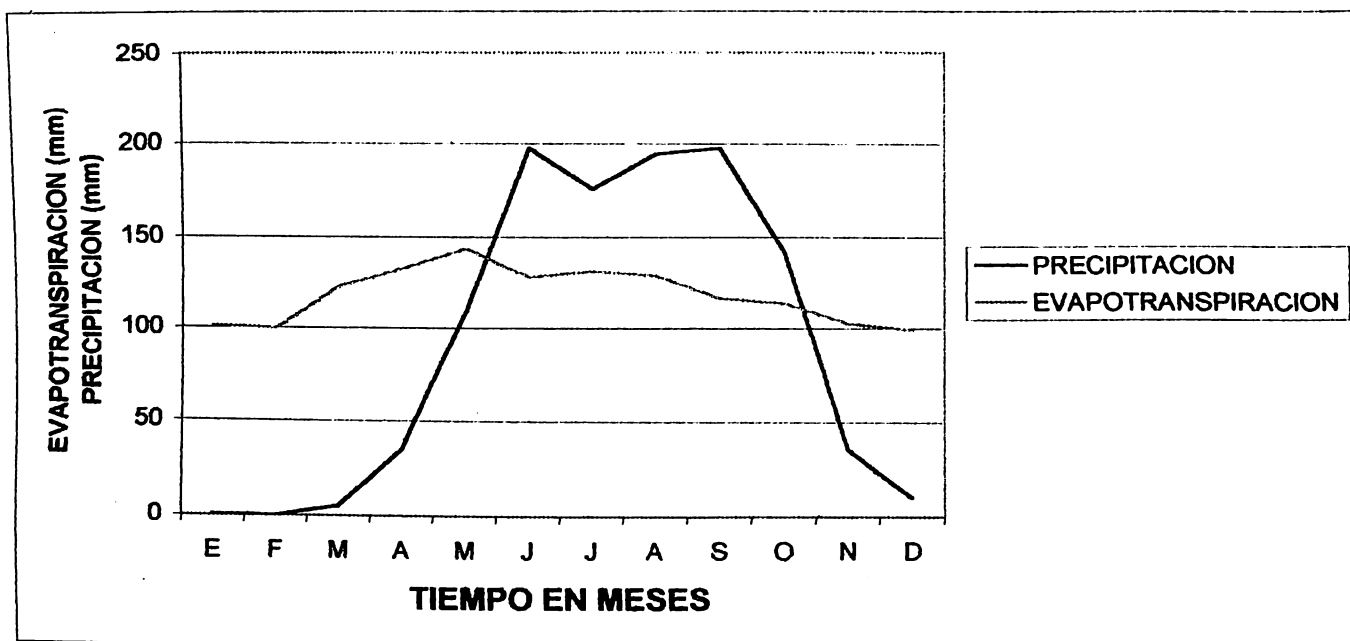


Figura 4. Relación hídrica existente entre la evapotranspiración y la precipitación en la aldea Jocote Dulce, en el cultivo de tomate.

6.2.4 DETERMINACION DE LA DEMANDA Y DISPONIBILIDAD DE AGUA

6.2.4.1 LAMINA DE AGUA DISPONIBLE

En el cuadro 8, se puede observar la lámina de agua disponible para los distintos cultivos.

Cuadro 8. Resultados de lámina de agua disponible

Muestra	Profundidad efectiva (cm)	Cultivo	Lámina disponible (cm)
A	50	Tomate	6.67
B	50	Sandía	7.27
C	50	Tabaco	4.44
D	50	Brócoli	9.36
E	50	Pasto	5.03
F	50	Maíz Dulce	5.86

Para fines de cálculo se tomo una profundidad efectiva media de 50 centímetros en los diferentes cultivos de la región. Se puede observar que la lámina disponible es mayor para la

muestra D y lo contrario para la muestra C, lo cual nos indica la variabilidad de estos suelos en cuanto a la retención de humedad se refiere.

6.2.4.2 LAMINA DE AGUA A APLICAR

Se procedió a calcular una lámina de agua, con una eficiencia de 0.75 para un sistema por aspersión. Se tomó un déficit permitido de manejo del 50%, es decir la lámina neta no debe agotarse en más de un 50%, con lo cual se establece la utilización del 50% de la lámina de agua aprovechable; de tal manera que se obtuvieron los siguientes resultados.

Cuadro 9. Resultados de lámina de agua a aplicar según el sistema (Aspersión)

Lámina total (cm)	Déficit permitido de manejo (DPM)	Lámina neta (cm)	Eficiencia de aplicación	Lámina bruta (cm)
6.67	50 %	3.33	0.75	4.44

Para los cálculos de lámina de agua se tomó como base el cultivo de Tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) y una eficiencia del 75% para un sistema por aspersión únicamente con fines de cálculo de las demandas hídricas.

6.2.4.3. FRECUENCIA DE RIEGO

La frecuencia de riego según lo calculado para el cultivo de Tomate y tomando la evapotranspiración máxima es de 8 días. Siguiendo página.

$$Fr = \frac{44.40\text{mm}}{5.24\text{mm/día}} = 8 \text{ días}$$

$$5.24\text{mm/día}$$

6.2.4.4 DEMANDA Y DISPONIBILIDAD DE AGUA

La fuente principal para abastecer agua en la región es el agua subterránea por lo que se procedió a calcular el caudal de agua necesario para el área potencialmente regable, para tal fin se utilizó la ecuación universal de riego:

$$A \times L_b = Q \times t$$

$$Q = \frac{320,000 \text{ m}^2 \times 0.044 \text{ m}}{8 \text{ días} \times 12 \text{ h/24h} \times 86,400 \text{ seg/día}} = 0.041 \text{ m}^3 = 650 \text{ GPM}$$

$$8 \text{ días} \times 12 \text{ h/24h} \times 86,400 \text{ seg/día}$$

Con la ecuación anterior se obtiene un caudal de 0.041 m³/seg equivalente a 40 lts/seg. para un sistema de riego por aspersión y un área de 32 has. Para el cálculo anterior se utilizó el área de uso actual que se cultiva en época de invierno, la cual es de 62 hectáreas (88 manzanas) restándole el área que cuenta con riego actualmente la cual es de 30 hectáreas, para un área neta de 32 hectáreas. La lámina bruta considerada fue de 4.44 cm para un sistema por aspersión.

6.3 ESTUDIO CLIMATOLOGICO

De acuerdo con datos proporcionados por la estación climatológica "La Ceibita" clave 9.3.3. del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), ubicada en Monjas-Jalapa, a 960 metros sobre nivel del mar, Latitud: 14° 29' 34" y Longitud: 89° 52' 32" se analizó el comportamiento de la temperatura media mensual y la precipitación pluvial para diez años de registro, los datos estudiados se muestran en el cuadro 10.

Cuadro 10. Datos climáticos de la estación "La Ceibita" desde 1,990 a 1,999.

Mes	Temperatura media °C	Precipitación pluvial (mm)
ENERO	21.34	0.62
FEBRERO	22.50	0.10
MARZO	23.62	5.09
ABRIL	25.17	35.13
MAYO	25.54	108.33
JUNIO	23.77	197.70
JULIO	23.68	175.98
AGOSTO	23.87	194.55
SEPTIEMBRE	23.24	197.80
OCTUBRE	22.77	142.22
NOVIEMBRE	22.08	35.83
DICIEMBRE	21.25	10.21

Como se puede observar, la época seca se ve claramente marcada apartir del mes de noviembre hasta el mes de abril, lo reportado en los otros meses no es significativo para las demandas hídricas de los cultivos, por lo que se considera imperativo el introducir riego en la región. Por otra parte la temperatura varía muy poco, siendo los meses más calurosos abril y mayo.

6.4 ESTUDIO TOPOGRAFICO

6.4.1 PENDIENTE

Como puede observarse en la figura 5, las pendientes son muy variables existiendo pendientes menores del 8%, así como de 12-26% de 26-36% y de 36% hasta 55%.

6.4.2 MICRORELIEVE

Ocupan relieves de ondulados a inclinados, en bolsones o valles intra montañosos, se encuentran en elevaciones de 900 a 1,200 metros sobre el nivel del mar.

6.5 ESTIMACION DE COSTOS

En cuanto a los costos para implementar riego en 62 hectáreas tendría un costo total aproximado de Q.2,281,889.00 como se muestra en el cuadro 11.

