

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

**COMPARACION DE METODOLOGIAS DE CAPACIDAD DE USO
DE LA TIERRA EN LA CUENCA DEL RIO ITZAPA,
CHIMALTENANGO.**

TESIS

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

POR

RODOLFO ESTUARDO VELIZ ZEPEDA

en el acto de investidura como

INGENIERO AGRONOMO

EN

RECURSOS NATURALES RENOVABLES

EN EL GRADO ACADEMICO

DE LICENCIADO

Guatemala, Noviembre de 1,996.

**PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central**

01
T(1657)
C. 4

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA**

RECTOR

Dr. JAFETH ERNESTO CABRERA FRANCO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

**DECANO
VOCAL I
VOCAL II
VOCAL III
VOCAL IV
VOCAL V
SECRETARIO**

**Ing. Agr. Rolando Lara Alecio
Ing. Agr. Juan José Castillo Mont
Ing. Agr. William Roberto Escobar López
Ing. Agr. Carlos Roberto Motta de Paz
P.A. Henry Estuardo España Morales
Bach. Mynor Joaquín Barrios Ochaeta
Ing. Agr. Guillermo Edilberto Méndez Beteta**

Guatemala,
Noviembre de 1,996.

Honorable Junta Directiva
Honorable tribunal examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetados señores:

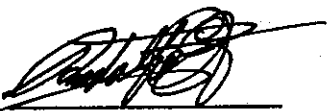
De conformidad con las normas establecidas en la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

"COMPARACION DE METODOLOGIAS DE CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA EN LA CUENCA DEL RIO ITZAPA, CHIMALTENANGO".

Trabajo que presento como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciado.

A la espera de una resolución favorable me despido de ustedes.

Atentamente,



Rodolfo Estuardo Véliz Zepeda

ACTO QUE DEDICO

A

DIOS:

Por su bondad infinita

MI ABUELA: Andrea López Vda.
de Véliz y a mis tías María del
Carmen Véliz y Lilian Elizabeth
Véliz

Por haberme educado dándome
ejemplo de esfuerzo y abnegación

MIS PADRES: Rodolfo Véliz López
y Elidia Zepeda.

Por sus consejos y apoyo en general

MI HERMANA: Silvia Rebeca
Véliz Zepeda

Por su incondicional apoyo y
ejemplo de superación

MI TIO: Mario Augusto Véliz
López

Por encaminarme a reconocer a
Jesucristo como mi señor y Salvador

MI CUÑADO: Dr. Jorge Alexander
Walter García

Por su ayuda e incondicional
amistad

**TODOS MIS TIOS, HERMANOS
Y PRIMOS**

Con aprecio y respeto

**TODOS MIS AMIGOS Y
HERMANOS EN JESUCRISTO,**
especialmente a Sergio López, Jorge
Galindo, Gustavo Martínez, Juan
Carlos Hernández, Mynor Avila,
Sergio Castillo, Julio Villatoro,
Francisco Recinos, Mynor Ramírez,
Barbara Vásquez, Nancy Marroquín,
Evelyn Paredes, Zulma García y a
los esposos Mayra y David.

Por la común esperanza que nos
une.

TESIS QUE DEDICO

A

GUATEMALA

Por su riqueza en recursos naturales

MI PUEBLO, SAN CRISTOBAL
VERAPAZ, ALTA VERAPAZ

Por su belleza natural

ESCUELA DE VARONES DE LA
VILLA DE SAN CRISTOBAL
VERAPAZ

Por forjar en mí el deseo de estudiar

INSTITUTO NORMAL MIXTO
DEL NORTE EMILIO ROSALES
PONCE DE COBAN ALTA
VERAPAZ

Por la valiosa educación secundaria
que brinda en las verapaces.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

Por su liderazgo en la educación
superior.

FACULTAD DE AGRONOMIA
DE LA UNIVERSIDAD DE SAN
CARLOS

Por ser ejemplo de búsqueda de la
excelencia académica y
administrativa.

MIS COMPAÑEROS DE LA
CARRERA DE RECURSOS
NATURALES RENOVABLES:
Horacio Samayoa, Horacio Ramírez,
Edwin Sánchez, Guillermo Santos,
Efraín Morales, Ana René Abril,
Marta Gloria López.

Por su ineludible propósito de
lograr la meta

MI AMIGO Y HERMANO EN
JESUCRISTO, Byron Yuri Medina
Fernández

Por su valiosa ayuda y orientación
en el inicio de la carrera.

AGRADECIMIENTOS

SINCEROS AGRADECIMIENTOS A:

Ing. Agr. Msc. Hugo A. Tobías V. e Ing. Agr. Msc. Sergio Velázquez, por su asesoría en la realización de este trabajo de tesis.

Ing. Agr. Msc. Edgar Martínez Tambito, por su colaboración en la etapa de análisis estadístico de esta investigación.

Arquitecto Carlos Orozco por su desinteresada orientación en el manejo del programa IDRISI.

Instituto de Investigaciones Agronómicas y a los integrantes del proyecto de la cuenca del río Itzapa, especialmente al compañero Guillermo Santos por su ayuda en la etapa de campo de esta investigación.

La información presentada en esta tesis pertenece al proyecto "INVESTIGACION BASICA PARA LA PLANIFICACION DE LA CUENCA DEL RIO ITZAPA", del Instituto de Investigaciones Agronómicas de la Facultad de Agronomía y la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

INDICE GENERAL

<u>CONTENIDO</u>	<u>PAGINA</u>
RESUMEN	ix
1. INTRODUCCION	1
2. JUSTIFICACION	2
3. MARCO TEORICO	3
3.1 MARCO CONCEPTUAL	3
3.1.1 Tecnología para el estudio de la tierra	3
A) Objetivos del estudio de la tierra	3
B) Sistemas de Información Geográfica	3
3.1.2 Capacidad de uso de la tierra	9
3.1.3 Clasificación de Suelos y Tierras	9
3.1.4 Sistema de clasificación de la capacidad de uso de las tierras del Centro Científico Tropical (CCT) de Costa Rica	11
A) Clases de capacidad de uso	11
B) Sistemas de Manejo Tecnológico	12
C) Parámetros de evaluación	13
D) Factores limitantes	13
E) Metodología de aplicación	14
3.1.5 Sistema de clasificación de Capacidad de Uso de la Tierra propuesto por T.C. Sheng	14
3.1.6 Sistema de clasificación de Capacidad de Uso de la Tierra del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) ..	15
3.1.7 Taxonomía numérica	18
A) Pasos Elementales Para La Aplicación De La Taxonomía Numérica	19
B) Tipos De Datos A Utilizar En El Agrupamiento Numérico ..	20
C) Coeficientes De Similitud Para la Estimación del Parecido Taxonómico	21
D) Estandarización De Variables	25
3.2 MARCO REFERENCIAL	26
3.2.1 FISIOGRAFIA	26
A) Ubicación	26
B) Superficie	26
C) Relieve	26
D) Hidrografía	26
E) Clima	26
F) Geología	27

G) Suelos	29
H) Capacidad de uso de la tierra	29
3.2.2 Uso De La Tierra	30
3.2.3 Características Socioeconómicas	30
A) Población	30
B) Accesibilidad	31
4. OBJETIVOS	35
4.1 Objetivo general	35
4.2 Objetivos específicos	35
5. METODOLOGIA	36
5.1 PRIMERA FASE DE GABINETE	36
A) Análisis cartográfico y aerofotográfico	36
5.2 FASE DE CAMPO	37
5.2.1 Límites de la cuenca	37
5.2.2 Información biofísica	38
A) Información edafológica	38
B) Zonas de vida y Uso de la tierra	38
5.2.3 Boleta de opinión profesional	38
5.3 SEGUNDA FASE DE GABINETE	38
5.3.1 Elaboración de mapa de profundidades efectivas de suelo	38
5.3.2 Determinación de la capacidad de uso de la tierra para las metodologías de USDA y C.C.T	39
5.3.3 Digitalización de mapas	39
5.3.5 Determinación de la capacidad de uso de la tierra según T.C. Sheng	39
5.3.6 Determinación de la intensidad de uso de la tierra	40
5.3.7 Comparación espacial de las metodologías	40
5.3.8 Comparación de las metodologías en cuanto a las características de las unidades de clasificación	41
6 RESULTADOS	44
6.1 Análisis de las variables utilizadas en la determinación de la capacidad de uso de la tierra	44
6.1.1 Profundidad de suelo en la cuenca del río Itzapa	46
6.1.2 Distribución de las unidades de tierra por clases de pendiente en la cuenca del río Itzapa	46
6.2 Análisis de la distribución de la tierra según uso, Capacidad e Intensidad de uso	52
6.2.1 Uso de la tierra en la cuenca del río Itzapa	52
6.2.2 Distribución de la tierra por capacidad e intensidad de uso	57
6.3 Comparación espacial de las metodologías de capacidad de uso de la tierra	67

6.4 Comparación basada en análisis de agrupamientos (ANALISIS CLUSTER)	69
6.5 Criterio basado en la opinión profesional	75
6.5.1 Metodología de Capacidad de Uso de la Tierra que ha sido más utilizada	75
6.5.2 Precisión de las metodologías de Capacidad de Uso de la Tierra en estudio	75
6.5.3 Factores del suelo que se deben tomar en cuenta en cualquier metodología de capacidad de uso de la tierra	77
7 CONCLUSIONES	78
8. RECOMENDACIONES	79
9. BIBLIOGRAFIA	80
10. APENDICES	84
10.1 Formato de la boleta que se utilizó para la entrevista a profesionales relacionados con el uso de las metodologías	85
10.2 Base de datos de la opinión profesional sobre el uso de las metodologías de Capacidad de Uso de la Tierra	86
10.3 Resumen de la información analítica y de campo de los pedones descritos en la cuenca del Río Itzapa	88
10.4 Agrupamiento de pedones	100
10.5 Base de datos utilizada en la determinación de la Capacidad de Uso de la Tierra por medio de la metodología de C.C.T.	108
10.6 Datos del Análisis de similitud por medio de la Taxonomía Numérica	110

INDICE DE CUADROS

	<u>PAGINA</u>
Cuadro 1. Matriz 2x2 que representa la comparación de dos OTU para un carácter doble estado	24
Cuadro 2 Variables que se utilizan en cada una de las metodologías de Capacidad de Uso de la Tierra, que se emplearon en la investigación	45
Cuadro 3 Superficie que ocupan las diferentes profundidades, en los suelos de la cuenca del río Itzapa	46
Cuadro 4 Superficie que ocupan los rangos de pendientes en la cuenca del río Itzapa con la metodología de T.C. Sheng	49
Cuadro 5 Superficies que ocupan los rangos de pendiente, en la cuenca del río Itzapa con la metodología de USDA	49
Cuadro 6. Uso de la tierra en la cuenca del río Itzapa	54
Cuadro 7 Superficie ocupada por las clases de capacidad de uso de la tierra en la cuenca del río Itzapa según la metodología de T.C. Sheng	60
Cuadro 8 Distribución de la intensidad de uso de la tierra en la cuenca del río Itzapa, con la Capacidad de Uso de T.C. Sheng	64
Cuadro 9 Superficie que ocupan las clases de capacidad de uso de la tierra en la cuenca del río Itzapa, con la metodología de USDA	65
Cuadro 10 Distribución de la intensidad de uso de la tierra en la cuenca del río Itzapa, al aplicar la metodología de USDA	65
Cuadro 11 Superficie que ocupan las clases de capacidad de uso de la tierra en la cuenca del río Itzapa, con la metodología de CCT	66
Cuadro 12 Distribución de la intensidad de uso de la tierra en la cuenca del río Itzapa, al aplicar la metodología de CCT	66
Cuadro 13 Grado de similitud entre las metodologías de C.C.T. y T.C. Sheng, en la distribución espacial de las Clases de Capacidad de Uso de la Tierra en la cuenca del río Itzapa	68

Cuadro 14 Grado de similaridad entre las metodologías de USDA y T.C. Sheng, en la distribución espacial de las Clases de Capacidad de Uso de la Tierra, en la Cuenca río Itzapa	68
Cuadro 15 Grado de similaridad entre las metodologías de USDA y C.C.T., en la distribución espacial de las Clases de Capacidad de Uso de la Tierra, en la Cuenca río Itzapa	69
Cuadro 16 Cantidad de profesionales (%) que ha utilizado cada metodología	75
Cuadro 17 Opinión sobre la precisión de las metodologías, sin importar el lugar de su aplicación	75
Cuadro 18 Opinión de los técnicos consultados (%) sobre la precisión de las metodologías en estudio, aplicadas nivel de todo el país	76
Cuadro 19 Opinión de los entrevistados respecto a la metodología de capacidad de uso de la tierra que mejor se adapta a las condiciones del altiplano	76
Cuadro 20 Opinión de los entrevistados sobre los factores del suelo a tomar en cuenta en ladeterminación de la capacidad de uso de la tierra	77
Cuadro 21 Respuestas de los profesionales a la encuesta sobre el uso de las metodologías	86
Cuadro 22A Información del pedón 1	88
Cuadro 23A Información del pedón 2	88
Cuadro 24A Información del pedón 3	89
Cuadro 25A Información del pedón 4	89
Cuadro 26A Información del pedón 5	90
Cuadro 27A Información del pedón 6	90
Cuadro 28A Información del pedón 7	91
Cuadro 29A Información del pedón 8	91
Cuadro 30A Información del pedón 9	92
Cuadro 31A Información del pedón 10	92

Cuadro 32A Información del pedón 11	93
Cuadro 33A Información del pedón 12	93
Cuadro 34A Información del pedón 13	94
Cuadro 35A Información del pedón 14	94
Cuadro 36A Información del pedón 15	95
Cuadro 37A Información del pedón 16	95
Cuadro 38A Información del pedón 17	96
Cuadro 39A Información del pedón 18	96
Cuadro 40A Información del pedón 19	97
Cuadro 41A Información del pedón 20	97
Cuadro 42A Información del pedón 21	98
Cuadro 43A Información del pedón 22	98
Cuadro 44A Información del pedón 23	99
Cuadro 45A Información del pedón 24	99
Cuadro 46A Información del pedón 25	100
Cuadro 47A Agrupamiento de pedones de acuerdo a la metodología de CCT en cada clase de capacidad de uso	100
Cuadro 48A Agrupamiento de pedones de acuerdo a la metodología de CCT en cada subclase de capacidad de uso	101
Cuadro 49A Acierto o coincidencia promedio del número de pedones agrupados según la metodología de CCT respecto al número de pedones incluidos en cada grupo según la taxonomía numérica a nivel de clases	101
Cuadro 50A Acierto o coincidencia promedio del número de pedones agrupados según la metodología de CCT respecto al número de pedones incluidos en cada grupo según la taxonomía numérica a nivel de subclases	102