Cuadro 11. ESTIMACIÓN DE COSTOS Y BENEFICIARIOS

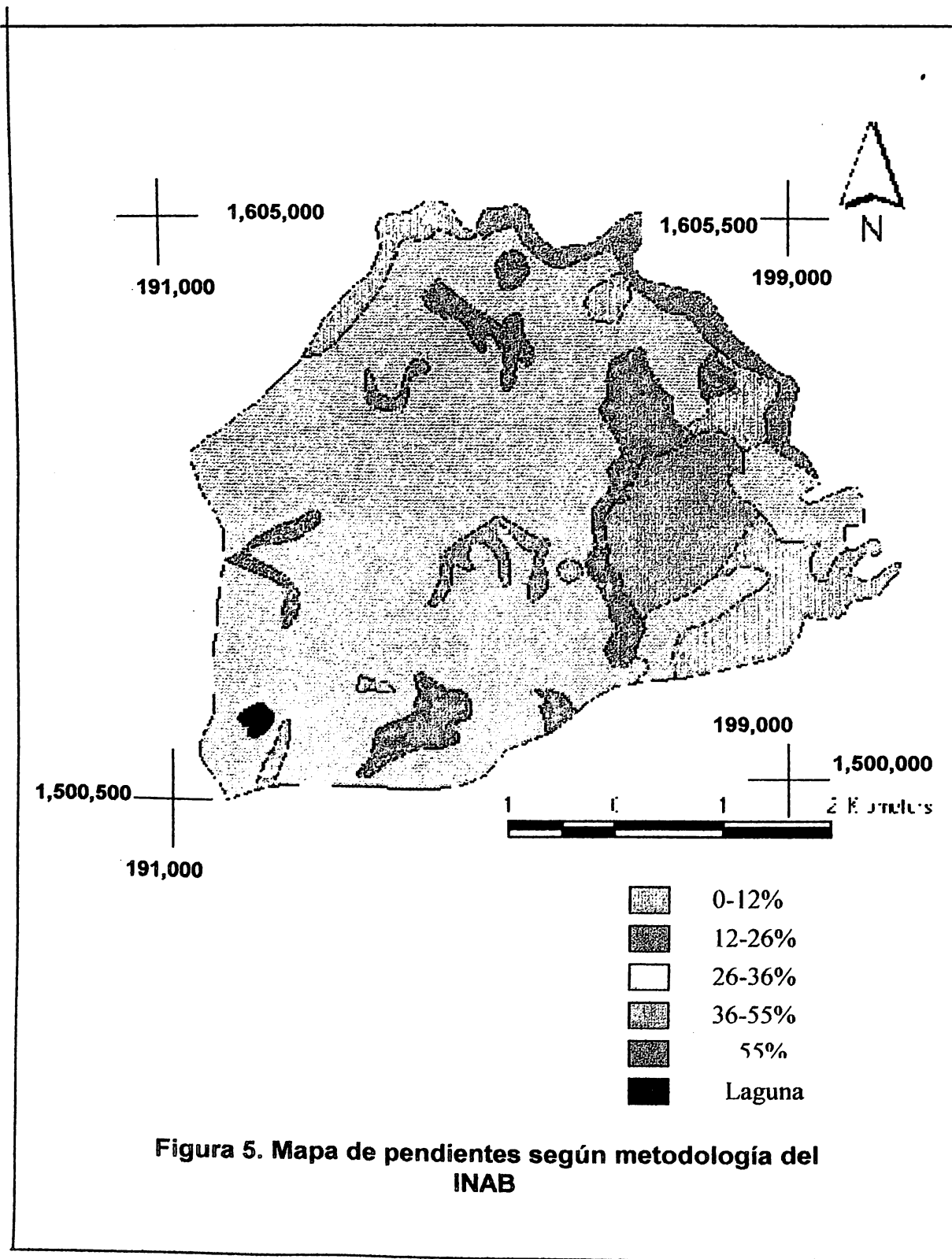
CONCEPTO	CANTIDAD
Equipo de bombeo tipo turbina Nassa Jonson con cabezal de descarga y eje cardan, con motor 125 HP Sistema de filtrado (6 anillos en Tee de 2 pulgadas 150 mesh) para dos pozos.	Q.596,000.00
Materiales y accesorios	Q.937,228.00
Perforación de dos pozos*	Q.544,000.00
Instalación**	Q. 96,000.00
Imprevistos (5%)	Q.108,661.00
TOTAL	Q.2,281,889.00
Beneficiarios	1,421 Habitantes

* Incluye transporte, montaje y desmontaje de equipo, perforación y tubería de 8" diámetro, entubación, ranuración, filtro de grava, sello sanitario de cemento, desarrollo y limpieza, prueba de bombeo, acarreo de agua (500 pies de profundidad).

** Corresponde al valor de mano de obra para la instalación del sistema de riego.

Fuente: Consultoría de Planificación Hidráulica (PLAMAR – MAGA)

En el cuadro 11, se puede observar una estimación aproximada de los costos para implementar agricultura bajo riego del área potencialmente regable (62 hectáreas). Esta investigación únicamente definió técnicamente el área con potencial y aspectos importantes de características de los suelos, aguas. No así la factibilidad económica, por lo que los estudios posteriores serán los que definan datos más puntuales.



7. CONCLUSIONES

- 7.1 El área potencialmente regable es de 62 hectáreas (88.6 manzanas), debido a que no presenta ninguna limitante en cuanto a las características climáticas, edáficas, hidrológicas y topográficas, por lo que la introducción de riego en la región contribuirá al desarrollo de la misma y del país en general.
- 7.2 De acuerdo al estudio de capacidad de uso de la tierra se encuentran suelos ubicados en la clase 1, de la clasificación de tierras para la república de Guatemala, ocupando el 21% del área total, presentando características adecuadas para su uso intensivo en agricultura, de lo cual se aprovecha únicamente el 9%, manteniendo el resto de manera ociosa. De manera que existe un 91% de los suelos clase 1 que actualmente no se aprovecha por falta del recurso agua, por lo que sí se pueden introducir sistemas de riego a la región, ya que la misma tiene vocación y potencial para el desarrollo del mismo.
- 7.3 La fuente principal es el agua subterránea ya que no existe ninguna fuente superficial que pueda ser útil en la región, por lo que es necesario perforar al menos dos pozos mecánicos para irrigar el área con potencial (62 hectáreas). De acuerdo al análisis químico de las dos fuentes de agua corresponden a las clases C2S1 para la fuente 1 y para la fuente 2, corresponde a la clase C1S1, o sea aguas que se consideran adecuadas para su uso en irrigación, ya que no presentan ninguna limitante.
- 7.4 Los sistemas de riego que se proponen y consideran adecuados para la región son: Aspersión y Goteo, debido a las características: topográficas ya que existen pendientes muy pronunciadas, la disponibilidad de agua pues el agua subterránea es la única opción viable y con éstos sistemas existen eficiencias de 75% - 90% respectivamente. También sabemos que éstos métodos pueden ser usados eficientemente con caudales pequeños pero continuos, y usarse en la mayoría de suelos, pendientes y cultivos siempre y cuando estos últimos remuneren el gasto por el riego.

8. RECOMENDACIONES

- 8.1** Proporcionar asistencia técnica crediticia y social para que el proyecto de introducción de riego a la región constituya una alternativa viable para el desarrollo de la comunidad.

- 8.2** Seguir realizando los estudios de factibilidad, para poder determinar si el proyecto es económicamente viable.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. AGUILAR, F. et. al. 1998. Diagnostico Municipal de Santa Catarina Mita. Guatemala, Unidad Técnica Municipal, 150p.
2. BARILLAS ARAGON, C.L. 1993. Estudio de factibilidad de introducción de un sistema de riego por aspersión, en el caserío Chichalum Cantzil, Torlon, Chiantla, Huehuetenango. Investigación Inferencial. EPSA. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 45p.
3. CASTILLO ORELLANA, S. 1989. Análisis y calidad del agua con fines de riego. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. IIA. 108p.
4. CANTO BROL, H.E. et. al. 1994. Estudio de prefactibilidad para la introducción de un sistema de riego por gravedad en la aldea La Unión, Nenton, Huehuetenango. Guatemala, Estudio de Sistemas. EPSA. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 71p.
5. FOTH, H.D. 1985. Fundamentos de la ciencia del suelo. Traducido por: Ing. Antonio Marino Ambrosio. 3 ed. México, Continental. 433p.
6. GITTINGER, J.P. 1987. Análisis económico de proyectos agrícolas. 2 ed. España, Tecnos. 531p.
7. GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR. 1983. Mapa topográfico de la República de Guatemala, hoja cartográfica Laguna de Retana No.2259 - II. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
8. GUATEMALA. INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES, 2000. Manual para la clasificación de tierras por capacidad de uso. Guatemala. 96p.
9. GUATEMALA. MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERIA Y ALIMENTACIÓN. PLAN DE ACCION PARA EL FOMENTO Y LA MODERNIZACION DE LA AGRICULTURA BAJO RIEGO. 1998. Potencial de riego en Guatemala. Agricultura (Gua) 2(3):5-6.
10. GUROVICH, L.A. 1985. Fundamentos y diseño de sistemas de riego. Costa Rica, IICA. Serie de Libros y Materiales Educativos. No.59. 433p.
11. GUTIERREZ RAMIRES, H.R. 1994. Crecimiento urbano y su efecto sobre el uso del suelo y el área boscosa en la subcuenca del río Villalobos, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 75p.
12. HERRERA, I. 1997. Tectónica de placas y geología de Guatemala. In: Curso nacional de Post-Grado. (1., 1997, Guatemala). Criterios para recomendar el manejo de la fertilidad del suelo. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. p. 25-57

13. HERRERA DE LEON, E.M. 1980. Estudio de introducción de riego y diseño del sistema factible para la finca Bulbuxya, de la Facultad de Agronomía, USAC. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 80p.
14. LOPEZ RODRÍGUEZ, M.N. 1999. Planificación y diseño de riego a presión por medio de un sistema gravedad-aspersión, para el caserío El Corinto, Ixmiqui, Cuilco, Huehuetenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 97p.
15. MOTTA DE PAZ, C.R. 1977. Algunos criterios técnicos sobre la operación de la unidad de riego Laguna del Hoyo. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 88p.
16. PASCUAL ESPAÑA, B. 1990. El riego. Principios y prácticas. Valencia, Universidad Politécnica 20p.
17. ROMERO ORELLANA, F.R. 1998. Determinación de las áreas regadas y potencialmente regables, con fines de diseño de un sistema de riego en la cuenca del río Itzapa, San Andrés Itzapa, Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 61p.
18. SAPAG CHAIN, N.; SAPAG, R. 1989. Preparación y evaluación de proyectos. 2 ed. Colombia, Latinoamericana. p.25-74.
19. SANDOVAL ILLESCAS, J. E. 1977. Diseño de dos sistemas de riego (aspersión y goteo) para el campo experimental de la Facultad de Agronomía. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, 75p.
20. ————1989. Principios de riego y drenaje. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 345p.
21. SIMMONS, CH.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. Por Pedro Tirano Sulsona. Guatemala, Ed. José Pineda Ibarra. p.395 -443.
22. SOLORZANO HERNANDEZ, J.I. 1983. Estudio de factibilidad para la introducción de riego en el Valle Chuya. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 77p.
23. TARASENA HERNÁNDEZ, J.J. 1999. Determinación de la disponibilidad del recurso hídrico subterráneo y propuestas de políticas y estrategias de uso en la cuenca del río Itzapa del departamento de Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de Guatemala, Facultad de Agronomía. 81p.
24. TARJUELO J.M. 1994. El riego por aspersión y su tecnología. España, Ediciones Mundi-Prensa. 491p.

25. TELLO CANO, C.E. 1,978. Lineamientos generales para la identificación selección y planificación de áreas de riego. Tesis Ing.Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 154p.
26. VERAS PLATEROS, J.S. 1,993. Estudio de la capacidad de uso en las comunidades de Arloroma y Azucenas, Jalapa. Investigación Inferencial. EPSA. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 40p.