Cuadro 51A Distancias y porcentajes de similitud entre pedones agrupados en cada clase de capacidad según la metodología de CCT	102
Cuadro 52A Distancias y porcentajes de similitud entre pedones agrupados en cada subclase de capacidad según la metodología de CCT	103
Cuadro 53A Agrupamiento de pedones de acuerdo a la metodología de USDA en cada clase de capacidad de uso	103
Cuadro 54A Agrupamiento de pedones de acuerdo a la metodología de USDA en cada subclase de capacidad de uso	104
Cuadro 55A Acierto o coincidencia promedio del número de pedones agrupados según la metodología de USDA respecto al número de pedones incluidos en cada grupo según la taxonomía numérica a nivel de clases	104
Cuadro 56A Acierto o coincidencia promedio del número de pedones agrupados según la metodología de USDA respecto al número de pedones incluidos en cada grupo según la taxonomía numérica a nivel de subclases	105
Cuadro 57A Distancias y porcentajes de similitud entre pedones agrupados en cada clase de capacidad según la metodología de USDA	105
Cuadro 58A Distancias y porcentajes de similitud entre pedones agrupados en cada subclase de capacidad según la metodología de USDA	106
Cuadro 59A Agrupamiento de pedones de acuerdo a la metodología Sheng en cada clase de capacidad de uso	106
Cuadro 60A Acierto o coincidencia promedio del número de pedones agrupados según la metodología de Sheng respecto al número de pedones incluidos en cada grupo según la taxonomía numérica a nivel de clases	107
Cuadro 61A Distancias y porcentajes de similitud entre pedones agrupados en cada clase de capacidad según la metodología de Sheng	107
Cuadro 62A Base de datos utilizada en la determinación de la Capacidad de Uso de la Tierra según C.C.T.	108
Cuadro 63A Base de Datos Utilizados En El Análisis de Similitud	110
Cuadro 64A Matriz de similitud en base a la distancia euclídeana entre los pedones estudiados en la cuenca del río Itzapa	112

INDICE DE FIGURAS

	<u>PAGINA</u>
Figura 1 Ubicación de la cuenca a nivel nacional y en la cuenca del río Achiguate . . .	28
Figura 2 Accesibilidad al área de estudio	32
Figura 3 Delimitación de la cuenca	33
Figura 4 Mapa de zonas de vida de la cuenca	34
Figura 5 Diagrama de la estrategia para el agrupamiento numérico de los pedones de la cuenca del río Itzapa.	43
Figura 6 Mapa de profundidades de suelo en la cuenca del río Itzapa	48
Figura 7 Mapa de pendientes según rangos de T.C.Sheng	50
Figura 8 Mapa de pendientes según rangos de USDA	51
Figura 9 Uso de la Tierra en la cuenca del río Itzapa. 1995	53
Figura 10 Mapa de Capacidad de Uso de la Tierra según T.C. Sheng	55
Figura 11 Mapa de Capacidad de Uso de la Tierra según C.C.T.	56
Figura 12 Mapa de Capacidad de Uso de la Tierra según USDA	59
Figura 13 Mapa de intensidad de uso de la tierra según USDA	61
Figura 14 Mapa de intensidad de uso de la tierra según C.C.T.	62
Figura 15 Mapa de intensidad de uso de la tierra según Sheng	63
Figura 16 Mapa de similaridad entre C.C.T. y Sheng	70
Figura 17 Mapa de similaridad entre USDA y Sheng	71
Figura 18 Mapa de similaridad entre USDA y C.C.T.	73
Figura 19 Fenograma de similitud	74

COMPARACION DE METODOLOGIAS DE CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA EN LA
CUENCA DEL RIO ITZAPA, CHIMALTENANGO.

COMPARISON OF METHODOLOGIES OF LAND CAPABILITY IN THE ITZAPA
WATERSHED, CHIMALTENANGO.

RESUMEN

La determinación de la Capacidad de Uso de la Tierra, es un aspecto indispensable en la planificación del manejo de los recursos naturales. En el medio Guatemalteco, son utilizadas diferentes metodologías de Capacidad de Uso de la Tierra, entre ellas la del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), la del Centro Científico Tropical de Costa Rica (C.C.T.) y la de T.C. Sheng; estas metodologías fueron desarrolladas para condiciones en sus países de origen. Por lo anterior, el objetivo principal de este estudio, fue la comparación de las metodologías mencionadas. Esta comparación fue aplicada a las condiciones que comprende la cuenca del río Itzapa, la cual se ubica en la parte alta de la cuenca del río Achiguate, en el municipio de San Andrés Itzapa, Departamento de Chimaltenango.

La metodología del estudio incluyó actividades tales como, recopilación de información biofísica requerida por cada metodología, entrevistas a profesionales relacionados con el uso de las metodologías. En gabinete se elaboró y procesó mapas en el sistema de información geográfica "IDRISI" y la interpretación de los mismos.

Los criterios de comparación entre las metodologías en este estudio, son:

- Variables de la Capacidad de Uso de la tierra
- Capacidad e intensidad de uso de la Tierra por cada metodología
- Comparación espacial (geográfica) de las metodologías
- Análisis de agrupamientos o análisis cluster
- Opinión de profesionales involucrados en trabajos de Capacidad de Uso.

Los principales resultados muestran lo siguiente:

Con respecto a la Capacidad e intensidad de uso, con la metodología de T.C. Sheng, se encuentra que la mayor parte del área (66.48%) es apta para actividades intensivas como la agricultura, y el área de subutilización es de 54%, en tanto que con C.C.T. la tierra apta para la actividad agrícola es 34.35% y la subutilización es de 14.16%. Al aplicar la metodología de USDA, la Capacidad de uso para agricultura es de 42.42% y la subutilización es de 22.60%.

La comparación espacial, hace ver que las metodologías que menos concuerdan entre sí, en la distribución espacial de las clases de Capacidad de Uso en el área que comprende la cuenca del río Itzapa, son USDA con Sheng y C.C.T. con Sheng. Las metodologías de C.C.T. y sheng concuerdan totalmente, solo en 5.26% del área y su índice de Kappa es de 0.4625. USDA con Sheng concuerdan en 9.26% del área y su índice de Kappa es de 0.4742, el cual indica un acuerdo intermedio. USDA con C.C.T. concuerdan totalmente en el 51.17% del área, pero el índice de Kappa que es de 0.4412 también indica un acuerdo intermedio.

El análisis de agrupamientos (análisis cluster), permite concluir que las tres metodologías en estudio presentan relativamente poca certeza en la agrupación de pedones y que de las tres, la metodología de C.C.T. es la que agrupa los pedones con mejores porcentajes de similitud y es la que presenta el mejor acierto promedio respecto al agrupamiento de la taxonomía numérica.

Respecto a la opinión de profesionales sobre el uso de las metodologías, se concluye que no existe un consenso sobre la precisión de las metodologías al aplicarlas en las condiciones del país y específicamente del altiplano.

La principal recomendación que surge en base a los resultados de este estudio, es que se le dé prioridad de uso a la metodología del C.C.T. siempre que la misma sea modificada y adecuada a las condiciones socioeconómicas y biofísicas del país.

1. INTRODUCCION

En el ámbito nacional, se puede visualizar fácilmente la grave situación en que se encuentran los recursos naturales renovables y no renovables, debido a que estos no han sido aprovechados adecuadamente, lo cual ha repercutido en un deterioro ecológico y social, que además prevee futuros y graves problemas. Por otro lado, es innegable la necesidad de plantear el uso y aprovechamiento sostenido de los recursos naturales del país. Esto implica que deben plantearse alternativas de solución en forma integral a la problemática existente, una de las cuales puede ser la planificación del manejo de los recursos naturales a nivel de "cuenca" (la cual es considerada como la unidad básica de estudio y planificación). Dentro de este contexto, un aspecto importante es la correcta determinación de la capacidad de uso de la tierra, aspecto que constituye un elemento indispensable en la planificación del manejo sostenido de los recursos naturales.

En base a la problemática mencionada, en el año de 1991, el Instituto de Investigaciones Agronómicas de la Facultad de Agronomía, de la Universidad de San Carlos de Guatemala (FAUSAC), realizó un estudio de priorización de cuencas y subcuencas hidrográficas; de acuerdo con dicho estudio, una de las cuencas que presenta mayores índices de deterioro ambiental, es la cuenca del río Achiguate, y según este informe, de todas las subcuencas del río Achiguate, la del río Itzapa es la que mayores problemas presenta, principalmente por fuerte erosión de los suelos y presión sobre los Recursos Naturales Renovables, lo que permite definir a la cuenca del río Itzapa como una cuenca prioritaria para su estudio (Velázquez, S. *et. al.* 1991)

La cuenca del río Itzapa, se localiza al noroeste de la cuenca del río Achiguate y presenta alto grado de deterioro de sus recursos naturales, debido a que los mismos no han estado sujetos a una planificación técnica y científica. Esta cuenca se localiza en la parte alta de la cuenca del río Achiguate, y es importante saber que el uso no planificado de los recursos naturales en la misma, constituye un factor decisivo que contribuye a los problemas de tipo ecológico y socioeconómico, tanto de dicha cuenca como de la cuenca del río Achiguate en general.

2. JUSTIFICACION

La cuenca del Rfo Itzapa (microcuenca de los rfos Guacalate y Achiguate) presenta un alto grado de deterioro ambiental, lo que quiere decir que sus Recursos Naturales han estado sujetos a un manejo inadecuado (Velázquez, S. *et. al.*, 1991). Los Recursos Naturales juegan un papel importante en la calidad de vida de los pobladores de la cuenca, por lo que se hace necesario definir estrategias adecuadas para el uso sostenido de los mismos, que ayuden a conservar y aún recuperar los Recursos de dicha cuenca. Además, las condiciones antes mencionadas, permitieron definir a esta cuenca como una área con alto potencial de utilización para fines de investigación y docencia.

Lo anterior, sirvió como premisa básica para que, el Instituto de Investigaciones Agronómicas (IIA) de la FAUSAC, a través de su programa de Investigación en Recursos Naturales Renovables (PIRENAR) y por medio del subprograma de Manejo de Cuencas, eligiera la cuenca en mención como cuenca experimental para su estudio o cuenca piloto, luego de definirla como cuenca de prioridad uno (Velázquez, S. *et. al.*, 1991).

En atención a lo anteriormente expuesto, en la cuenca del rfo Itzapa se ha generado información básica, tendiente a definir su manejo. Dentro de ese proceso de generación de información básica, se enmarca el estudio de comparación de metodologías. Este estudio es importante, puesto que a través del mismo, se generó parte de la información básica, principalmente la capacidad e intensidad de uso de la tierra. La información que se presenta, proporciona elementos de juicio indispensables para la posterior elaboración y ejecución de un plan de manejo general de la cuenca del Rfo Itzapa.

Por otra parte, es fácilmente comprensible la importancia de la adecuada determinación de la capacidad de uso de la tierra en las diferentes áreas de nuestro país, ya que el conocimiento de la capacidad de uso de la tierra, permite la planificación correcta del uso y manejo de los Recursos Naturales, con el fin de evitar y disminuir el deterioro de los mismos y por lo tanto garantizar la sostenibilidad del recurso suelo.

En Guatemala se usan diferentes metodologías para determinar capacidad de uso de la tierra, principalmente el sistema de clasificación de USDA y el del Centro Científico Tropical (C.C.T.) y la de T.C. Sheng, metodologías que han sido desarrolladas para las condiciones específicas, de países con características biofísicas totalmente diferentes. Por lo tanto, se hace necesario analizar la aplicabilidad de dichas metodologías, para conocer su efectividad en las condiciones particulares de nuestro país, lo cual constituyó el objetivo principal de este trabajo.

3. MARCO TEORICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 Tecnología para el estudio de la tierra

A) Objetivos del estudio de la tierra

Los objetivos de los estudios de la tierra pueden ser: Diagnosticar, interpretar y Ordenar, o sea, identificar, caracterizar y planificar los recursos del territorio. (Lemmenhofer, C.P., 1990).

B) Sistemas de Información Geográfica

a. Definición:

Se entiende por sistema de información geográfica, un sistema de información asistido por la computadora para ingresar, manipular y desplegar datos espaciales, cuyo objetivo es tener: ubicación espacial del problema en estudio, un sistema normal de recolección de datos, información organizada, información actualizada, información instantánea, representación gráfica del problema y permitir modelos complejos (Saborio, B.J., s.f.).

El sistema de información geográfica (SIG) se puede definir como un instrumento para crear y actualizar mapas, es decir que constituye una técnica para combinar e interpretar mapas. También se puede definir como un conjunto de operadores que manipulan una base de datos espaciales. En forma más general se puede decir que un sistema de información geográfica es un conjunto de programas de computadora que integran diferentes funciones, desde la entrada de datos, cargar y almacenar datos de mapas referenciados geográficamente, para su uso posterior, analizar, manipular, sobreponer, medir, calcular y recuperar datos espaciales hasta obtener resultados, despliegue de nuevos mapas o resultados en forma tabular (Saborio, B.J., s.f.). Los sistemas geográficos de información, también se denominan sistemas de información geo-referenciada y se conocen por sus siglas en ingles "GIS" (Geo-referred Information Systems), (Lemmenhofer, C.P., 1990).

b. Componentes

Un sistema de información geográfica (SIG) está compuesto fundamentalmente por dos unidades: el componente operativo o funcional y la base de datos espacial. El primero es un conjunto de operaciones que actúan sobre la información contenida en la base de datos. Otro componente son las estructuras de datos que constituyen el elemento puente entre el conjunto de funciones y la base de datos (Saborio, B.J., s.f.).

c. Datos espaciales y no espaciales

El manejo de datos no espaciales, que son datos tabulares son más conocidos como manejo de bases de datos, mientras que dato espacial es el que representa objetos con dimensiones físicas, cuyas características se pueden definir mediante descriptores como puntos, líneas y polígonos. O sea que es cualquier objeto que puede ser representado en la computadora a través de los descriptores mencionados, especificando su ubicación geográfica, su característica o atributo y la relación entre ésta y otras características del mapa (Saborio, B.J., s.f.)

d. Categorías de datos espaciales

Para la agrupación u organización de los datos espaciales se tienen: Sistemas de punto, en los cuales puede agruparse la información cuyo atributo puede representarse por un punto, por ejemplo: poblados, represas, etc.; Sistema de red, el cual incluye información de nodos y líneas, por ejemplo un sistema de carreteras o un sistema de líneas de transmisión entendiéndose por nodos, puntos del grafo en que tres o más regiones son mutuamente adyacentes, o sea puntos en que confluyen tres o más elementos lineales; Sistema de áreas, que representa mediante polígonos, áreas específicas, por ejemplo superficies de cultivos o superficies a ser inundadas; sin embargo el SIG deberá manejar los tres tipos de datos y permitir sobreposición de un tipo sobre el otro (Saborio, B.J., s.f.).

e. Estructuras de datos

En los SIG se utilizan estructuras de datos que se clasifican en: estructuras topológicas y estructuras teselares. Las topológicas asumen un espacio geográfico continuo que cumple los postulados de la geometría euclídea, en tanto que las teselares dividen el espacio geográfico en elementos discretos, requiriendo la adopción de una geometría digital. En una estructura topológica los datos superficiales son representados por el conjunto de líneas de frontera, o sea que el énfasis está puesto en la

representación explícita de las fronteras y las regiones en si mismas están descritas implícitamente. En una estructura teselar, el espacio original se divide en cuadrículas contiguas y mutuamente exclusivas, cuyos bordes son normalmente independientes del fenómeno que se representa y se asume que cada cuadrícula pertenece solo a una región y que adopta un único valor para cada atributo determinado. En las estructuras teselares entonces, cada región es un conjunto conexo de unidades superficiales elementales, quedando las fronteras definidas implícitamente (Saborio, B.J., s.f.).

f. Entrada de datos

En un SIG, la entrada de datos está condicionada por dos factores: la fuente de información espacial y el formato digital de la base de datos, ya que la información puede encontrarse ya sea en formato digital, por ejemplo en imágenes digitales obtenidas por sensores remotos, lo cual será útil si el SIG tiene los elementos de software para poder interpretar dicha información, o estar contenida en algún tipo de documento analógico por ejemplo en una fotografía aérea o un mapa impreso. En relación al primer caso, las funciones de entrada de información, son procedimientos de transformación de coordenadas y de cambio de formato, para adaptar los datos originales al esquema de representación en la base de datos. En relación al segundo, la entrada de datos al sistema es laboriosa, ya que se requiere de la preparación de los documentos, la digitalización y corrección de errores (Saborio, B.J., s.f.).

La digitalización, es el proceso por el cual los mapas y texto asociado se convierten en datos en formato digital, listos para ser utilizados por una computadora. Dicho proceso de digitalización puede ser vectorial o cuadricular, y puede hacerse manualmente o con la ayuda de un procesador de palabras o una hoja electrónica, o bien apoyado sobre dispositivos de captura de datos como una mesa digitalizadora o cámaras de video scanner. En el proceso de digitalización vectorial, los puntos del mapa, líneas y áreas son almacenados como coordenadas, mientras que en el sistema de digitalización denominado Raster, los datos se almacenan en celdas que corresponden a una estructura de cuadrícula. El sistema Raster se conoce también como sistema de celdas, cuadrícula o teselar (Saborio, B.J., s.f.).

g. Almacenamiento de datos

En un sistema de información geográfica (SIG), se puede almacenar, mantener y actualizar datos espaciales y su respectivo texto, pero los datos de mapas deben ser referenciados a un sistema de coordenadas geográficas que permita ubicar las cualidades del mapa en cuestión directamente sobre la superficie de la tierra y los puntos, las líneas y polígonos se usan para representar las ubicaciones de las diferentes características del mapa dentro del sistema de información geográfica (Saborio, B.J., s.f.).

h. Análisis de datos

En un SIG, se puede consultar y recuperar datos de mapas digitales y también información de carácter tabular acerca de un determinado recurso, almacenada en la base de datos.

Los SIG y los sistemas cartográficos utilizados mediante el uso de computadora, se diferencian por la capacidad de los SIG de transformar datos espaciales originales para responder preguntas particulares. En relación a la capacidad que caracteriza un SIG, en cuanto a la utilización y análisis de datos espaciales, las ventajas de los métodos raster (por ejemplo) son que: analiza estructuras de datos simples; es fácil la combinación y sobreposición de los datos de mapas con datos provenientes de sensores; son fáciles los diferentes clases de análisis espacial; la simulación es fácil porque cada unidad espacial tiene el mismo tamaño y forma; la tecnología es relativamente barata.

En cuanto a sus desventajas de los SIG, se mencionan que: se necesitan grandes volúmenes de datos gráficos; el uso de grandes celdas para reducir el volumen de datos significa que el reconocimiento del fenómeno por parte de la estructura puede perderse, lo cual provoca una pérdida de información importante; los mapas de tipo raster tienen menos presentación que uno con líneas finas; la unión vía arcos o redes es difícil de establecer; sin el uso de algoritmos o equipo especial, la transformación de proyecciones demora mucho (Saborio, B.J., s.f.).

i. Sobreposición

Si consideramos un mapa como formado por una cuadrícula de celdas, para cada celda vertical en el mapa, se puede generar un nuevo atributo, como una función de los atributos de los mapas presentes en la sobreposición. De esta manera, para cada celda en la vertical con coordenadas x, y el valor del nuevo atributo se expresa por: $U = f(A, B, C, \dots)$, donde A, B, C , son valores de los atributos de la primera, segunda, tercera, etc., sobreposición. f es la función y U es el valor resultante (Saborio, B.J., s.f.).

j. Funciones de transformación

Son tres las clases de transformación que se pueden usar: la transformación de tipo puntual, la cual opera solo sobre los valores de todos los atributos relacionados a cada valor de atributo en forma de un vector vertical, o sea que la operación es independiente de los efectos de los valores de los atributos a su alrededor y en general, de las propiedades de las regiones o de los conjuntos de los cuales las celdas verticales puedan pertenecer. De este tipo de transformación, las más simples son las operaciones

matemáticas de adición, substracción, multiplicación, división, exponenciación, funciones de evaluación logarítmica o trigonométrica.

Otro tipo de transformación es el de región, la cual relaciona las propiedades de la región o de un conjunto para el cual una celda dada pertenece, dichas propiedades pueden ser longitud, área, perímetro o forma, o se pueden relacionar al número de celdas teniendo un cierto valor sobre una sobreposición que ocurre dentro del área definida por una región; otro tipo de transformación es la de vecindad, la cual relaciona un punto a sus vecinos. Estas hacen uso explícito de alguna forma de asociación espacial, con el propósito de determinar el valor de la celda en la nueva sobreposición (Saborio, B.J., s.f.).

k. Operaciones fundamentales en análisis de mapas

Se identifican cuatro clases de operaciones fundamentales en el análisis de mapas: reclasificar las categorías de un mapa, sobreposición, medición de distancias-conectividad y análisis de proximidad. La reclasificación o re-codificación de las categorías de un mapa por ejemplo, comprende asignar nuevos valores a los existentes en el mapa, la reasignación incluye sólo un mapa, sin generar nueva información espacial, o sea que sólo se reempaqueta la información existente. La reasignación puede ser función de la posición, valores iniciales, tamaño y forma (Saborio, B.J., s.f.).

l. Modelos de elevación digital

Se conoce como modelo de elevación digital a la representación digital con variación continua del relieve en el espacio, esto ya que en representaciones del uso de la tierra y de series de suelos o unidades geológicas, la forma de la tierra se percibe como una superficie de variación continua. Originalmente fueron desarrollados para modelar relieves, pero pueden ser usados para modelar la variación continua de un atributo Z sobre una superficie en dos dimensiones y son un complemento a las funciones de los sistemas de información geográfica (Saborio, B.J., s.f.).

m. Productos

Los sistemas de información geográfica proveen una gran serie de productos, por ejemplo: copias de mapas generales, resúmenes estadísticos, despliegues gráficos en pantalla, despliegue gráfico en pantalla de tablas y datos estadísticos y archivos magnéticos resultantes de la diferente manipulación de los datos (Saborio, B.J., s.f.).

n. Aplicaciones de los SIG

Las principales aplicaciones de los sistemas de información geográfica se pueden enmarcar dentro de los siguientes aspectos:

i.- **Seguridad pública:** Para determinar rutas más rápidas en emergencias (Saborio, B.J., s.f.).

ii.- **Distribución-control:** Con datos de propietarios de terrenos, regulación de zonas, uso de la tierra y riesgos naturales, se mejora la eficiencia con que se distribuyen los servicios (Saborio, B.J., s.f.).

iii.- **Problemas ambientales:** Se puede utilizar el SIG en la valoración de efectos como los producidos por lluvia ácida, efecto de invernadero, plagas, etc. (Saborio, B.J., s.f.).

iv.- **Manejo de Recursos Naturales:** en el Mapeo e inventario de recursos, comparación de diferentes impactos (Saborio, B.J., s.f.).

v.- **Utilitarios:** Almacenar la localización y características de infraestructura tales como transformadores, postes, tuberías y líneas de transmisión, en un formato SIG, permitiendo mejorar rápidamente la habilidad para restaurar servicios luego de una falla y para automatizar el reemplazamiento de equipos obsoletos o dañados (Saborio, B.J., s.f.).

Como ejemplos de aplicación de los SIG, Tenemos que: Oreamuno R. y Saborio J., citados por Arana López, G.A (1992), utilizando la USLE, y el sistema ERDAS (Earth Resources Data Analysis System) para el procesamiento de la información, realizaron el mapa de erosión de la cuenca del río Virilla en Costa Rica. Dichos autores utilizaron los programas del sistema ERDAS, cuyas salidas deseables son mapas sencillos y combinados y también matrices que posibilitan la clasificación de las unidades cartográficas obtenidas. Previamente digitalizaron los mapas básicos de los factores RKLS y C de la USLE, luego fueron creados el mapa de suelos, el mapa de relieve y el mapa de capacidad de uso de la tierra.

Mediante el uso de la función de sobreposición del sistema ERDAS, Oreamuno R. y Saborio J., citados por Arana López, G.A (1992), sobrepusieron los mapas anteriormente mencionados y posteriormente realizaron la clasificación de los resultados, utilizando cuatro clases de rangos de erosión. Luego, utilizando una imagen landsat elaboraron un nuevo mapa del uso de la tierra, con el objetivo de hacer

una comparación y actualización del mapa elaborado anteriormente. Una conclusión de este trabajo fue que con el sistema automatizado (SIG, ERDAS) se obtiene un ahorro del 50% del tiempo del que se requiere para hacerlo manualmente.

Bolaños A. y Fallas, citado por Arana López, G.A (1992), utilizando el sistema IDRISI y el sistema IUM, realizaron una evaluación del riesgo de erosión potencial en la cuenca del río Blanco, Guanacaste, Costa Rica. A través de este estudio, determinaron índices de Fournier para expresar el potencial erosivo en áreas con susceptibilidad a la erosión hídrica, elaborando mapas espaciales que indican la clasificación de áreas con índice de potencial erosivo medio y alto, grados de erosión sufrida en los suelos (nula, ligera y moderada), y relación entre la susceptibilidad del suelo y la erosión sufrida.

Los investigadores mencionados en el párrafo anterior, concluyen que es indispensable el empleo de SIG, para que a través del procesamiento de grandes volúmenes de información espacial, pueda visualizarse el estado actual de una gran cantidad de componentes del medio en estudio y además modelar nuevas combinaciones de esos componentes para obtener productos derivados.

3.1.2 Capacidad de uso de la tierra

Es el uso más intensivo que permite una unidad de tierra sin deteriorarse, considerándose que los usos menos intensivos son correctos (*).

3.1.3 Clasificación de Suelos y Tierras

Torres, G.J.; Cuanalo de la cerda, H.; Ortis, S.C. (1981), hacen referencia a las limitaciones de la memoria humana como un factor que ha determinado "la clasificación" en un proceso natural del hombre, utilizándola como una eficaz herramienta en la labor de identificar y comprender los objetos. Este mismo autor, hace ver que conforme avanzan los conocimientos más precisos de los distintos objetos se da también una mayor evolución de las clasificaciones y que de alguna forma, todas las ciencias utilizan la división y agrupación de los objetos. Heywood, citado por Torres, G.J.; (1981) indica que debido al vasto campo de la diversidad natural, el hombre, a través de su instinto clasifica y divide la misma en grupos más pequeños y manejables.

* Definición tomada del curso Mapeo y Clasificación de Suelos. Facultad de Agronomía. Universidad de San Carlos de Guatemala.

El pionero de la estructura de las clasificaciones fue Aristóteles y posteriormente el mayor aporte a la ciencia de la clasificación de plantas y animales fue proporcionado por Linneo (1707-1778). Cuando el estudio del suelo también se constituyó en una ciencia, igualmente se trató de clasificarlo y los primeros intentos de clasificación del suelo fueron de carácter específico, o sea, para una aplicación práctica inmediata, principalmente tomando en cuenta factores externos de los suelos, posteriormente, a través del surgimiento de la escuela rusa se inicia la clasificación del suelo con fines múltiples. Ultimamente, muchos países (principalmente países desarrollados) han diseñado clasificaciones que se adaptan a las condiciones y características de sus suelos (Torres, G.J.; Cuanalo de la cerda, H.; Ortis, S.C., 1981).

Rosa D. De la; Cardona, F.; Paneque, G. (1977), indican en relación a la clasificación de suelos que para la resolución de problemas de uso y desarrollo de los mismos, lo cual exige una racionalidad máxima, deben realizarse estudios de inventario y evaluación de suelos, objetivo para el cual el reconocimiento de unidades edáficas es importante ya que de esta manera dicha evaluación constituye una interpretación práctica.

De acuerdo con Earl Storie, R. (1970), para la clasificación del suelo y la tierra y también para su evaluación, son importantes treinta y dos propiedades del suelo, la tierra y el medio ambiente. Primeramente, están las condiciones externas tales como: la posición fisiográfica, la pendiente, el microrrelieve, erosión y drenaje externo o superficial.

En cuanto a las condiciones físicas, Earl Storie, R. (1970) menciona: el color del suelo, la profundidad del suelo, permeabilidad del suelo, densidad del suelo, pedregosidad, textura del suelo, estructura del suelo, trabajabilidad o consistencia del suelo, drenaje interno, capacidad de retención de agua y cantidad de agua disponible. Entre las propiedades químicas importantes, se mencionan, la materia orgánica del suelo, nitrógeno total, reacción del suelo, contenido de carbonato cálcico, capacidad de intercambio de bases, contenido de sal, sodio, condiciones tóxicas, cantidad asimilable de fósforo, potasio asimilable, elementos menores y el nivel de fertilidad.

Storie (1970), también indica que el factor pendiente es importante para la clasificación detallada de los suelos, así como también para el uso de la tierra, refiriendo que los suelos secundarios ocurren en pendientes más uniformes que los suelos primarios de las lomas y montañas. Con respecto al color, hace ver que es uno de los caracteres más claros del suelo y que las primeras clasificaciones de los suelos se basaban principalmente en el color y en la vegetación y que algunas series de suelos aún se distinguen de otras principalmente por el color. Aclara además que las numerosas especies de suelos, se clasifican

en grupos con arreglo a sus propiedades, a sus factores de formación, a su comportamiento y su productividad en el uso y a otras bases de clasificación. Dice además que la clasificación de suelos comprende su agrupamiento y su denominación.

3.1.4 Sistema de clasificación de la capacidad de uso de las tierras del Centro Científico Tropical (CCT) de Costa Rica

Constituye la base para el ordenamiento y planificación de la tierra en el campo agropecuario y forestal. Su aplicación es para condiciones socioeconómicas y culturales variadas, pero no es aplicable para cultivos específicos. Se distribuye en 10 clases que van de la clase I a la clase X y establece que los mayores números se refieren a clases con mayores limitantes para uso agrícola. Se recomienda que la aplicación de esta metodología sea a una escala mínima de 1:50000. Este sistema también define unidades menores de clasificación que son: Sistema de manejo tecnológico, parámetros de evaluación y factores limitantes (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 1985).

A) Clases de capacidad de uso:

La clase es un grupo de tierras con condiciones similares en relación a su uso potencial. De acuerdo a CATIE (1985), las 10 clases de capacidad de uso son:

- a. Clase I (Cultivos Anuales Muy Alto Rendimiento): Incluye tierras que no presentan ningún tipo limitaciones y sus condiciones agroecológicas permiten el desarrollo adecuado de cultivos limpios propios del lugar.
- b. Clase II (Cultivos Anuales, Alto Rendimiento): Se incluyen aquí, todas aquellas tierras de condiciones agroecológicas que permiten el desarrollo de la mayoría de cultivos anuales propios del lugar, presentándose algunas limitaciones que reducen la posibilidad de elección de cultivos.
- c. Clase III (Cultivos Anuales, Moderado rendimiento): Agrupa tierras con condiciones agroecológicas similares a la clase anterior aunque con limitaciones más severas.
- d. Clase IV (Cultivos Permanentes o Semipermanentes): Agrupa tierras que no permiten su uso para cultivos anuales, pero sí permiten cultivos de largo período vegetativo.
- e. Clase V (Pastoreo Intensivo): Incluye tierras que no reúnen las condiciones para el desarrollo de

cultivos, pero pueden ser utilizadas para pastoreo continuado de alto rendimiento.

f. Clase VI (Pastoreo Extensivo): Se incluyen aquí, tierras que no presentan condiciones que se requieren para el sostenimiento de cultivos anuales o permanentes, pero que son adecuadas para pastoreo de moderado a bajo rendimiento.

g. Clase VII (Cultivos Arbóreos): Son tierras con condiciones que no permiten el desarrollo de cultivos limpios, permanentes o pastoreo, pero sí para el establecimiento de especies arbóreas que puedan proveer al suelo, una cobertura vegetal protectora.

h. Clase VIII (Producción Forestal Intensiva): Son tierras que no reúnen las condiciones adecuadas que se requieren para cultivos o pastoreo, pero que permiten la producción intensiva y permanente de maderas y otros productos forestales de bosques naturales manejados técnicamente.

i. Clase IX (Producción Forestal Extensiva): Están incluidas en esta clase, todas aquellas tierras que no permiten un uso sostenido de cultivos y pastos, pero que son aptas para la producción extensiva y permanente de maderas y otros productos forestales de bosques naturales manejados técnicamente.

j. Clase X (Protección): Tierras sin las condiciones mínimas para el desarrollo de cultivos, para pastoreo o producción forestal. Las condiciones climáticas y físicas de los terrenos son severas y no permiten un uso económico directo bajo ninguna actividad sin deteriorar el medio.