10.130.
Petualle



10. APENDICES

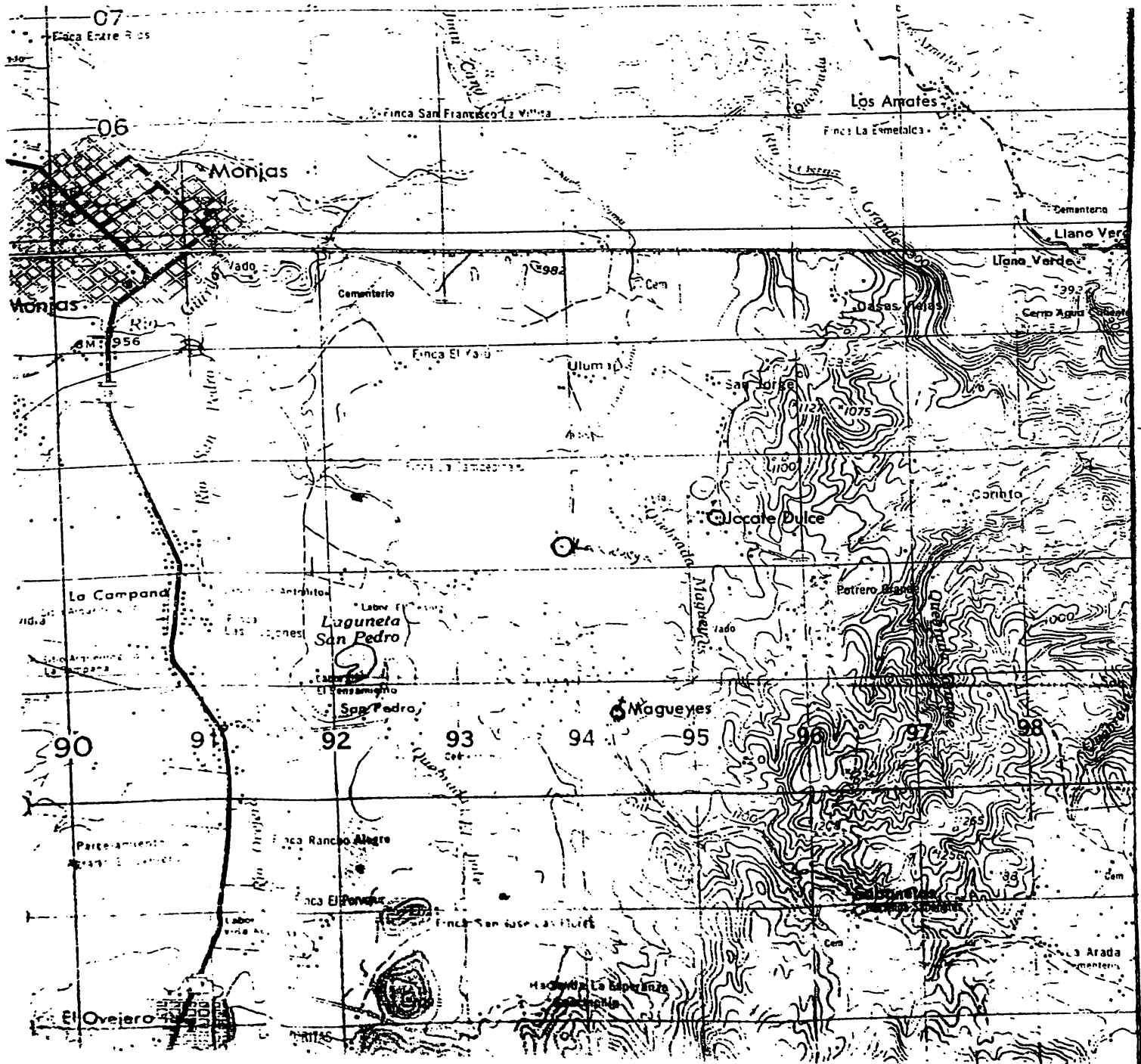


Figura 6A. Localización cartográfica del área en estudio

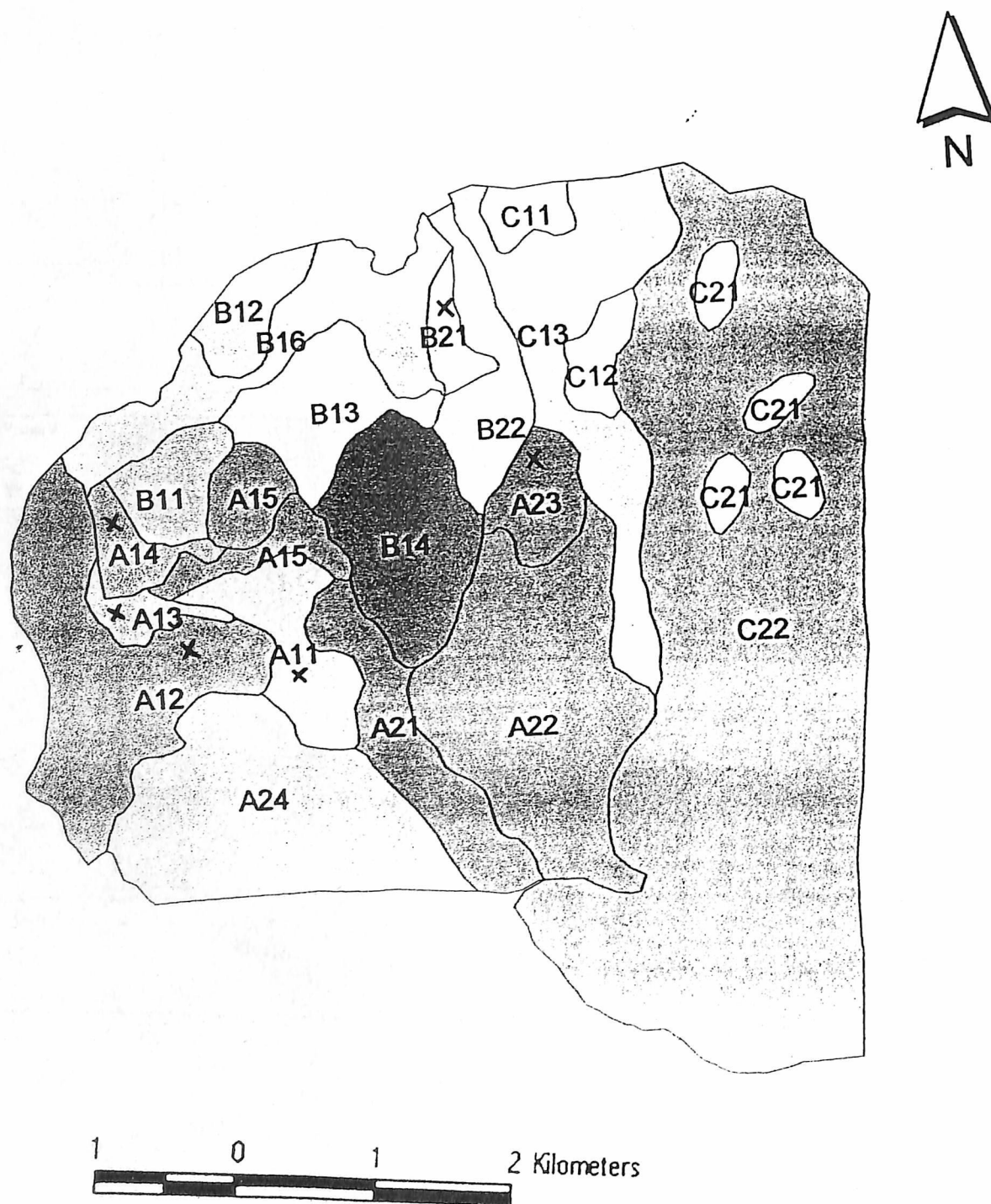
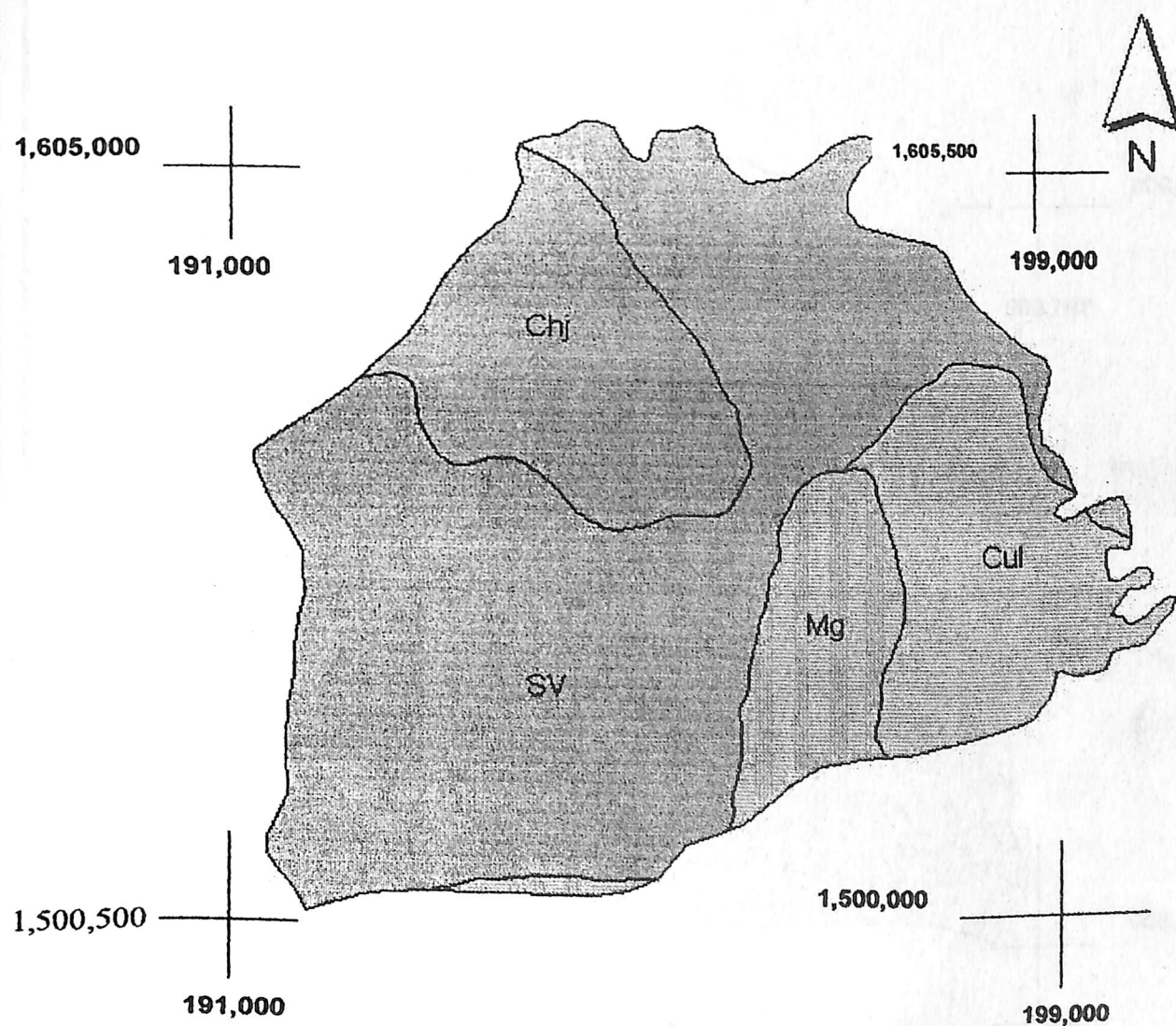


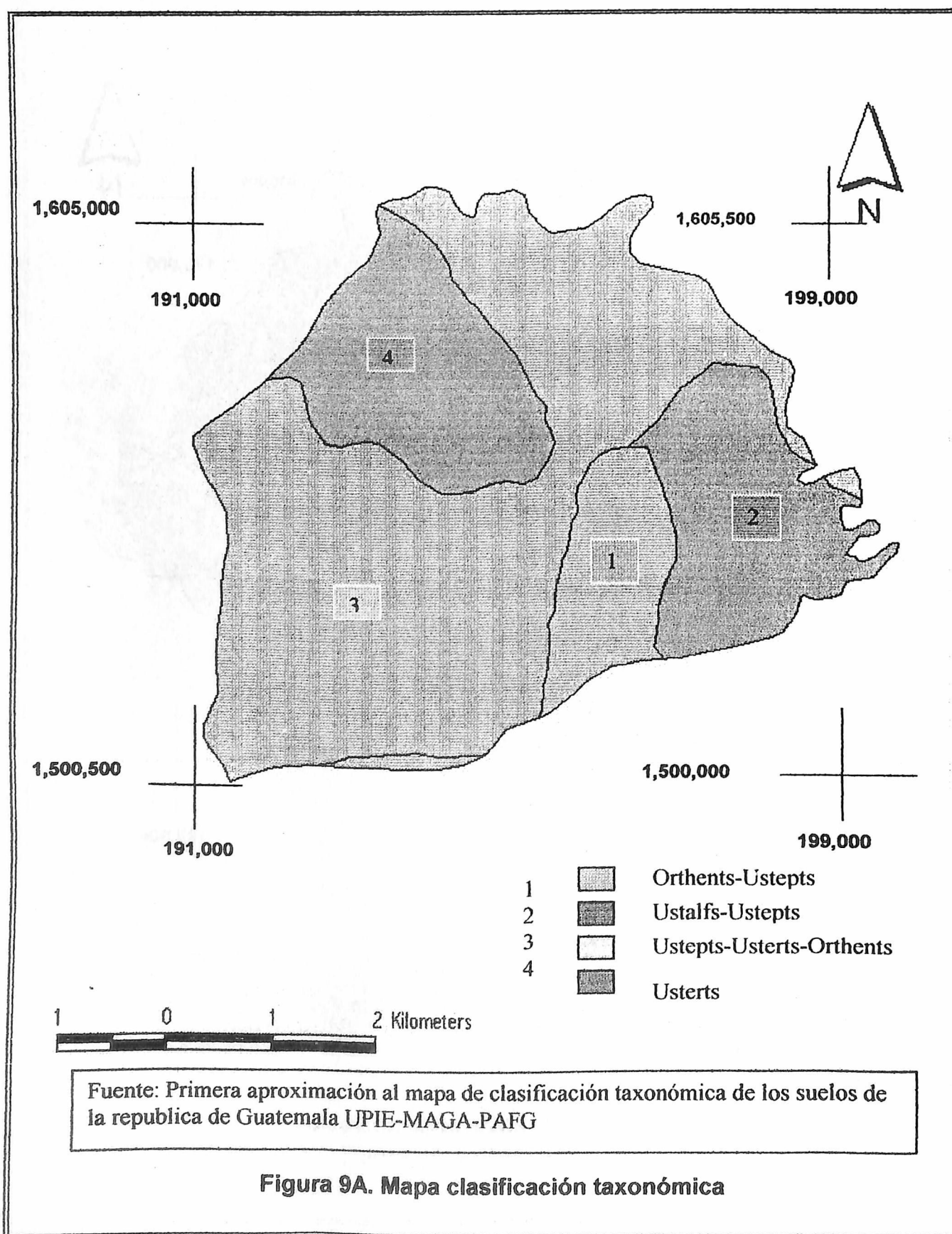
Figura 7A. Análisis fisiográfico – paisajista mostrando puntos de muestreo