B) Sistemas de Manejo Tecnológico:

Se define un sistema de manejo tecnológico como la aplicación de un conjunto de prácticas y conocimientos que actúan integralmente, en base a lo cual los usuarios de las tierras llevan a cabo su producción agropecuaria y forestal. Se definen tres niveles de manejo (Centro Agronómico Tropical De Investigación y Enseñanza, 1985).

a. Sistema de manejo tecnológico tradicional: Es un nivel de manejo poco intensivo siendo exclusivamente comercial o mayormente de subsistencia familiar

b. Sistema de manejo tecnológico avanzado: Es un sistema de producción intensivo a muy intensivo y es utilizado con fines comerciales o para subsistencia según el tamaño de la unidad de producción.

c. Sistema de manejo tecnológico mecanizado: Es un sistema de producción intensivo o muy intensivo, de enfoque comercial y se caracteriza por tecnologías modernas aplicadas correctamente.

C) Parámetros de evaluación:

Se reconocen en esta metodología los parámetros siguientes:

- a. parámetros climáticos: que incluye zona de vida, meses secos, viento, neblina.
- b. parámetros edáficos: incluyendo profundidad efectiva, textura, pH, pedregosidad.
- c. parámetros topográficos: tales como la pendiente, microrrelieve, erosión sufrida.
- d. parámetros de drenaje: que incluye drenaje y riesgo de erosión.

D) Factores limitantes:

Los factores limitantes constituyen subdivisiones de las clases y hacen referencia a las condiciones generales que presenta la unidad de tierra con respecto a la clase óptima (clase I) de la zona de vida correspondiente. El uso de los factores limitantes dependerá de la escala de aplicación que se utilice

- a. Factores limitantes generales: Se reconocen cuatro divisiones de factores limitantes generales que son: el clima (que se simboliza con una "c"); Erosión (símbolo e); Suelos (Símbolo s); Drenaje (Símbolo d)
- b. Factores limitantes específicos: Se determinan al establecer claramente el tipo de limitación de que se trata en cada factor limitante general, a través de la adición de un subíndice. De acuerdo con esto, el factor limitante general clima se divide en: limitación por zona de vida, limitación por meses secos, limitación por viento y limitación por neblina (c1,c2,c3,c4, respectivamente). La erosión se divide en: limitación por riesgo de erosión por la pendiente (e1), limitación por erosión sufrida (e2), limitación por microrrelieve (e3). El suelo se divide en: limitación por profundidad efectiva (s1), limitación por textura (s2), limitación por pH (s3), limitación por pedregosidad y/o rocosidad (s4) y limitaciones especiales tal como toxicidad o salinidad (s5). El factor drenaje se divide en limitación por condición de drenaje (d) y limitación por riesgo de inundación (d2).

E) Metodología de aplicación:

Para la correcta aplicación del sistema de clasificación de la capacidad de uso de las tierras de Costa Rica, es necesario seguir el siguiente orden:

- a. Identificar zona de vida
- b. Definir el sistema tecnológico
- c. Mapear unidades de clasificación
- d. Clasificación de tierras.

3.1.5 Sistema de clasificación de Capacidad de Uso de la Tierra propuesto por T.C. Sheng:

Este sistema consta de ocho clases de capacidad de uso que disminuyen en intensidad hasta protección absoluta. Se consideran en esta clasificación, las características del suelo en cuanto a profundidad y pendiente del terreno principalmente (Sheng, T.C., 1976). Las clases de capacidad de uso son:

A) C1 (Tierra Cultivable Uno): Tierras cultivables que no requieren o requieren muy pocas medidas intensivas de conservación de suelos, en las cuales es posible la mecanización en los distintos procesos productivos. Incluye tierras con pendientes hasta de 12.3%, con suelos profundos y de buen drenaje (Sheng, T.C., 1976).

B) C2 (Tierra Cultivable Dos): Tierras cultivables con medidas intensivas de conservación de suelos, en las cuales también es factible la mecanización en los distintos procesos productivos. Abarca tierras que presentan desde 12.3% a 26.8% de pendiente, con buena estabilidad geológica, suelos moderadamente profundos, o sea mayor de 50 cm de profundidad, con poca o bien ninguna erosión superficial, y sin ninguna limitación climática.

C) C3 (Tierra Cultivable tres): Tierras cultivables con medidas intensivas de conservación de suelos, en las cuales no es posible la labranza mecanizada. Son tierras con pendientes de 26.8% a 36.4%, suelos desde poco profundos a profundos.

D) C4 (Tierra Cultivable Cuatro): Tierras poco susceptibles de cultivar que requieren de medidas muy intensivas de conservación de suelos, las prácticas de cultivo deben ser manuales. Son tierras con pendientes de 36.4% a 46.63% de pendiente, suelos moderadamente profundos a profundos y buena estabilidad geológica, moderada a alta erosión potencial y poca o bien ninguna limitación climática.

E) P: (Tierras Para Praderas): Aquí se agrupan tierras que presentan limitaciones permanentes o transitorias, como pedregosidad, lo cual no permite dedicarlas a la agricultura, pero si son apropiadas para dedicarlas al cultivo de pastos. Se encuentran en pendientes menores a 46.63% y sus suelos son poco profundos, con buena estabilidad ecológica, baja susceptibilidad a la erosión y con limitaciones climáticas.

F) AF: (Tierras para Sistemas Agroforestales): Son tierras no aptas para cultivos convencionales pero sí es factible el establecimiento de sistemas agroforestales. Abarca tierras con pendientes de 46.63 a 57.7%, con suelos moderadamente profundos a profundos y pocas limitaciones climáticas.

G) F (Tierras Forestales): Son tierras que únicamente son apropiadas para actividades forestales de producción y/o protección. Se incluyen dentro de esta clase, terrenos escarpados con pendientes mayores a 46.63%, suelos poco profundos, alta susceptibilidad a la erosión y considerables limitaciones climáticas.

3.1.6 Sistema de clasificación de Capacidad de Uso de la Tierra del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA):

La clasificación de la Capacidad de Uso de la Tierra del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), establece 8 clases de Capacidad de Uso (de la I a la VIII).

A) Clase I

Esta clase incluye tierras que presentan suelos muy profundos, mayor de 90 cm. de profundidad. Dichos suelos son de textura media. Presenta suelos permeables y presentan una pendiente máxima de 4%. La estructura de los suelos es granular o nuciforme y algunas veces en bloques. La erosión es casi imperceptible, siendo en cultivos limpios de tipo laminar. Estas tierras no presentan peligro de inundación y presentan patrón de drenaje superficial de tipo subparalelo o dendrítico. Los suelos son de un nivel freático muy profundo, presentando una alta retención de humedad y asimismo de fertilidad. Generalmente se recomienda que se utilicen para cultivos limpios anuales.

B) Clase II

Agrupar suelos profundos de 50 a más de 90 cm. de profundidad, de textura poco finas o levemente gruesas, permeables y con pendientes de hasta 8%, de relieve inclinado u ondulado. Son suelos de estructura nuciforme, en bloques o bloques subangulares y presentan erosión de ligera a moderada

principalmente del tipo laminar en surcos, con un drenaje caracterizado por corrientes permanentes, intermitentes y efímeras, predominando las intermitentes, siendo su nivel freático profundo (de 90 a 50 cm.). Su contenido de materia orgánica es moderado, presentando también una moderada capacidad de retención de fertilidad y de humedad. Son aptas para cultivos anuales o de dos cosechas por año, aunque requiere de algunas prácticas de manejo como labranza en contorno, rotación de cultivos, etc.

C) Clase III

Se agrupan en esta clase, tierras con suelos poco profundos, de textura arena franca o arcilla permeable y que son lentamente permeables, presentando una pendiente hasta de 12% y el relieve es inclinado fuerte u ondulado fuerte, presentando una estructura en bloques subangulares o prismáticas, siendo la erosión de moderada a severa y en cuanto al drenaje, la escorrentía superficial presenta corrientes permanentes y efímeras, siendo el nivel freático moderadamente profundo (de 60 a 90 cm.). En cuanto a factores limitantes, puede presentar una combinación de microrrelieve y pedregosidad interna, además que pueden evidenciar presencia de malezas que influyan de manera significativa en los costos de desarrollo. El uso de estas tierras puede ser para cultivos anuales, pastos, praderas, cultivos perennes y bosques.

D) Clase IV

Incluye tierras con suelos poco profundos (de 25 a 50 cm.) a muy poco profundos (menos de 25cm.), de textura arena, arcilla o arcillo limosos, muy lentamente permeables o libremente permeables, con pendientes de hasta 16% y de relieve ondulado fuerte o quebrado, con estructura prismática, columnar o degradada, severamente erosionados, incluso con presencia de cárcavas moderadas, en general, altamente susceptibles a la erosión, su patrón de drenaje en general es dendrítico muy desarrollado, presentan nivel freático superficial. En cuanto a factores limitantes, presentan pedregosidad y rocosidad expuesta, evidenciando también una cobertura de malezas muy difícil de corregir. En cuanto a su uso, se pueden dedicar a cultivos de una cosecha anual, pastos, praderas, bosques o cultivos perennes.

E) Clase V

Son tierras con suelos que pueden ser profundos o poco profundos, de textura fina y en algunos casos mediana o gruesa, generalmente son impermeables o lentamente permeables, pueden tener pendientes hasta de 24% aunque pueden encontrarse tierras casi planas, son de relieves planos, inclinados y ondulados, de estructura en bloques o columnar, presentan pocos problemas de erosión, en cuanto a drenaje son suelos muy pobremente drenados con una alta susceptibilidad a la inundación, y presentan pH menores de 6.5 a mayores de 8, su nivel freático es muy superficial. En cuanto a factores limitantes

pueden encontrarse fragmentos rocosos sueltos y afloramientos rocosos. El uso de estas tierras puede ser para praderas o bosques.

F) Clase VI

Se reúnen aquí suelos muy poco profundos (menos de 25 cm.), en cuanto a textura, esta es compactada o muy gruesa en todo el perfil, son impermeables o libremente permeables, con pendientes de 24 a 32%, de relieve ondulado fuerte o quebrado, su estructura es grande o pequeña débilmente desarrollada, con erosión de severa a muy severa y drenaje superficial o interno muy deficiente y son áreas sujetas a inundaciones, el nivel freático es muy superficial (menos de 25cm.), su contenido de materia orgánica, así como su capacidad de retención de fertilidad y de humedad es bajo, presentan factores limitantes como fragmentos rocosos sueltos así como afloramientos rocosos. En cuanto al uso de estas unidades, pueden ser para algún tipo de cultivos perennes, requiriendo prácticas de conservación fundamentales.

G) Clase VII

Son tierras que presentan suelos muy poco profundos que en su textura se caracterizan porque presentan estratos compactados desde la superficie o muy gruesa, con grava en todo el perfil, son impermeables o libremente permeables, con pendientes de más de 32%, de relieve fuerte, quebrado o escarpado, su estructura es degradada, débil o bien constituyendo macroestructura de tipo blocoso, presentan erosión muy severa y su drenaje es muy deficiente, caracterizándose el drenaje superficial por escorrentía destructiva, su nivel freático es muy superficial (menos de 25 cm.) o completamente ausente aproximadamente durante 8 meses, su capacidad de retención de fertilidad es muy baja y su capacidad de retención de humedad es ó muy baja o excesivamente alta y su contenido de materia orgánica es alto. pueden dedicarse a praderas, bosques y protección de cuencas hidrográficas.

H) Clase VIII

Se agrupan aquí, tierras que presentan suelos muy poco profundos (menos de 25 cm.), presentando cualquier textura, aunque nunca pueden ser medianas, son suelos impermeables y con pendientes mayores de 32%, con un relieve ondulado fuerte, quebrado o escarpado, la erosión es muy severa, presentando cárcavas muy severas, su drenaje se manifiesta como drenaje externo destructivo, su nivel freático está ausente todo el año, su contenido de materia orgánica es imperceptible así como su capacidad de retención de fertilidad es nula y su capacidad de retención de humedad de nula o bien exagerada, en cuanto a factores limitantes, presentan fragmentos sueltos de roca cubriendo más del 50% de la superficie. En

cuanto a su uso, estas tierras no son aptas para cultivos, debido a sus severas limitaciones, debe ser dedicadas a protección de cuencas a través de reforestación, también para abastecimiento de agua y recreación.

3.1.7 Taxonomía numérica:

Esta es una metodología cuyo uso se ha generalizado, principalmente por la disponibilidad actual de las computadoras. Fue definida esta metodología por Sokal, citado por Torres, G.J.; Cuanalo de la Cerda, H; Ortis, S.C. (1981), como la medida para la evaluación numérica de la afinidad de similitud entre dos unidades taxonómicas y la ordenación de éstas dentro de niveles, en base a su afinidad.

Buol, S.W.; Hole, F.D.; Mccracken, R.J. (1981), dice que la taxonomía numérica se basa en los principios adansonianos más que los de Linneo sobre la taxonomía, refiriéndose los primeros a que: la taxonomía natural ideal es la que tiene taxones con el mayor contenido de información; cada característica natural tiene el mismo peso en la construcción de una clasificación; la afinidad es una función de la proporción de características en común; y la afinidad es independiente de la filogenia (evolución de las especies o teoría genética).

Simpson, citado por Buol, S.W.; Hole, F.D.; Mccracken, R.J. (1981), resume las desventajas de la taxonomía numérica que son: la medida simple de similitud implica una pérdida enorme de información; la selección, la medición y la codificación de los caracteres múltiples son sumamente subjetivas; y en una clasificación taxonómica deben entrar muchos tipos diferentes de caracteres y no todos pueden escribirse y tomarse en consideración en un programa de computadora.

En relación a la clasificación de suelos, Buol, S.W.; Hole, F.D.; Mccracken, R.J. (1981), hace ver que los avances realizados en dicha clasificación tienen que ver con lo dicho por Whitehead, citado por el mismo autor, el cual expresó que es necesaria la clasificación, pero únicamente que se pudiera avanzar de las clasificaciones a las matemáticas, nos pudiera llevar muy lejos el razonamiento.

Buol, S.W.; Hole, F.D.; Mccracken, R.J. (1981), también hace ver las ventajas del uso de las computadoras en la clasificación de suelos, las cuales se refieren principalmente al almacenamiento y recuperación de datos, también menciona que la nueva taxonomía tiene una base realmente cuantitativa y que a través de la misma se pueden elaborar dendrogramas taxonómicos a partir de índices de similitud, mediante una calculadora de escritorio. Indica también Buol (1981), que aunque la taxonomía numérica de suelos no está muy desarrollada, el uso generalizado de computadoras de alta velocidad y el interés

creciente por la cuantificación de los datos de suelos inducirán la realización de trabajos más amplos en dicho campo.

A) Pasos Elementales Para La Aplicación De La Taxonomía Numérica:

a. Elección de Unidades: Es el primer paso en cualquier proceso clasificatorio y consiste en elegir las unidades a clasificar, las cuales se denominan OTU que por sus siglas en inglés significan "Operational Taxonomic Unit" (Crisci J.V.; López Almengor, M.F., 1983).