Fuente: Simmons, Tárano y Pinto
 Mapa de Reconocimiento de Series de Suelos de la
 República de Guatemala.
 Escala 1:250,000

Culma (Cul)
 Chicaj (Chj)
 Mongoy (Mg)
 Suelos de los Valles (SV)

Figura 8A. Mapa serie de suelos



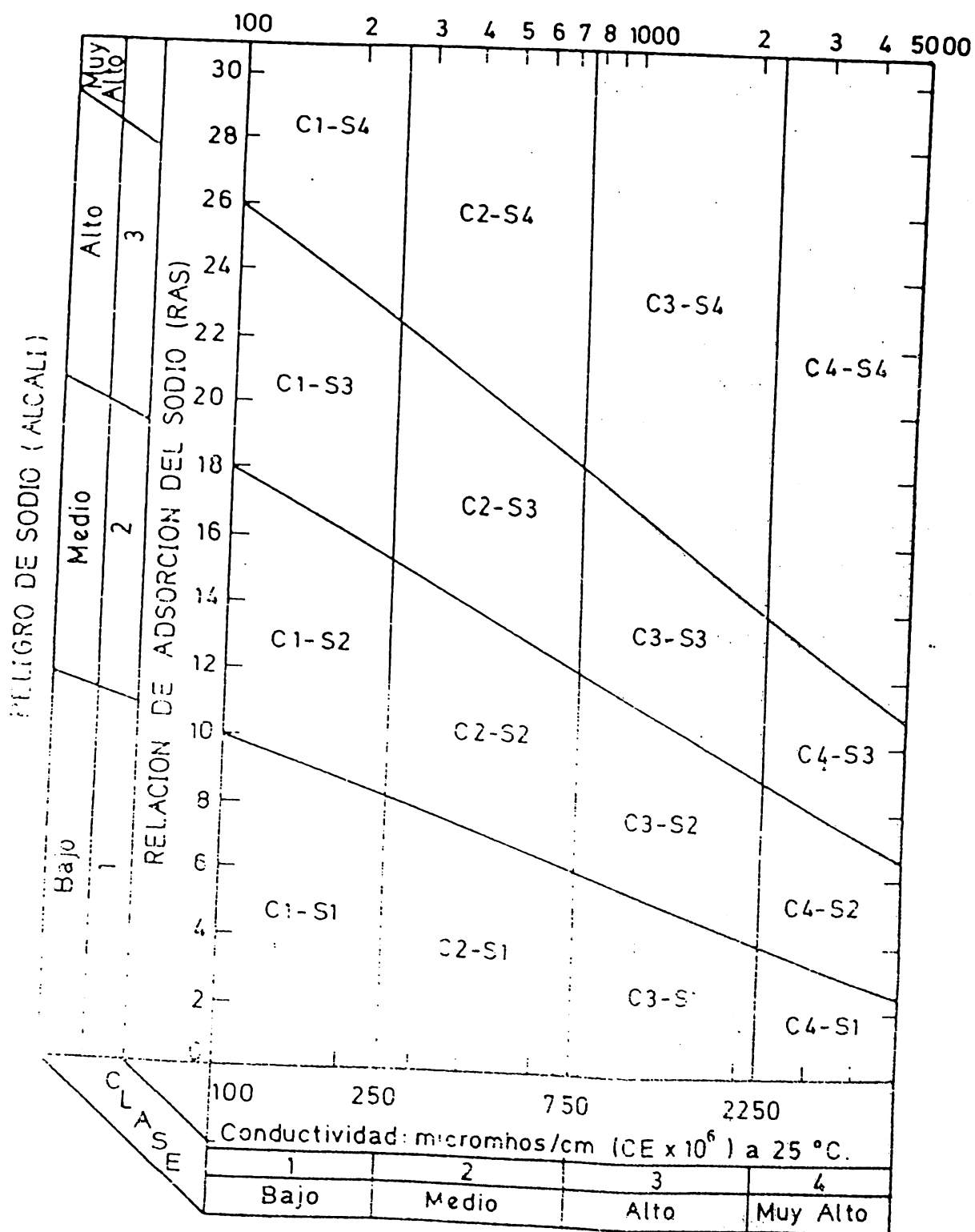


Figura 9A. Diagrama para la clasificación de aguas para riego

Comunidad: Jocote Dulce Municipio: Sta. Catarina Mita Depto: Jutiapa

Población año 1,995: 734 Habitantes. Población año 2,017: 1,245 Habitantes.

Nombre del nacimiento: Pozo

Altura del nacimiento con respecto a la comunidad: - 36.6 Mts.

Sistema de distribución: Conexiones (X), Llenacántaros (.

Dotación : 100 Lts. / Hab. / Día.

Q Medio: 1.50 Lts. / Seg.

Q Día max. = 1.5 Q Medio: 2.25 Lts. / Seg.

Q Hora max. = 2.0 Q Medio: 3.00 Lts. / Seg.

Q Bombeo = 1.50 Q Medio x 24/8: 6.75 Lts. / Seg.

Vol. Tanque distribución = 0.3 Q Medio x 86.4: 40 M3.

Longitud tubería de conducción: 2,000 Mts.

Longitud red de distribución: 5,000 Mts.

Diámetro línea de conducción: 4 Pulgadas.

Diámetro red de distribución: 2,000 (3") + 3,000 (2") Pulgadas.

Diámetro de pozos perforados: 8 Pulgadas.

Profundidad de pozo perforado: 120 Pies.

Nivel estático: 60 Pies.

Nivel dinámico: 100 Pies.

HF = $Q \frac{(1.85) \times K' \times L}{1,000}$ 14.8 Mts.

HP = $Q \frac{(G. P. M.) \times H'}{3,960 \times \text{eficiencia.}}$ 15 H.P.

COSTOS

Captación:	Q	40,000	Quetzales.
Equipo de bombeo:	Q	60,000	Quetzales.
Tanque de distribución = Q500 x vol. Tanque:	Q.	20,000.00	Quetzales.
Tubería de conducción :	Q.	90,000.00	Quetzales.
Tubería de distribución :	Q.	94,110.00	Quetzales.
Transporte local :	Q.	1,000.00	Quetzales.
Conexiones domiciliarias :	Q.	28,000.00	Quetzales.
Zanjeo = 1 Q Mts. Long. de tubería :	Q.	7,000.00	Quetzales.
Relleno = 0.5 Q Mts. Long. De tubería :	Q.	3,500.00	Quetzales.
Imprevistos :	Q.	26,390.00	Quetzales.
Costo total :	Q.	370,000.00	Quetzales.

Cuadro 12A. Perfil de proyecto de agua potable Jocote Dulce

REGION FISIOGRAFICA	ZONA BIOCLIMATICA	GRAN PAISAJE	PAISAJE	SUB-PAISAJE: HUMEDAD DEL SUELO	CODIGO
TIERRAS ALTAS VOLCANICAS	BOSQUE SECO SUBTROPICAL	VALLE ALUVIAL DE MONJAS	VALLE A1	ALTA	A14
				BUENA	A13
				MODERADA	A11
				BAJA	A12
				ALTA	A23
				BUENA	A21
		TERRAZA A2		BAJA	A22
				BUENA HUMEDAD	B15
				BAJA HUMEDAD	B16
				TALUD INFLUENCIA ALUVIAL	B12
				COMPLEJO VOLCANICO	B14
				CERRO	B11
		COMPLEJO VOLCANICO CUATERNARIO	COLINAS B1	COMPLEJO VOLCANICO	B13
				BUENA HUMEDAD	B21
				BAJA HUMEDAD	B22
			PIE DE MONTE B2	BUENA HUMEDAD	C11
				MODERADA HUMEDAD	C12
				BAJA HUMEDAD	C13
		RELIEVE MONTAÑOSO DEL TERCARIO	TERRAZA C1	CIMAS	C21
				LADERAS	C22

Cuadro 13A. Análisis fisiográfico - paisajista

Lat. Norte	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
14°	7.08	7.39	8.43	8.44	8.90	8.73	8.99	8.79	8.25	8.28	7.85	8.04
15°	7.94	7.37	8.44	8.45	8.94	8.80	9.03	8.83	8.27	8.28	7.75	7.88
16°	7.94	7.30	8.42	8.46	8.98	8.83	9.07	8.85	8.28	8.24	7.72	7.90

Cuadro 14A. Porcentaje de horas – luz o insolación en el día para cada mes del año, en relación al número total en un año

CULTIVOS	Zona costera	Zona árida
Alfalfa	0.80	0.85
Trébol	0.80	0.85
Praderas	0.75	0.85
Trigo, cebada, avena	0.75	0.85
Maíz	0.75	0.85
Sorgo	0.70	0.80
Arroz	1.00	1.20
Remolacha azucarera	0.65	0.75
Tabaco	0.70	0.80
Algodón	0.60	0.70
Patata	0.65	0.75
Tomate	0.65	0.75
Judías	0.60	0.70
Plantas de huerta	0.60	0.70
Frutales	0.60	0.70
Agrios	0.50	0.65

Cuadro 15A. Promedio anual de los valores de K para diversos cultivos (según BLANEY & CRIDDELE).

CLASE 2- ARABLE**1. Textura****2. Profundidad**

a. A la arena, grava o guijarro

b. Al esquisto o material impermeable
(15 cm menos en cada caso a la
roca o material similar)

c. A la zona caliza penetrable

3. Alcalinidad...**4. Salinidad...****5. Pendientes****6. Superficie**

7 Cobertura (rocas sueltas y vegetación. su costo es moderado.

8. Suelo y topografía**CARACTERÍSTICAS DE LA TIERRA
SUELO**

Areno francoso a arcilla muy permeable
60 cm o más de suelo fácil de trabajar de
franco arenoso fino o más pesado; o 75 y
90 cm de franco arenoso o areno francoso
respectivamente.

120 cm o más o 105 cm con un mínimo de 15
cm de grava sobre el material impermeable o
areno francoso en toda su extensión.

35 cm sobre 120 cm de caliza penetrable.

pH 9.0 o menor, a menos que el suelo sea
calcáreo, el contenido de sales bajo y no exista evidencia
de álcali negro.

El contenido total de sales no debe exceder de
0.5%. Puede ser más alto en suelos abiertos y de
bajo buenas condiciones de drenaje.

TOPOGRAFÍA

Declives suaves pueden llegar a tener hasta 8%
de pendiente general en grandes extensiones y en
el mismo plano. Se admite solamente el 4% en
declives irregulares.

Se requieren moderadas nivelaciones, pero en
cantidades tales, que puedan hacerse a un razonable
costo en comparación a áreas regadas.

Suficiente para reducir la productividad e interferir las
prácticas culturales. Requieren limpiezas, pero

su costo es moderado.

DRENAJE

Las condiciones de suelo y topografía hacen
necesarias algunas prácticas de drenaje pero con
labores de mejoramiento por medios artificiales.

CLASE 3- ARABLE**CARACTERÍSTICAS DE LA TIERRA****SUELO**

Areno francoso a arcilla muy permeable

45 cm o más de suelo fácil de trabajar de franco arenoso fino o más pesado; o 60 8 75 cm de franco arenoso o areno francoso uniforme.

105 cm o más; o 90 cm con un mínimo de 15 cm de grava sobre el material impermeable o areno francoso a través de toda su extensión.

25 cm sobre 90 de caliza penetrable

pH 9.0 o menor a menos que el suelo sea calcáreo, el contenido, total de sales es bajo y no existe evidencia de la presencia de álcali negro.

El contenido total de sales no excede de 0.5%.

Puede ser mayor en suelos abiertos permeables y bajo buenas condiciones de drenaje

TOPOGRAFÍA

Se admite hasta un 12% en superficies planas; en superficies más irregulares se admite solamente menos de 8%.

Son necesarias pesadas y costosas nivelaciones por sectores, pero realizables en comparación con áreas regadas.

Su presencia requiere tratamientos de Limpieza

7. Cobertura (piedras sueltas y vegetación) costosos, pero justificables económicamente.

DRENAJE

Por las condiciones del suelo y la topografía se hace necesaria la construcción de costosos drenajes, pero a un costo justificable.

1. Textura

2. Profundidad

a. A la arena, grava o guijarro

b. Al esquisto o material impermeable
(15 cm menos en cada caso a la roca o material similar>

c. A la zona caliza penetrable

3. Alcalinidad

4. Salinidad

5. Pendientes...

6. Superficie...

8. Suelo y topografía

Clase 4. ARABLE LIMITADA

Comprende las tierras que tienen excesivas deficiencias y utilidad restringida, pero con estudios especiales de carácter económico y de ingeniería, se ha demostrado que son regables.

Clase 5. NO ARABLE

Incluye aquellas tierras que requieren estudios adicionales, económicos y de ingeniería, para determinar su regabilidad y las tierras, clasificadas como temporalmente no productivas en espera de la construcción de obras correctivas y de mejoramientos.

Clase 6. NO ARABLE

Incluye todas las tierras que no cumplen con los requisitos mínimos para incluirlas en la siguiente categoría superior de tierra en un determinado estudio y, pequeñas áreas de tierras arables que se encuentren en extensiones grandes de tierra no arables.

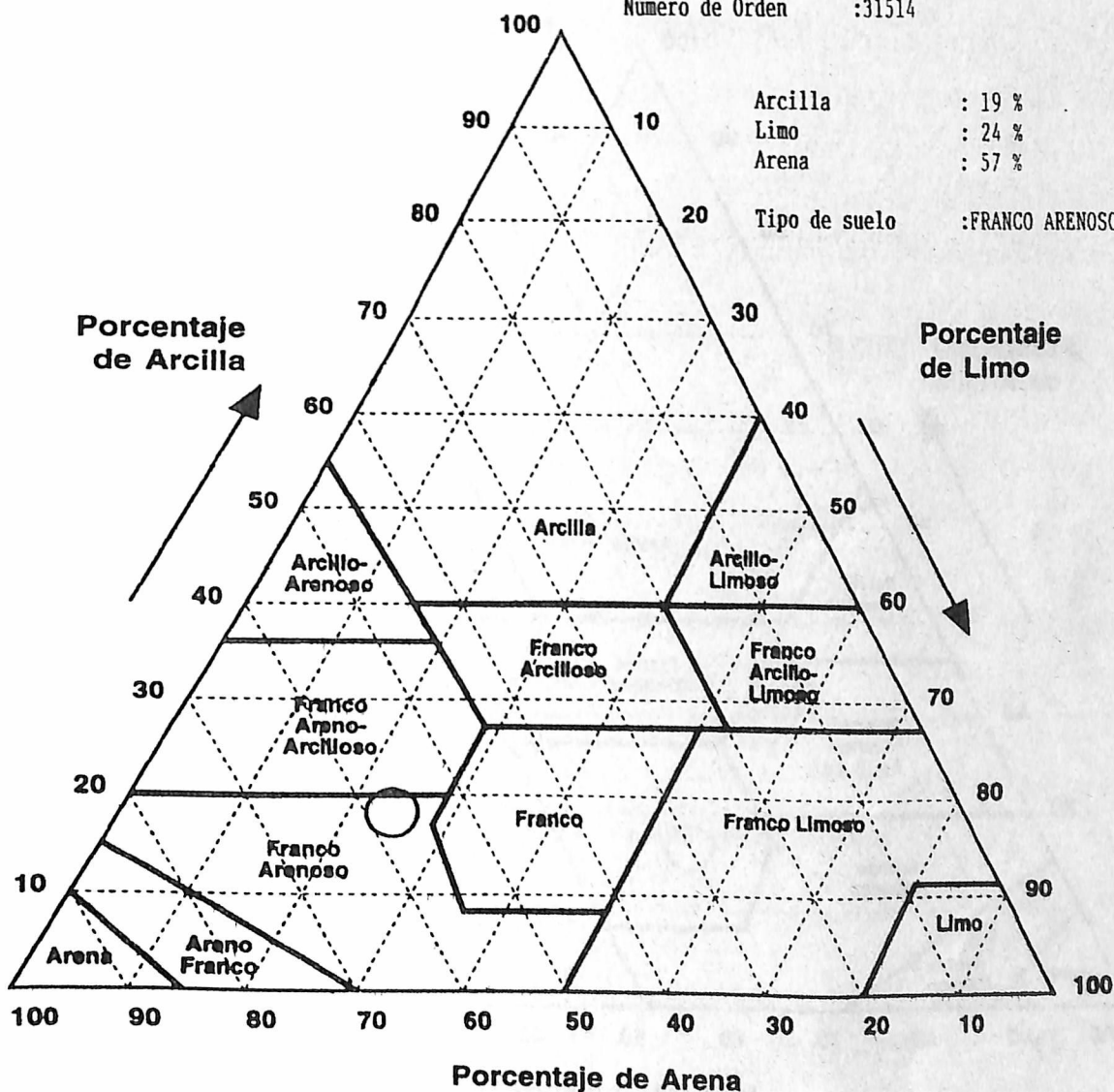


Triángulo de Texturas

Referencia agri-lab :01.03.27.01.10

Referencia Cliente :MUESTRA A

Número de Orden :31514



METODOLOGIA UTILIZADA

Dispersión de partículas con hexametáfosfato de sodio y carbonato de sodio (Calgón).
Determinación por diferencia de densidades con hidrómetro.