La elección de la unidad de estudio entre diferentes entidades dependerá de la estrategia y de los objetivos del trabajo taxonómico, por ejemplo si la finalidad del estudio es revisar la variación geográfica de la especie *Leucheria sincecioides*, las unidades serán las poblaciones de esa especie (Crisci J.V.; Lopez Almengor, M.F. 1983).

b. Elección de los caracteres: Deben elegirse los caracteres que describan a las OTU y registrarse el estado de los caracteres presentes en ellas. Estos caracteres pueden ser de tipo morfológico (externos, internos, embriológicos, palinológicos, etc.), fisiológico, químico, etológico, ecológico (hábitat, variaciones estacionales, etc.), geográficos, genéticos. Con respecto al número de caracteres a utilizar, en una época se pensaba que el número mínimo debería ser de 60, pero esto carece de bases teóricas y empíricas, ya que no existe una respuesta absoluta a este cuestionamiento, debiendo tomarse como criterio únicamente el hecho de utilizar numerosos caracteres (Crisci J.V.; López Almengor, M.F. 1983).

c. Construcción de una matriz básica de datos (MBD): Esta se construye tomando en cuenta la información obtenida a través de la realización de los pasos anteriores registrando las OTU por los estados de los caracteres (Crisci J.V.; López Almengor, M.F. 1983).

d. Obtención de un coeficiente de similitud para cada par de OTU: Lo cual se hace a base de la MBD y utilizando un coeficiente adecuado a los datos que contiene, se calcula la similitud para cada par posible de unidades taxonómicas (Crisci J.V.; López Almengor, M.F. 1983).

e. Construcción de una matriz de similitud: Con los valores de similitud que se calculan en el paso anterior, se construye una matriz de similitud OTU por OTU (Crisci J.V.; López Almengor, M.F. 1983).

f. Conformación de grupos: Lo cual se hace a través de la aplicación de técnicas como el análisis de agrupamientos y en base a la matriz de similitud anterior, obteniendo de esta manera, la estructura

taxonómica del grupo en estudio (Crisci J.V.; López Almengor, M.F. 1983).

g. Generalizaciones: Deben formularse las generalizaciones acerca de los taxones, como la elección de caracteres discriminatorios, relación entre los organismos, inferencias acerca de los taxones, etc. (Crisci J.V.; López Almengor, M.F. 1983).

B) Tipos De Datos A Utilizar En El Agrupamiento Numérico:

Existen diferentes categorías de datos y existen numerosas clasificaciones para expresar la variabilidad entre ellos (Crisci J.V.; López Almengor, M.F. 1983).

a. Datos doble estado y su codificación:

Se incluyen aquí los denominados datos binarios o sea los que tienen solo dos estados, pudiendo indicar presencia/ausencia y estados excluyentes. Son también denominados todo o nada y representan características que están o no presentes, por ejemplo el carácter Rayas en el abdomen que presenta los estados presencia de rayas o ausencia de rayas, lo cuales se codifican numéricamente con el número 1 para presencia y 0 para ausencia (Crisci J.V.; López Almengor, M.F. 1983).

b. Datos doble estado, estados excluyentes: Representan caracteres cualitativos que tienen dos estados solamente, por ejemplo el carácter tipo de fruto con sus estados dehiscente o indehiscente, los cuales pueden codificarse como 1 y 0, dándole el código 0 a cualquiera de los estados. Se puede codificar también con los números 1 y 2, siendo utilizados estos números únicamente como rótulos (Crisci J.V.; López Almengor, M.F. 1983).

c. Datos Multiestados y su codificación: Son aquellos que presentan tres o más estados y pueden ser cualitativos y cuantitativos.

i.- Datos multiestados cualitativos desordenados: Son datos que no pueden ser ordenados en una secuencia de grados del atributo, por ejemplo, el carácter tipo de superficie pilosa de la hoja con sus estados, escabrosa, estrigosa, hispida, hirsuta, seríceo, estrellada. El problema de la codificación de este tipo de datos se resuelve transformando a cada uno de los estados en datos presencia-ausencia, por ejemplo: definiendo como carácter la superficie de la hoja escabrosa y sus estados presente o ausente codificados como 1 y 0 respectivamente (Crisci J.V.; López Almengor, M.F. 1983).

ii.- Datos multiestados cualitativos con secuencia lógica: En el ejemplo anterior se nota que existen

distintas posibilidades, por ejemplo, para el carácter presencia de pelos y sus estados rara, 1, común, 2, abundante, 3, los números desempeñan una función ordinal, pues indican una posición de una cualidad en una secuencia de grados. Los valores correspondientes a cada estado del carácter no pueden someterse a operaciones aritméticas como la adición, o sea que no es posible que el carácter abundante tiene tres veces más pelos que el estado rara, 1. Para aplicarles el código aditivo, cada estado se transforma a un carácter de presencia-ausencia, pero con la diferencia de que cada vez que el carácter abundante está presente, se considera que los otros dos estados también lo están (Crisci J.V.; López Almengor, M.F. 1983).

iii.- Datos multiestados cuantitativos: Son datos cardinales, llamados magnitudes o simplemente cantidades.

1- Datos multiestados cuantitativos discontinuos: Presentan cualidades que son expresables sólo por números enteros, sin fracciones, y, por lo tanto, representan variabilidad discontinua; por ejemplo el número de pétalos, donde las expresiones serán siempre números enteros. Aquí es necesario transformar el carácter al tipo de carácter doble estado para poder codificarlo, por ejemplo, definiendo el carácter 2 a 4 pétalos con sus estados presente, 1 y ausente, 0, (Crisci J.V.; López Almengor, M.F. 1983).

2- Datos multiestados cuantitativos continuos: Expresan dimensiones continuas, o sea cualidades cuya variabilidad se distribuye en una escala continua. La expresión de los datos puede ser un número entero o fraccionario, por ejemplo: el carácter longitud de la hoja, el cual para su codificación según sea necesario dependiendo del índice de similitud que se esté utilizando, se deberá transformar a un carácter del tipo doble estado, transformándose el anterior carácter en varios caracteres como longitud de la hoja entre 2 y 3.99 cm con sus estados presente, 1 y ausente, 0, y el carácter longitud de la hoja entre 4 y 5.99 con sus estados presente: 1 y ausente: 0. (Crisci J.V.; López Almengor, M.F. 1983).

C) Coeficientes De Similitud Para la Estimación del Parecido Taxonómico:

Con el uso de coeficientes de similitud puede cuantificarse el parecido o similitud (o diferencias) entre cada par de OTU de una matriz básica de datos. Estos coeficientes se agrupan en coeficientes de distancia, correlación y asociación (Crisci J.V.; López Almengor, M.F. 1983).

a. Coeficientes De Distancia: Se aplican en matrices básicas que contienen datos doble-estado o multiestados, o ambos tipos de datos. Algunos coeficientes de distancia son: Mean Character Difference (MCD), el cual es el más comúnmente usado y se expresa como la sumatoria del valor absoluto de la

diferencia entre cada estado de los caracteres de las OTU, dividido por el número de caracteres. Se expresa por medio de la fórmula:

$$MCD = 1/n \sum_{i=1}^n |X_{ij} - X_{ik}|$$

donde: X_{ij} = valor del carácter i en la OTU j ; X_{ik} = valor del carácter i en la OTU k , y n = número de caracteres. Otro coeficiente es el que se denomina Taxonomic Distance (TD), el cual se expresa por medio de la fórmula:

$$TD = \sum_{i=1}^n ((X_{ij} - X_{ik})^2)^{1/2}$$

Otro coeficiente importante y que toma en cuenta la variación intra OTU es el que se expresa por la fórmula:

$$CD = \sum_{i=1}^n ((X_{ij} - X_{ik})^2 + (S_{ij} - S_{ik})^2)^{1/2}$$

donde: X_{ij} = media del carácter i para la OTU j ,

X_{ik} = media del carácter i para la OTU k ,

S_{ij} = desviación estándar del carácter i para la OTU j ,

S_{ik} = desviación estándar del carácter i para la OTU k .

Los valores de los coeficientes de distancia varían de cero a infinito, siendo cero la máxima similitud (Crisci J.V.; López Almengor, M.F. 1983).

b. Coeficientes De Correlación: El más empleado de estos coeficientes es el coeficiente de correlación de Pearson, que también se llama coeficiente de correlación del momento-producto. Se expresa por la fórmula siguiente:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_j)(X_{ik} - \bar{X}_k)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_j)^2 \sum_{i=1}^n (X_{ik} - \bar{X}_k)^2}}$$

$$\frac{\sum_{i=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_j)(X_{ik} - \bar{X}_k)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_j)^2 \sum_{i=1}^n (X_{ik} - \bar{X}_k)^2}}$$

donde \bar{X}_j = media para todos los valores de los estados de la OTU j;

\bar{X}_k = media para todos los valores de los estados de la OTU K.

Los valores de este coeficiente oscilan entre 1 y -1, siendo 1 la máxima similitud (Crisci J.V.; López Almengor, M.F. 1983).

c. Coeficientes De Asociación:

Estos miden las coincidencias y diferencias en los estados de caracteres entre dos OTU. Es aplicable en datos del tipo doble-estado, aunque algunos pueden ser aplicados también en datos multiestados cualitativos sin secuencia lógica (Crisci J.V.; López Almengor, M.F. 1983). Para comprender la aplicación de los coeficientes de asociación, es necesario tener en cuenta lo siguiente, si se comparan dos OTU, j y k, para un carácter doble estado se tienen cuatro posibilidades: que ambas OTU tengan presente el carácter comparado (1,1); que ambas OTU no presenten el carácter comparado (0,0); que la primera de ellas tenga el carácter presente y la segunda ausente (1,0); y que la primera de ellas tenga el carácter ausente y la segunda presente (0,1). Si esto se traslada a una matriz de 2x2 se obtiene la siguiente representación:

Cuadro 1. Matriz 2x2 que representa la comparación de dos OTU para un carácter doble estado.

		OTU J	
		1	2
OTU K	1	1,1 a	1,0 b
	0	0,1 c	0,0 d

donde el resultado de la suma de a, b, c y d es el número total de caracteres utilizado (n) (Crisci J.V.; López Almengor, M.F. 1983).

El coeficiente de asociación más sencillo es el llamado Simple Matching Coeficient (SMC) y se expresa por la fórmula:

$SMC = (a + d)/(a + b + c + d)$, el valor de este coeficiente oscila entre 1 y 0 y 1 es la máxima similitud y 0 la mínima (Crisci J.V.; López Almengor, M.F. 1983).

Otro es el coeficiente de Asociación de Jaccard (CAJ), el cual no considera el valor de "d" como elemento en favor de la similitud. Se expresa por la fórmula: $CAJ = a/(a + b + c)$, y sus valores oscilan entre 1 y 0 como máxima y mínima similitud respectivamente (Crisci J.V.; López Almengor, M.F. 1983).

El coeficiente de Rogers y Tanimoto (RT) resalta la importancia de las diferencias entre las OTU, expresándose por la fórmula: $RT = (a + d)/a + (2b) + (2c) + d$ y sus valores también varían entre 0 (mínima similitud) y 1 (máxima similitud). Tenemos también el coeficiente de asociación de Dice o de Sorensen (SD) que da mayor peso a las coincidencias y sus valores varían igual que en los anteriores. Se expresa como: $SD = 2a/(2a + b + c)$. A diferencia de los anteriores, el coeficiente de Sokal y Sneath (SS) da mayor significancia a las coincidencias y ausencias conjuntas y sus valores oscilan de igual manera que para los anteriores. Se expresa por: $SS = 2(a+d)/(2(a+d) + b + c)$, (Crisci J.V.; López Almengor, M.F. 1983).

El índice de similaridad de Kappa también es un coeficiente de asociación y se expresa como $K_i = (4(ad - bc) - (b-c)^2)/((2a+b+c)(2d+b+c))$. Sus valores también oscilan entre 0 y 1 y para su interpretación se utiliza el siguiente criterio: valor de Kappa menor de 0.40 indica que no hay acuerdo, de 0.40-0.75 indica un acuerdo intermedio (aceptable) y un valor de Kappa mayor de 0.75 indica un acuerdo excelente (Matute J.; Boy, E., 1992).

Para la aplicación de los coeficientes de asociación a datos cuantitativos continuos deben transformarse a datos doble estado (Crisci J.V.; López Almengor, M.F. 1983).

D) Estandarización De Variables:

Ya que en la aplicación de los coeficientes de similitud a datos multiestados cuantitativos continuos surge la dificultad de que algunas veces coexisten diferentes escalas de medidas en relación con una misma OTU, se hace necesario transformar la matriz básica de datos para que exprese todos los valores en una sola escala. La técnica de transformación que se utiliza es la estandarización, por medio de la cual se expresan los valores de la matriz básica de datos en unidades de desviación estándar, cuyo cálculo se expresa de la siguiente manera: X_{ij} estandarizado = $(X_{ij} - X_i)/S_i$, en donde X_{ij} es el valor del carácter i para la OTU j ; X_i es la media del carácter i y S_i es la desviación estándar del carácter i . (Crisci J.V.; López Almengor, M.F. 1983).

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 FISIOGRAFIA

A) Ubicación

La cuenca del río Itzapa se encuentra ubicada en la cabecera noroeste de la cuenca del Río Achiguate, la cual se localiza en el municipio de San Andrés Itzapa en el departamento de Chimaltenango. Colinda con la cabecera departamental de Chimaltenango al Norte, con el municipio de Parramos al Este, con el cerro las Minas, la montaña El Soco y con el municipio de Zaragoza al Oeste, y al Sur con el cerro El Chino, finca Santa Rosa y el caserío El Ciprés. Sus coordenadas geográficas son: 90°, 54', 14.7" a 90°, 49', 21" de Longitud Oeste y 14°, 34', 37" a 14°, 38', 56" de Latitud Norte. Esta cuenca también forma parte de la región fisiográfica de las tierras altas volcánicas del país (Aguilar Marroquin, S.D., 1987; Instituto Geográfico Militar, 1984). (Figura 1)

B) Superficie

La cuenca comprende 2610.50 hectáreas o sea 26.11 kilómetros cuadrados, constituyendo aproximadamente el 1.8% de la extensión total de la Cuenca del río Achiguate.

C) Relieve

La altura máxima de la cuenca está a 2688 msnm y la parte baja está representada por una altura mínima de 1740 msnm (Aguilar Marroquin, 1987, Instituto Geográfico Militar, 1984).

D) Hidrografía:

La cuenca del río Itzapa drena sus aguas por medio del río denominado La virgen, nombre que además es el que toma el río Itzapa en la parte alta de la cuenca. El origen de este río se encuentra en el cerro El Soco que se encuentra a una elevación de 2688 msnm. (Instituto Geográfico Militar, 1984).

E) Clima

Según la clasificación de Thornthwite el clima de la cuenca es B2'b'Bi, o sea: templado en cuanto a las jerarquías de la temperatura (B2') y con invierno benigno en cuanto a la variación de la temperatura (b').

En cuanto a las jerarquías de humedad es húmedo (B) y según el tipo de distribución de la lluvia es con invierno seco (i) (Instituto Geográfico Nacional, 1975)

De acuerdo con el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge, en la cuenca se encuentran las zonas de vida denominadas: Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical (bh-MB) que abarca principalmente las partes media y baja de la cuenca y Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Subtropical (bmh-MB) en la parte alta de la misma. (Instituto Nacional Forestal, 1983, Tojin, 1987)

Las especies indicadoras que se pueden encontrar en la cuenca son: para el Bosque Húmedo Montano Bajo, Pinus Montezumae Lambert y Quercus sp. L.; para Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical, Alnus arguta (Schlecht), Chiranthodendron pentadactylon Larreategui, Urtica sp. (L) y Oreopanax xalapensis HBK. La primera presenta condiciones climáticas caracterizadas por un patrón de lluvias que varía entre 1,057 mm. y 588 mm. con un promedio de 1616 mm. de precipitación anual, con biotemperaturas de 5 a 23 grados C. La evapotranspiración potencial estimada es de 0.75. La segunda presenta un patrón de lluvias con una precipitación pluvial anual que va de 2065 a 3900 mm, con un promedio de 2730 mm, con biotemperaturas de 2.5 a 8.6 grados Centígrados. y la evapotranspiración potencial estimada es de 0.35. En cuanto a su elevación sobre el nivel del mar, esta última va de 800 a 3000 msnm, en tanto que la primera varía entre 500 y 2400 msnm (Instituto Nacional Forestal, 1983, Tojin, 1987).