Con base en:

- Black, C.A. et.al. Methods of Soil Analysis. 1969. American Society of Agronomy Inc.
Publisher Madison Wisconsin, U.S.A.

Revisado:

Coordinador de Calidad

Página 1/1

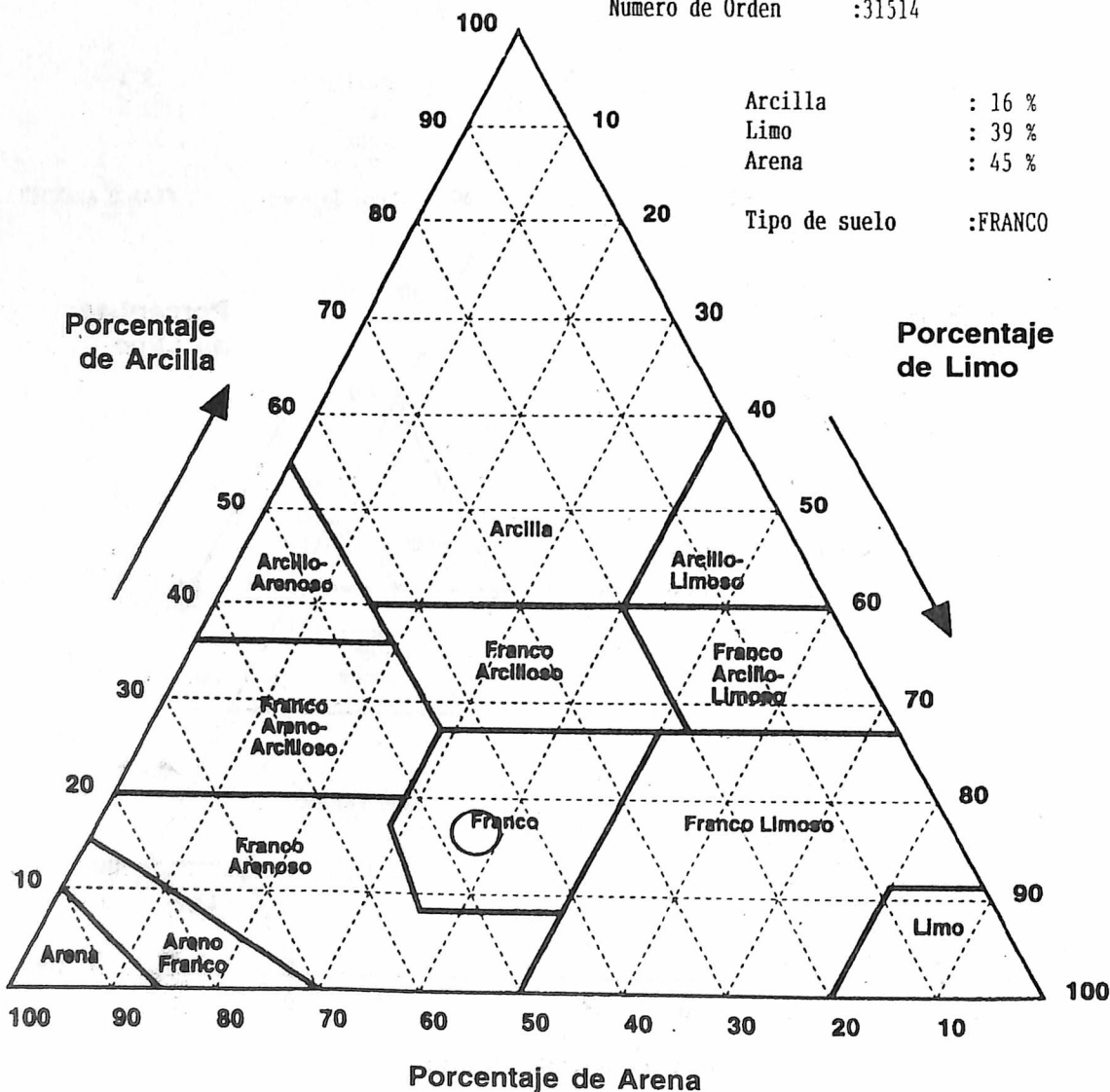
Los resultados del informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio. La reproducción parcial del mismo deberá ser aprobada por escrito por Soluciones Analíticas.

Triángulo de Texturas

Referencia agri-lab :01.03.27.01.11

Referencia Cliente :MUESTRA B

Número de Orden :31514



METODOLOGIA UTILIZADA

Dispersión de partículas con hexametáfosfato de sodio y carbonato de sodio (Calgón).
Determinación por diferencia de densidades con hidrómetro.

Revisado:

Coordinador de Calidad

Con base en:

- Black, C.A. et.al. Methods of Soil Analysis. 1969. American Society of Agronomy Inc.
Publisher Madison Wisconsin, U.S.A.

Página 1/1

Los resultados del informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio. La reproducción parcial del mismo deberá ser aprobada por escrito por Soluciones Analíticas.



Triángulo de Texturas

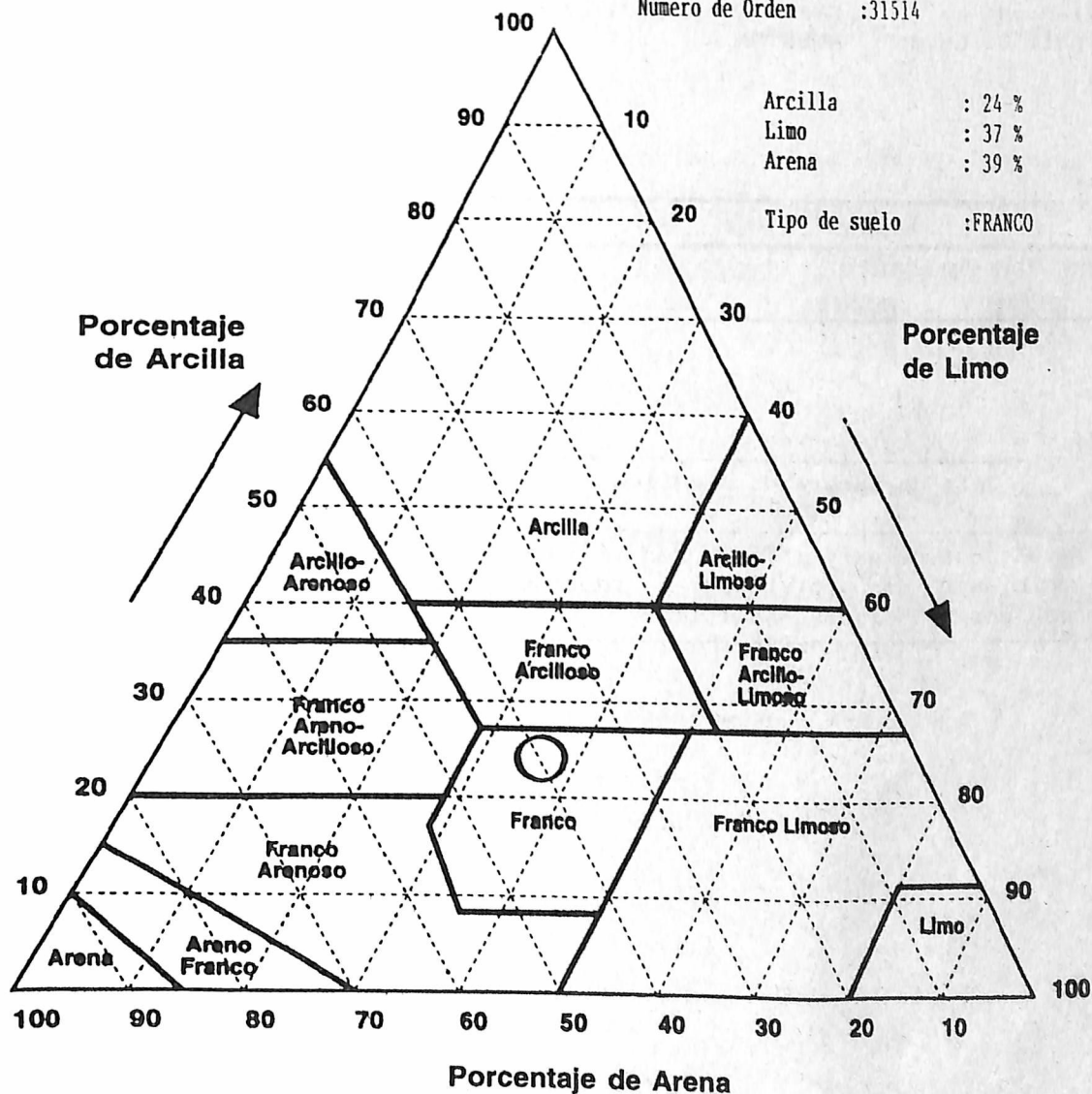
Referencia agri-lab : 01.03.27.01.13

Referencia Cliente : MUESTRA C

Número de Orden : 31514

Arcilla : 24 %
Limo : 37 %
Arena : 39 %

Tipo de suelo : FRANCO



METODOLOGIA UTILIZADA

Dispersión de partículas con hexametáfosfato de sodio y carbonato de sodio (Calgón).
Determinación por diferencia de densidades con hidrómetro.

Con base en:

- Black, C.A. et.al. Methods of Soil Analysis. 1969. American Society of Agronomy Inc.
Publisher Madison Wisconsin, U.S.A.

Revisado:

Coordinador de Calidad

Página 1/1

Los resultados del informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio. La reproducción parcial del mismo deberá ser aprobada por escrito por Soluciones Analíticas.

INFORME DE ANALISIS DE DENSIDAD APARENTE

Cliente:	ARTHURO MEDINA	Número de orden:	31514
Persona Responsable:	ARTHURO MEDINA	Código de muestra:	01.03.27.01.14
Finca:	PROYECTO MINI-RIEGO	Fecha de ingreso:	27/03/2001
Localización:	STA. CATARINA MITA/JUTIAPA	Fecha del informe:	29/03/2001
Referencia Cliente:	MUESTRA A		

ELEMENTO		
Densidad Aparente	1.2216	g/cc

Revisado :


Jefe de Laboratorio Agrícola

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio. La reproducción parcial del mismo deberá ser aprobada por Soluciones Analíticas.

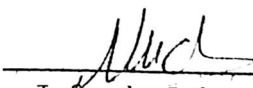


INFORME DE ANALISIS DE DENSIDAD APARENTE

Cliente:	ARTHURO MEDINA	Número de orden:	31514
Persona Responsable:	ARTHURO MEDINA	Código de muestra:	01.03.27.01.15
Finca:	PROYECTO MINI-RIEGO	Fecha de ingreso:	27/03/2001
Localización:	STA. CATARINA MITA/JUTIAPA	Fecha del informe:	29/03/2001
Referencia Cliente:	MUESTRA B		

ELEMENTO		
Densidad Aparente	1.2610	g/cc

Revisado :


Jefe de Laboratorio Agrícola

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio. La reproducción parcial del mismo deberá ser aprobada por Soluciones Analíticas.

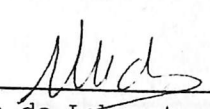


INFORME DE ANALISIS DE DENSIDAD APARENTE

Cliente:	ARTHURO MEDINA	Número de orden:	31514
Persona Responsable:	ARTHURO MEDINA	Código de muestra:	01.03.27.01.16
Finca:	PROYECTO MINI-RIEGO	Fecha de ingreso:	27/03/2001
Localización:	STA. CATARINA MITA/JUTIAPA	Fecha del informe:	29/03/2001
Referencia Cliente:	MUESTRA C		

ELEMENTO		
Densidad Aparente	0.8943	g/cc

Revisado :


Jefe de Laboratorio Agrícola

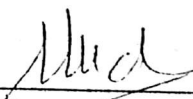
Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio. La reproducción parcial del mismo deberá ser aprobada por Soluciones Analíticas.



INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

Cliente:	ARTHURO MEDINA	Número de orden:	31514
Persona Responsable:	ARTHURO MEDINA	Código de muestra:	01.03.27.01.17
Finca:	PROYECTO MINI-RIEGO	Fecha de ingreso:	27/03/01
Localización:	STA. CATARINA MITA/JUTIAPA	Fecha del informe:	02/04/01
Referencia Cliente:	MUESTRA A		
Cultivo:	TOMATE		

PARAMETRO		VALOR	
Materia Orgánica	(M.O.)	1.83	%

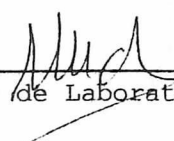
Revisado: 
Jefe de Laboratorio Agrícola

Los resultados del informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio. La reproducción parcial del mismo deberá ser aprobada por escrito por Soluciones Analíticas.

INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

Cliente:	ARTHURO MEDINA	Número de orden:	31514
Persona Responsable:	ARTHURO MEDINA	Código de muestra:	01.03.27.01.18
Finca:	PROYECTO MINI-RIEGO	Fecha de ingreso:	27/03/01
Localización:	STA. CATARINA MITA/JUTIAPA	Fecha del informe:	02/04/01
Referencia Cliente:	MUESTRA B		
Cultivo:	SANDIA		

PARAMETRO		VALOR	
Materia Orgánica	(M.O.)	2.39	%

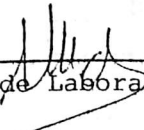
Revisado: 
Jefe de Laboratorio Agrícola

Los resultados del informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio. La reproducción parcial del mismo deberá ser aprobada por escrito por Soluciones Analíticas.

INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

Cliente:	ARTHURO MEDINA	Número de orden:	31514
Persona Responsable:	ARTHURO MEDINA	Código de muestra:	01.03.27.01.19
Finca:	PROYECTO MINI-RIEGO	Fecha de ingreso:	27/03/01
Localización:	STA. CATARINA MITA/JUTIAPA	Fecha del informe:	02/04/01
Referencia Cliente:	MUESTRA C		
Cultivo:	MAIZ DULCE		

PARAMETRO		VALOR	
Materia Orgánica	(M.O.)	4.75	%

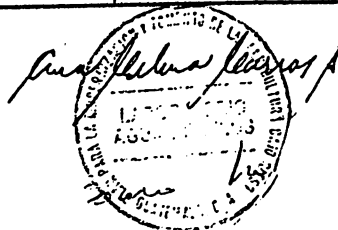
Revisado: 
Jefe de Laboratorio Agrícola

Los resultados del informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio. La reproducción parcial del mismo deberá ser aprobada por escrito por Soluciones Analíticas.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERIA Y ALIMENTACIÓN
PLAN DE ACCION PARA LA MODERNIZACION Y FOMENTO DE LA
AGRICULTURA BAJO RIEGO
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO

INTERESADO: CARLOS FLORES AUCEDA
PROCEDENCIA: SANTA CATARINA MITA
PROYECTO MINIRIEGO

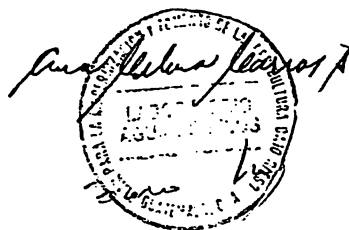
IDENTIFICACION	% Humedad	
	1 / 3	15
A. Tomate	22.62	11.18
B. Sandía	23.55	6.15
C. Tabaco	21.18	11.25
D. Brócoli	37.61	21.10
E. Pasto	27.18	16.89
F. Maíz dulce	39.37	25.59



MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERIA Y ALIMENTACIÓN
PLAN DE ACCION PARA LA MODERNIZACION Y FOMENTO DE LA
AGRICULTURA BAJO RIEGO
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO

INTERESADO: CARLOS FLORES AUCEDA
PROCEDENCIA: SANTA CATARINA MITA
PROYECTO MINIRIEGO

IDENTIFICACION	Densidad Aparente	Materia Orgánica	Clase textural	Arcilla	Limo	Arena
D. Brócoli	1.2024	2.43	Arcillo- Arenoso	38	10	50
E. Pasto	1.0925	1.93	Arcilloso	50	26	22
F. Maíz dulce	1.0000	3.22	Arcilloso	55	18	55





FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGRONOMICAS

LA TESIS TITULADA: "ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA INTRODUCCION DE RIEGO
EN LA ALDEA JOCOTE DULCE, SANTA CATARINA MITA, JUTIAPA".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: ROLANDO ARTURO MEDINA SANDOVAL

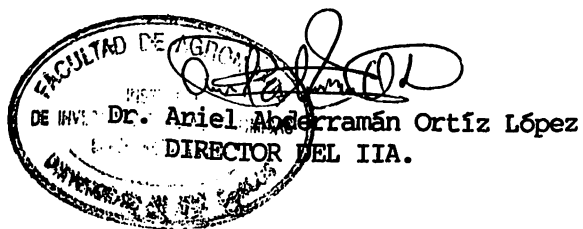
CARNET No: 9540810

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Iván Dimitri Santos Castillo
Ing. Agr. David Haroldo Juárez Quim

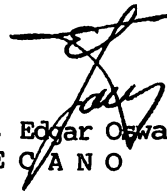
Los Asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha
cumplido con las Normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía
de la Universidad de San Carlos de Guatemala.


Ing. Agr. Pedro Peláez Reyes
A S E S O R


Ing. Agr. Carlos Flores Auceda
A S E S O R



I M P R I M A S E


Ing. Agr. M.Sc. Edgar Oswaldo Franco Rivera
D E C A N O



cc:Control Académico
IIA.
Archivo
AO/prr.

APARTADO POSTAL 1545 § 01091 GUATEMALA, C.A.

TEL/FAX (502) 476-9794

e-mail: liusac.edu.gt § <http://www.usac.edu.gt/facultades/agronomia.htm>