La precipitación media anual en la cuenca es de 1,202.85, los cuales se distribuyen durante los meses de mayo a octubre. La temperatura media anual es de 23.1 °C; la humedad relativa es de 70 a 75%, la velocidad media del viento es de 3 kilómetros por hora con dirección Oeste (Aguilar Marroquin, 1987).

F) Geología

La cuenca del río Itzapa se caracteriza por materiales geológicos constituidos principalmente por rocas volcánicas sin dividir, predominantemente del Mio-Plioceno. Incluye tobas, coladas de lava, material lahárico y sedimentos volcánicos del período terciario y material ígneo y metamórfico del período cuaternario (Instituto Geográfico Nacional, 1970).

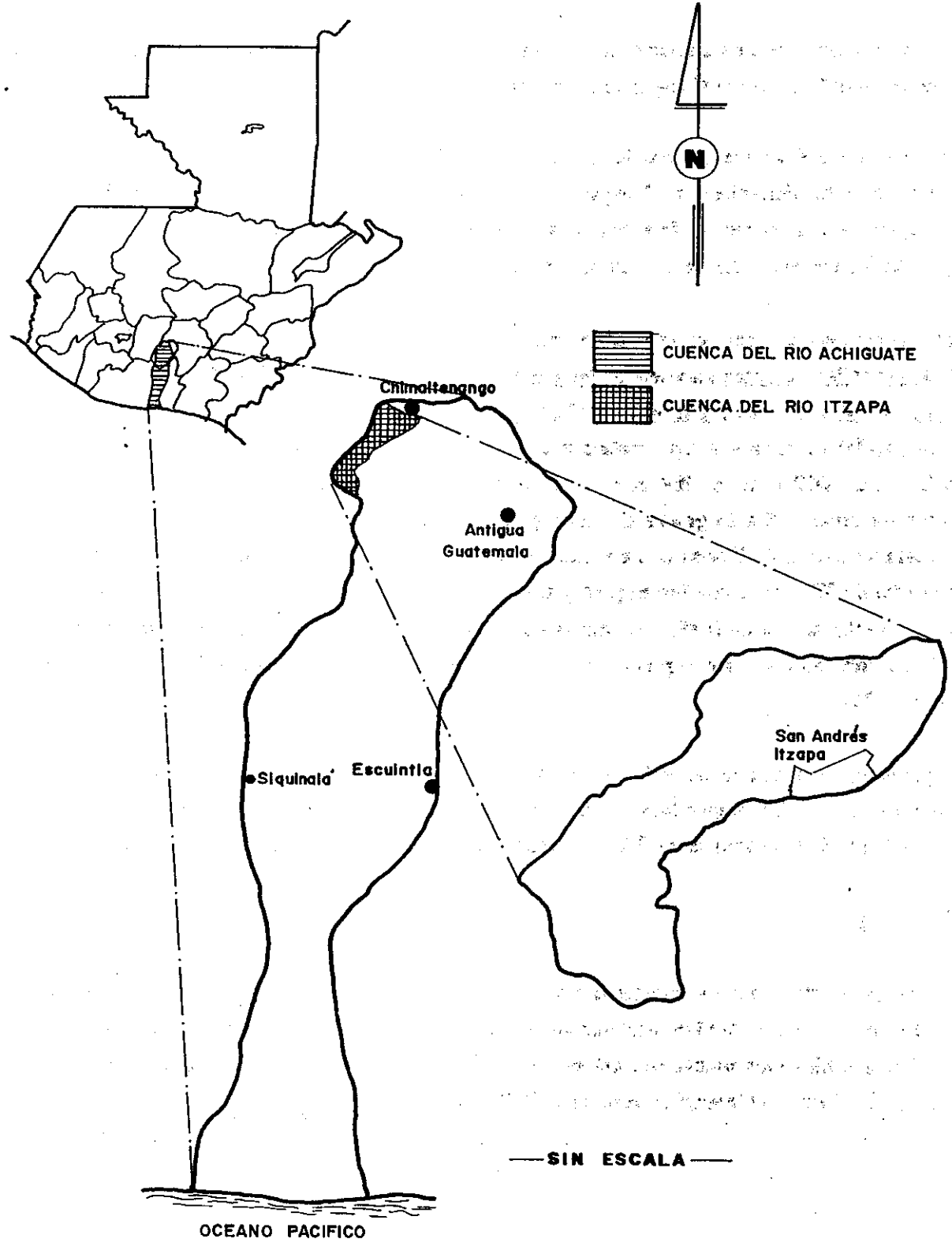


FIG. 1 Ubicacion de la Cuenca del río Itzapa a nivel nacional y dentro de la cuenca del río Achiguate.

G) Suelos

Según Simmons, Tarano y Pinto (1959), los suelos dentro de la cuenca abarcan las siguientes series:

a. Suelos Tecpán: los cuales se caracterizan por ceniza volcánica de color claro como material madre, con un relieve casi plano a ondulado, que poseen un buen drenaje interno. El suelo superficial es de color café oscuro con una textura y consistencia franco arcillosa friable y un espesor aproximado de 30 a 50 cm. El subsuelo es café amarillento, de consistencia friable y textura franco arcillosa, con un espesor aproximado de 50 a 100 cm.

b. Suelos Patzicía: caracterizados por ceniza volcánica pomácea de color claro como material madre con relieve inclinado y drenaje interno bueno. Suelo superficial café oscuro de textura y consistencia franco arcillosa suelta y de 25 a 40 cm. de espesor. El subsuelo se caracteriza por ser de color café, de consistencia suelta a friable y de textura franco arenosa, con un espesor aproximadamente de 40 a 60 cm.

c. Suelos Alotenango: los cuales se caracterizan por tener un material madre constituido por ceniza volcánica máfica de color obscuro. Son de relieve inclinado a muy inclinado con un drenaje interno excesivo. El suelo superficial es de color café oscuro a café muy oscuro, de textura y consistencia franca suelta y de un espesor aproximado de 25 a 40 cm. El subsuelo es de color café grisáceo oscuro y la consistencia es suelta, su textura es franco arenosa y presenta un espesor aproximado de 40 a 50 cm.

En cuanto a clasificación taxonómica, el 67.54% de los suelos de la cuenca pertenecen al orden de los Andisoles y 10.29% constituyen una asociación entre Andisoles e inceptisoles (Universidad de San Carlos de Guatemala, 1995).

H) Capacidad de uso de la tierra

Según Herrera, I.R. (1984), en la cuenca del río Itzapa, las clases de Capacidad de Uso de la Tierra (por medio de la metodología de USDA) van de la II a la VII, con limitaciones de erosión y escurrimiento superficial. Indica además, que de manera general, son tierras de fuerte pendiente y erosión muy severa, en consecuencia, pueden ser adecuadas para cultivos perennes, pues requieren prácticas intensivas de conservación de suelos.

3.2.2 Uso De La Tierra

Según el I.G.N. en 1982, la cuenca presentaba una cobertura caracterizada por cultivos de maíz, frijol en menor escala y bosque denso en mayor escala (Instituto Geográfico Nacional, 1982).

Según Aguilar Marroquin (1987), el uso agrícola de la cuenca del río Itzapa en ese año ocupaba un 16.7% del área que comprende. El 33.2% de dicha área estaba ocupada por bosques naturales de coníferas y frondosas y el 8.07% y 16.2% respectivamente por matorrales y pastizales, mientras que el 2.98% lo ocupaba el área urbana. En 1987 Los cultivos agrícolas principales eran el maíz, frijol, haba, trigo y hortalizas y en menor importancia el café. Estos cultivos se encuentran establecidos en pendientes mayores del 30% sin ninguna práctica de conservación de suelos. El bosque natural está representado principalmente por Pinus montezumae Lambert, Alnus arguta (Schlecht) y Chiranthodendron penthadactylon Larreategui, formando rodales puros y mixtos.

3.2.3 Características Socioeconómicas

A) Población

La población total de la cuenca del río Itzapa, incluyendo habitantes de la cabecera municipal de San Andrés Itzapa y la aldea Chicazanga, en 1992 ascendía a 14,177 habitantes. En la cuenca del Río Itzapa se ubican las aldeas El Aguacate y Chicazanga y parcialmente la cabecera municipal de San Andrés Itzapa. La aldea Chicazanga la habitan personas Maya Cakchiquel, en tanto que la aldea El Aguacate la forman personas ladinas. En la cabecera municipal se da una mezcla de ambos tipos de personas predominando los indígenas Cakchiquel. En forma general, en la región se presenta predominantemente una población indígena del 61.73% de habla Cakchiquel. Las familias de las comunidades de la cuenca del río Itzapa están formadas por un mínimo de 3 personas hasta un máximo de 8, mientras que el número promedio de personas por familia es de 6 (Aguilar Marroquin, 1987).

Según Zúñiga Aragón, R.A. (1995), en la parte media de la cuenca (para este año) existen un total de 552 familias que representan una población de 7,425 habitantes, con un promedio de 5 miembros por familia, un máximo de 10 y un mínimo de 2. Indica también que un 83.91% de esta población de la parte media son del grupo étnico Maya Cakchiquel, los cuales son bilingües, es decir que tienen dominio de su lengua nativa y del castellano.

B) Accesibilidad

El área de estudio (cuenca del río Itzapa), abarca parcialmente la cabecera municipal de San Andrés Itzapa, la cual dista 60 km. de la ciudad capital, los cuales se recorren por la carretera asfaltada CA-1. Para ubicarse exactamente en el área de estudio, se puede hacer siguiendo la ruta nacional Chimaltenango no. 7 que conduce hasta el poblado de San Andrés Itzapa, el cual se encuentra a 5 km. de Chimaltenango; esta carretera es de terracería. También se puede seguir la ruta a través de la carretera de terracería que se inicia en el parque nacional "Los Aposentos", la cual tiene un recorrido de 3 km. hasta San Andrés Itzapa (Figura 2) (Diccionario geográfico de Guatemala, 1978)

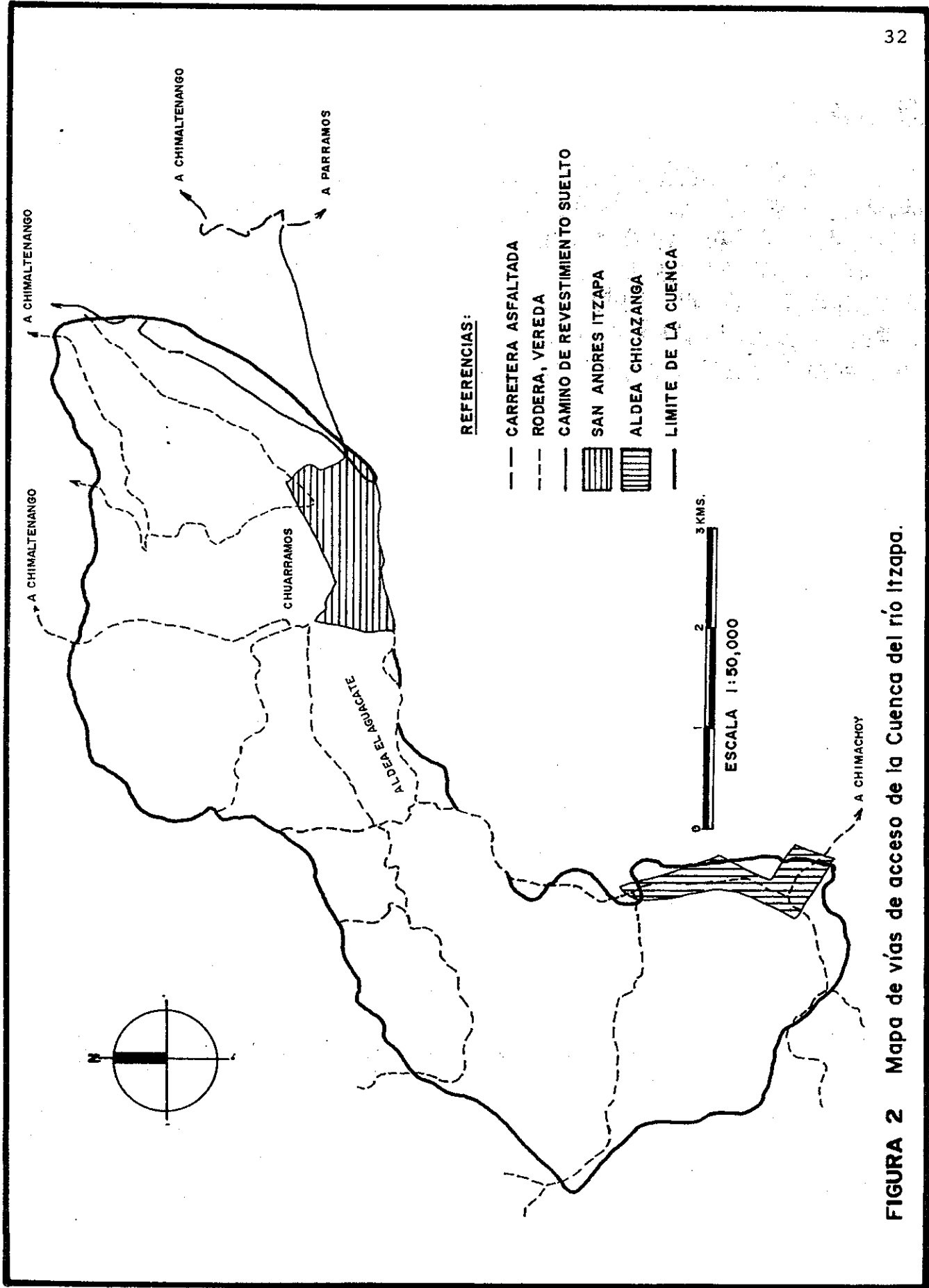


FIGURA 2 Mapa de vías de acceso de la Cuenca del río Itzapa.

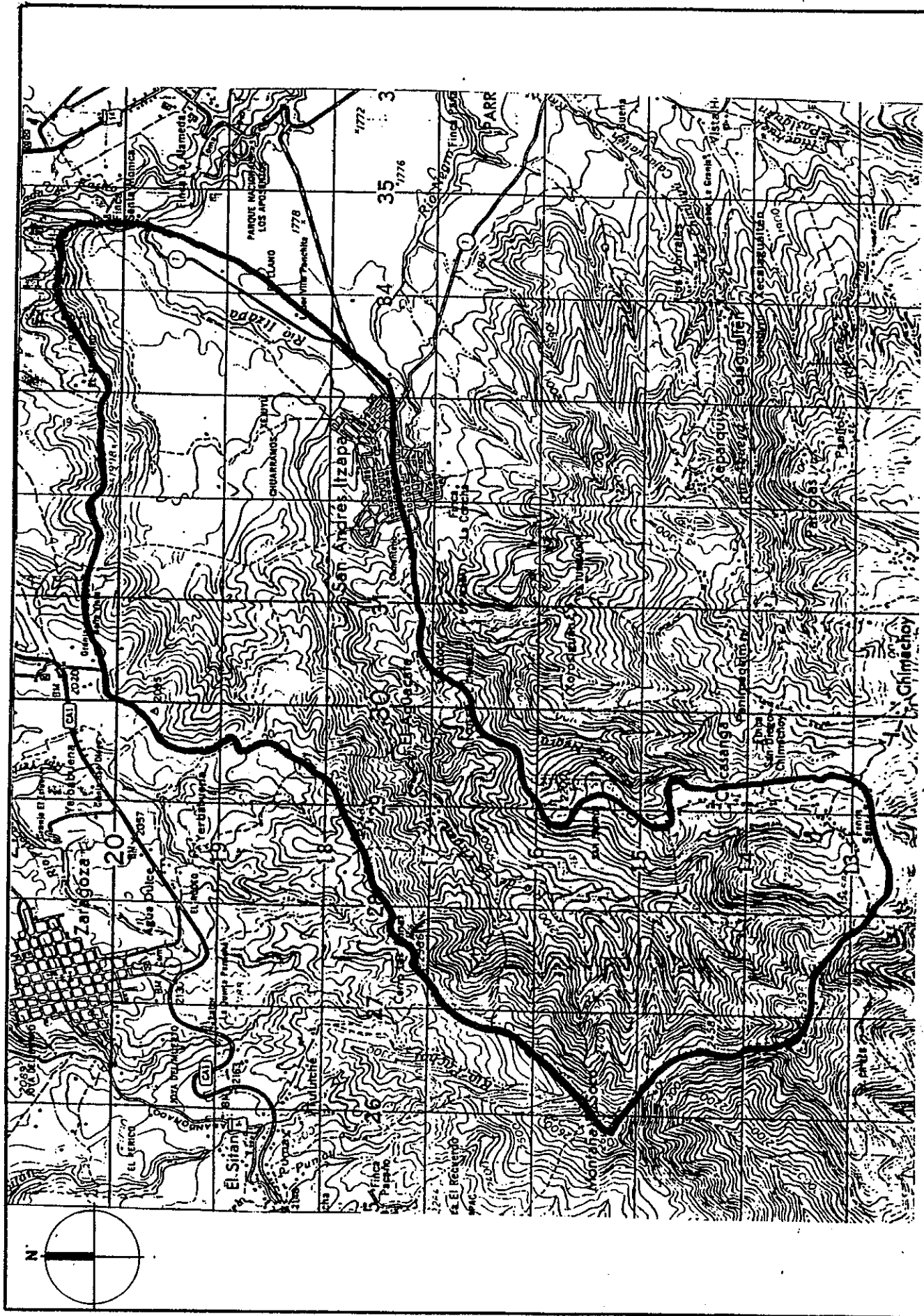


FIGURA 3. Delimitación de la cuenca del río Itzapa. Escala 1:50,000

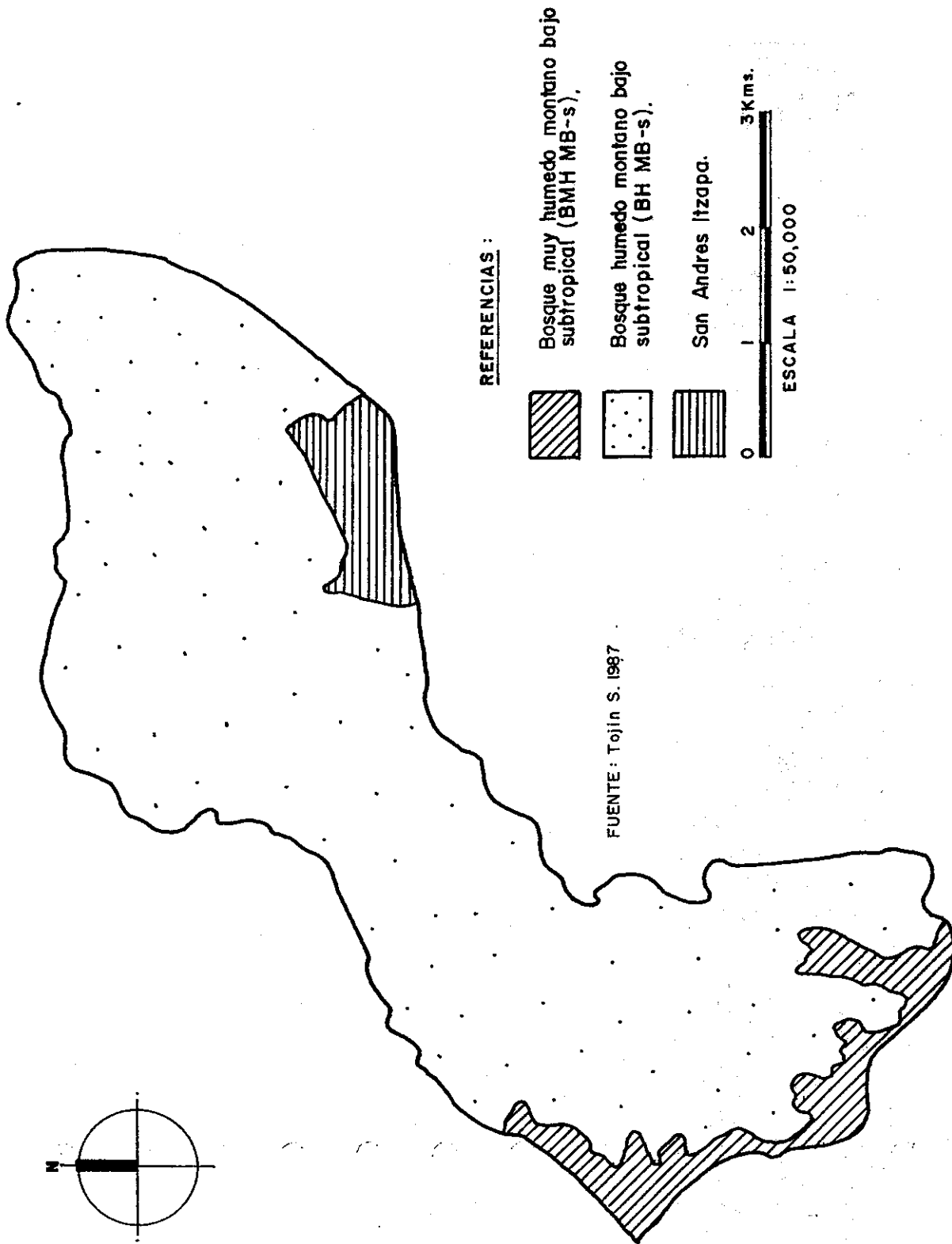


FIGURA 4. MAPA DE ZONAS DE VIDA DE LA CUENCA DEL RIO ITZAPA.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general:

- 4.1.1** **Aplicar y comparar diferentes metodologías para la determinación de la capacidad de uso de la tierra en la cuenca del río Itzapa.**

4.2 Objetivos específicos:

- 4.2.1** **Establecer la metodología de estudio de Capacidad de la Tierra, que mejor se ajuste a las condiciones de la cuenca del río Itzapa.**
- 4.2.2** **Comparar las intensidades de uso en la cuenca del río Itzapa, con tres metodologías de capacidad de uso de la tierra.**

5. METODOLOGIA

Las tres metodologías de capacidad de uso de la tierra en comparación fueron las siguientes:

- Determinación De La Capacidad De Uso De Las Tierras de Costa Rica (Centro Científico Tropical de Costa Rica (C.C.T.), 1985.
- Determinación De Las Clases De Capacidad De Uso De La Tierra Del Departamento De Agricultura De Los Estados Unidos (USDA). (Universidad de San Carlos de Guatemala, s.f.).
- Clasificación De La Capacidad De La Tierra, Para Tierras Marginales De Los Trópicos Húmedos, de T.C. Sheng. (Sheng, T.C. 1976).

Para cumplir con los objetivos fue necesario realizar las siguientes fases.

5.1 PRIMERA FASE DE GABINETE

A) Análisis cartográfico y aerofotográfico:

a) Recopilación y ordenamiento de información biofísica:

Se analizó e integró la información disponible en la cuenca del río Itzapa sobre los aspectos de suelos, uso de la tierra, clima, etc.

Sobre el recurso suelo se recopiló información ya existente en relación a descripción de pedones, la cual, luego de analizada permitió definir la información que era necesario recabar para poder completar y actualizar la información edafológica de la cuenca que sirviera de base para la correcta determinación de la capacidad de uso de la tierra. Sobre el aspecto clima fue posible obtener el mapa de zonas de vida de la cuenca elaborado por Tojin (1987) (Figura 3), el cual fue utilizado en la determinación de la capacidad de uso de la tierra según la metodología del CCT. Además, se adecuó un mapa de límites de la cuenca y un mapa de uso de la tierra de 1992 elaborado por Esquit *et. al.* (1992), para posteriormente ser corregidos y actualizados.

b) Delimitación de la cuenca:

Con la hoja cartográfica Chimaltenango escala 1:50000 y fotografías aéreas pancromáticas del área de estudio escala 1:30600 y en base a la delimitación ya existente de la cuenca del río Itzapa, se corroboró y corrigió dicha delimitación previamente realizada, lo cual posteriormente fue verificado en el campo.

c) Elaboración de Mapas de Pendientes:

En base a la distribución de las curvas de nivel en la cuenca del río Itzapa se realizaron los mapas de pendientes para las metodologías de T.C. Sheng y USDA respectivamente. Para el efecto, se elaboraron plantillas de pendientes de acuerdo a los rangos que presenta cada metodología. Para la metodología de USDA se utilizaron las curvas de nivel de la hoja cartográfica Chimaltenango, escala 1:50000, ya que los rangos que define esta metodología permiten trabajar con una plantilla a esa escala. Sin embargo, para la realización del mapa de pendientes según Sheng, fue necesaria la ampliación del mapa de la cuenca de escala 1:50000 a escala 1:25000, ya que los rangos de pendientes de Sheng por ser más amplios no pueden ser trabajados adecuadamente con una plantilla de pendientes a escala 1:50000 pues los espaciamientos entre los rangos resultan ser muy pequeños. Para la realización de los mapas de pendientes, se llevó a cabo los siguientes pasos:

- i. Elaboración de plantilla de pendientes para cada metodología utilizando acetato y rapidógrafo.
- ii. Delimitación de unidades de pendientes en base a la separación de las curvas de nivel, con la agrupación de áreas semejantes.
- iii. Aplicación de la plantilla de pendientes respectiva para determinar el rango de pendientes de cada unidad de pendiente y asignación del código adecuado.
- iv. En el caso del mapa de pendientes según los rangos de Sheng, fue necesario realizar un vaciado de la información del mapa escala 1:25,000 a un mapa escala 1:50,000.

d. Delimitación de áreas de muestreo:

Con fotografías aéreas pancromáticas del área de estudio escala 1:30,600 y la hoja cartográfica Chimaltenango, escala 1:50,000, se realizó la delimitación de las unidades de muestreo y al mismo tiempo se ubicaron los puntos de muestreo en cada unidad. La delimitación de las unidades de muestreo fue realizada en base a las características fisiográficas del área y los puntos de muestreo que se tomaron en cuenta fueron 25.

5.2 FASE DE CAMPO:

5.2.1 Límites de la cuenca:

Se realizaron todos los reconocimientos de campo que fueron necesarios con la finalidad de verificar y corregir los límites reales del área que ocupa la cuenca en base a la delimitación realizada previamente en gabinete.

5.2.2 Información biofísica:

A) Información edafológica:

Con la ayuda de la fotografía aérea y el mapa cartográfico se localizaron los pedones previamente descritos con el propósito de completar la información principalmente en cuanto a profundidad efectiva de los mismos; Asimismo se ubicaron y describieron nuevos puntos de muestreo, para completar la información respecto a toda el área de estudio. La información recabada se refiere a características del ambiente tales como pendiente, erosión, drenaje superficial, microrrelieve, etc. y características del perfil del suelo tales como profundidad de los horizontes genéticos, textura, color, profundidad efectiva, etc. La pendiente fue determinada por medio del clinómetro y el color de suelo se determinó con la tabla de la escala internacional de colores Munsell.

B) Zonas de vida y Uso de la tierra:

Sobre la base del mapa de uso de la tierra elaborado por Esquit *et al* (1992), se practicaron los reconocimientos de campo necesarios, en los cuales se corrigió y actualizó el mapa de uso de la tierra. A través de estos reconocimientos fue posible también verificar y corregir los mapas de pendientes realizados previamente en fase de gabinete.

5.2.3 Boleta de opinión profesional:

Con el objeto de reunir el criterio profesional respecto a las características de las metodologías de capacidad de uso de la tierra, de acuerdo con la experiencia que se tiene en la aplicación de las mismas y que esto permita interpretar las ventajas y desventajas que dichas metodologías presentan en cuanto a su uso, se realizó una entrevista a profesionales que han realizado estudios de capacidad de uso de la tierra, para lo cual se utilizó como marco lista, el registro de profesionales de la "Asociación Guatemalteca de la Ciencia del Suelo". Los resultados fueron analizados descriptivamente, a través de relaciones proporcionales.

5.3 SEGUNDA FASE DE GABINETE:

5.3.1 Elaboración de mapa de profundidades efectivas de suelo:

En base al estudio de campo realizado en el cual se describió cuando menos un pedón de cada unidad cartográfica, se le asignó la profundidad efectiva a cada unidad de muestreo respectivamente, posteriormente, con los rangos de profundidad de suelo que presentan las metodologías de USDA Y T.C. Sheng, les fue asignado un código que identifica el rango de profundidad a cada unidad. Finalmente se agruparon todas aquellas áreas que presentaron el mismo rango de profundidad efectiva.

5.3.2 Determinación de la capacidad de uso de la tierra para las metodologías de USDA y C.C.T. Se realizó una sobreposición del mapa de pendientes según USDA en el mapa de profundidades de suelo. Esta sobreposición, debido a su simplicidad fue realizada manualmente. El resultado de esta sobreposición fue codificado debidamente para luego aplicar la "Clave de Interpretación de Clases de Capacidad de Uso de la Tierra" según USDA, con la cual fue posible asignarle a cada unidad resultante de la sobreposición identificadas, la Clase y Subclase de Capacidad de Uso de la Tierra correspondiente. El mapa fue editado a escala 1:50,000.

En base a los reconocimientos de campo y a la información de los puntos de muestreo de toda la cuenca, se elaboró una base de datos de todas las variables indispensables para la aplicación de la clave de interpretación de Clases de Capacidad de Uso de la Tierra según la metodología del C.C.T. Con esta base de datos, se aplicaron las claves y se le asignó una Clase de Capacidad y los factores limitantes correspondientes a cada unidad del mapa de unidades cartográficas usado como referencia. El mapa fue editado a escala 1:50,000.

5.3.3 Digitalización de mapas:

Con la ayuda de un tablero digitalizador, se realizó la grabación electrónica de los mapas de uso de la tierra, pendientes según las metodologías de USDA y Sheng, mapa de profundidades de suelo, mapa de Capacidad de Uso de la Tierra según las metodologías de USDA y CCT respectivamente. La digitalización se llevó a cabo por medio del programa denominado "ATLAS DRAW"; luego los archivos con los mapas digitalizados (archivos vector) fueron transportados por medio de "ATLAS GRAPHIC" al programa "IDRISI", en donde serían procesados. Por medio de los comandos de "IDRISI", se elaboraron imágenes de cada uno de los mapas digitalizados, debidamente orientados y etiquetados para su posterior procesamiento e impresión.

5.3.5 Determinación de la capacidad de uso de la tierra según T.C. Sheng:

Con el uso de los comandos que presenta el sistema de información geográfica "IDRISI", se realizó una sobreposición de los mapas de pendientes según esta metodología y el mapa de profundidades de suelo (debido a que la realización de esta sobreposición en forma manual presentaba un alto grado de complicación). El resultado de esta sobreposición fue debidamente ordenado asignándole a cada unidad la correspondiente Clase de Capacidad por medio de clave de interpretación de Clases de Capacidad de Uso según esta metodología. Finalmente se tuvo como resultado el mapa de Capacidad de Uso de la Tierra a escala 1:50,000.

Las áreas de capacidad de uso tanto de esta metodología como de las otras, fueron cuantificadas por medio del comando "AREA" de IDRISI.

5.3.6 Determinación de la intensidad de uso de la tierra

Para determinar y cuantificar la intensidad de uso de la tierra según las tres metodologías, a partir del mapa de uso de la tierra, fue ejecutado el comando "CROSSTAB" para cada mapa de capacidad y de uso de la tierra. Esto permitió tener la sobreposición de cada mapa de Capacidad de Uso de la Tierra con el de Uso de la Tierra respectivamente, cuyas áreas sobrepuestas fue necesario codificar asignándoseles las categorías correspondientes de "uso correcto", "subuso" y "sobreuso". La edición de los mapas se realizó a escala 1:500,00.

Las tres categorías de intensidad de uso de la tierra son las siguientes:

- A) **Uso Correcto:** Uso de la tierra que concuerda con el uso recomendable según la Capacidad de uso de la Tierra que presenta la unidad.
- B) **Subuso:** Uso de la Tierra menos intensivo en comparación con el uso recomendable que presenta la unidad.
- C) **Sobreuso:** Uso de la tierra que sobrepasa los límites del uso recomendable de acuerdo a la Capacidad de Uso que presenta la unidad.

5.3.7 Comparación espacial de las metodologías:

Con la finalidad de evaluar la forma en que cada metodología distribuye las Clases de Capacidad de Uso de la Tierra, en el espacio que ocupa el área de estudio, se realizó la determinación de Áreas de Similitud entre los tres mapas de capacidad de uso. Se realizó sobreposición de mapas y de acuerdo a una minuciosa interpretación, se le asignó a cada área de similitud la correspondiente categoría de "Concuerda", "No Concuerda" y "Concuerda Parcialmente". Con las áreas de similitud categorizadas, se determinó el índice de similitud de Kappa, el cual expresa el grado de similitud entre el área de una metodología y el área de la otra en cuanto a la distribución espacial de las Clases de Capacidad de Uso. Se tomó como base el criterio de Fleiss (MATUTE, J., 1992) para establecer el grado de concordancia, que indica que para un valor de Kappa menor a 0.40 la interpretación es que no existe ningún acuerdo, para un valor de Kappa de 0.40 a 0.75 la interpretación es que existe un acuerdo intermedio (considerado aceptable) y si el valor de Kappa es mayor de 0.75 indica que existe un buen acuerdo (acuerdo excelente). Finalmente se cuantificó el área que ocupa cada categoría de similitud. Los mapas de similitud fueron editados a escala 1:50,000.

La definición de las categorías de las Areas de Similitud, es la siguiente:

- A) **Concuenda:** Categoría que fue asignada a las áreas que resultaron de la sobreposición del mapa de una metodología con otra, en las que la Capacidad de Uso de una metodología es totalmente comparable la misma que en la otra.
- B) **No Concuenda:** Categoría que fue asignada a las áreas resultado de la sobreposición, en las que la Capacidad de Uso de una metodología es totalmente diferente a la de la otra.
- C) **Concuenda Parcialmente:** Categoría que fue asignada a las áreas resultado de la sobreposición, en las que la Capacidad de Uso de una metodología se considera parcialmente similar a la de la otra.

5.3.8 Comparación de las metodologías en cuanto a las características de las unidades de clasificación:

Se caracterizaron las unidades de capacidad de uso de la tierra de cada una de las metodologías, en relación a la uniformidad con que los pedones estudiados en la cuenca del río Itzapa están agrupados en dichas unidades, para lo cual se hizo uso de la "Taxonomía Numérica" (CRISCI, 1983); se hizo un agrupamiento de los pedones a través de la construcción de fenogramas de similitud (Cuadro 2, Figura 6) y se compararon con el agrupamiento de los pedones de cada una de las metodologías en evaluación.

Para la construcción del fenograma de similitud se calculó el coeficiente de similaridad que denota la distancia euclídeana (CRISCI, 1983); Según esta prueba de similaridad, la mejor metodología de clasificación es aquella que agrupó los suelos en forma parecida a como se agrupan por el procedimiento de la taxonomía numérica. Se calculó el porcentaje de acierto promedio de la agrupación de cada metodología, a nivel de clases y subclases, respecto a la agrupación de la taxonomía numérica. También se determinó el porcentaje de similitud promedio entre pedones agrupados en cada unidad de clasificación de las metodologías.

Para el cálculo del acierto promedio se utilizó la fórmula que a continuación se describe:

Acierto promedio = (número de pedones agrupados en cada clase o subclase de capacidad y que pertenecen a un mismo grupo de la taxonomía numérica/número total de pedones que componen el grupo de la taxonomía numérica) x 100.

Para el cálculo del porcentaje de similitud promedio entre pedones se utilizó la fórmula siguiente:

$$\%S_{ij} = ((C - d_{ij})/C) \times 100,$$

donde: %S_{ij} = porcentaje de similaridad entre los pedones i y j.

C = Constante (mayor valor de distancia euclídeana entre pedones) (Torres, G.J., 1978)

Para obtener la distancia Euclideana, se calculó el coeficiente de similitud "Mean Character Difference" (Diferencia media de caracteres):

$$\text{MCD} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |X_{ij} - X_{ik}|$$

donde X_{ij} es el valor del carácter i en la OTU j ;

X_{ik} es el valor del carácter i en la OTU k ;

n es el número de caracteres.

Las OTU (unidades taxonómicas operativas) estuvieron constituidas por los pedones estudiados en la cuenca del río Itzapa.

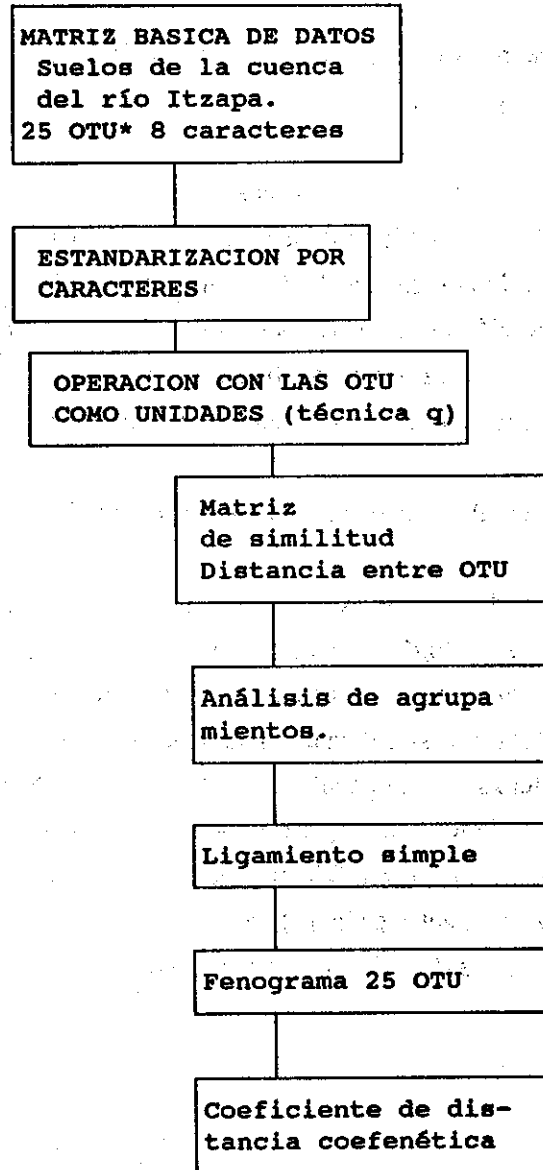


FIGURA 5 Diagrama de la estrategia para el agrupamiento numérico de los pedones de la cuenca del río Itzapa.

6 RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados de la investigación desarrollada; en su orden se dan a conocer cada uno de los aspectos siguientes:

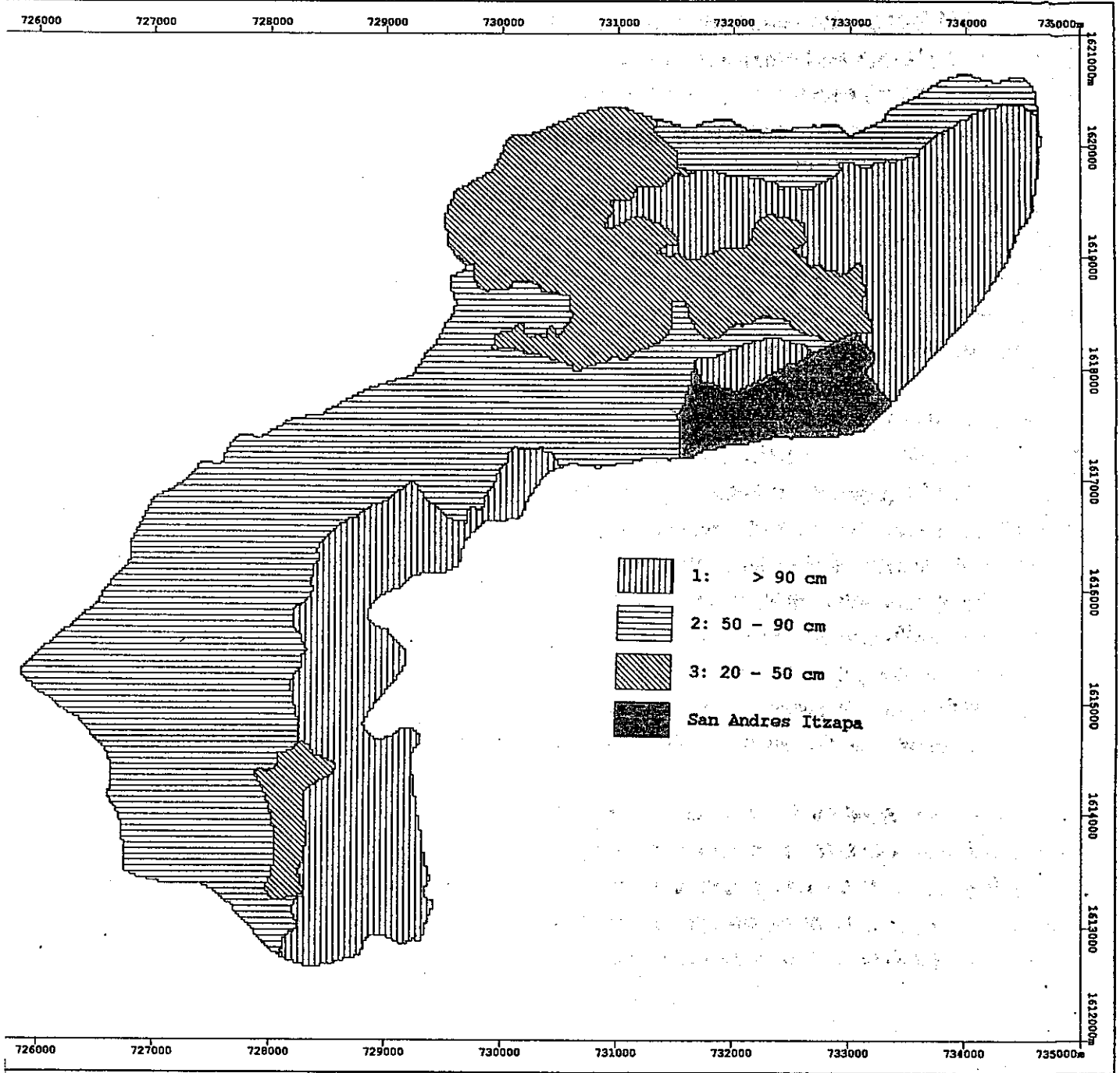
- Criterios basados en aspectos biofísicos
 - Análisis de variables utilizadas en la determinación de la capacidad de uso de la tierra
 - Análisis de la distribución de la tierra según el uso, capacidad e intensidad de uso
 - Comparación espacial de las metodologías
 - Comparación basada en análisis de agrupamientos (análisis cluster)
- Opinión de los profesionales que usan las metodologías

6.1 Análisis de las variables utilizadas en la determinación de la capacidad de uso de la tierra:

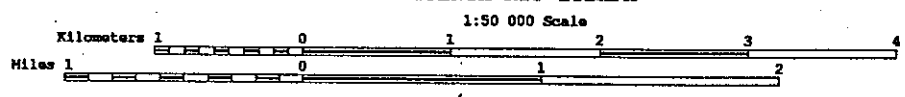
En el cuadro 2 se presentan las diferentes variables utilizadas en la determinación de la Capacidad de Uso de la Tierra por las tres metodologías en estudio. Se puede ver en dicho cuadro, que la metodologías de USDA y C.C.T. son las que toman en cuenta mayor número de variables. En la metodología de T.C. Sheng, las únicas variables directas utilizadas en la determinación de la capacidad de uso de la tierra son: la profundidad efectiva del suelo y la pendiente del terreno, variables que en las metodologías de USDA y C.C.T. representan gran importancia, pero es la relación que estas guardan con las otras variables la que determina la Capacidad de Uso de la Tierra. Otros factores, tales como los factores socioeconómicos y los del ambiente son determinantes en la metodología de C.C.T., para lo cual, dicha metodología divide las unidades de tierra por zona de vida y por sistema de manejo tecnológico.

Cuadro 2 Variables que se utilizan en cada una de las metodologías de Capacidad de Uso de la Tierra, que se emplearon en la investigación.

METODOLOGIAS			
	USDA	C.C.T.	T.C. Sheng
V	Profundidad efectiva del suelo	Profundidad efectiva del suelo	Profundidad efectiva del suelo
	Rango de pendiente del terreno	Pendiente máxima	Rango de pendiente del terreno
A	Textura del suelo	Textura del suelo	--
	Drenaje superficial	Drenaje superficial	--
R	Relieve	Microrrelieve	--
	Erosión sufrida	Erosión sufrida	--
I	Estructura del suelo	--	--
	Permeabilidad	--	--
A	Zona de restricción de raíces	--	--
	Salinidad	--	--
B	Alcalinidad	--	--
	Nivel freático	--	--
L	Capacidad de retención de fertilidad	--	--
	Capacidad de retención de humedad	--	--
E	Materia Orgánica	--	--
	Factores inhibitorios	--	--
S	Cobertura de malezas	--	--
	Costo de desarrollo	pH del suelo	--
	--	Pedregosidad	--
	--	Riesgo de inundación	--
	--	No. de Meses secos	--
	--	Viento	--
	--	Neblina	--
	--	Zona de vida	--
	--	Sistema de manejo tecnológico	--



**FIGURA 6 PROFUNDIDAD DE SUELO
CUENCA RIO ITZAPA**



INPCX

Cuadro 4 Superficie que ocupan los rangos de pendientes en la cuenca del río Itzapa con la metodología de T.C. Sheng.

RANGO DE PENDIENTE EN %	AREA (ha.)	AREA (%)
0-12.3	1154.94	44.24
12.3-26.8	263.5	10.09
26.8-36.4	556.37	21.31
36.4-46.63	139.31	5.34
46.63-57.7	176.31	6.75
> 57.7	208.69	7.99
Area Urbana	111.5	4.27
Total	2610.50	100.00

Cuadro 5 Superficies que ocupan los rangos de pendiente, en la cuenca del río Itzapa con la metodología de USDA.

RANGO DE PENDIENTE EN %	AREA (ha.)	AREA (%)
0 - 4	453.94	17.39
4 - 8	91.87	3.52
8 - 16	656.44	25.15
16 - 32	35.62	1.36
> 32	1261.06	48.31
Area Urbana	111.50	4.27
Total	2610.50	100.00

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
Biblioteca Central

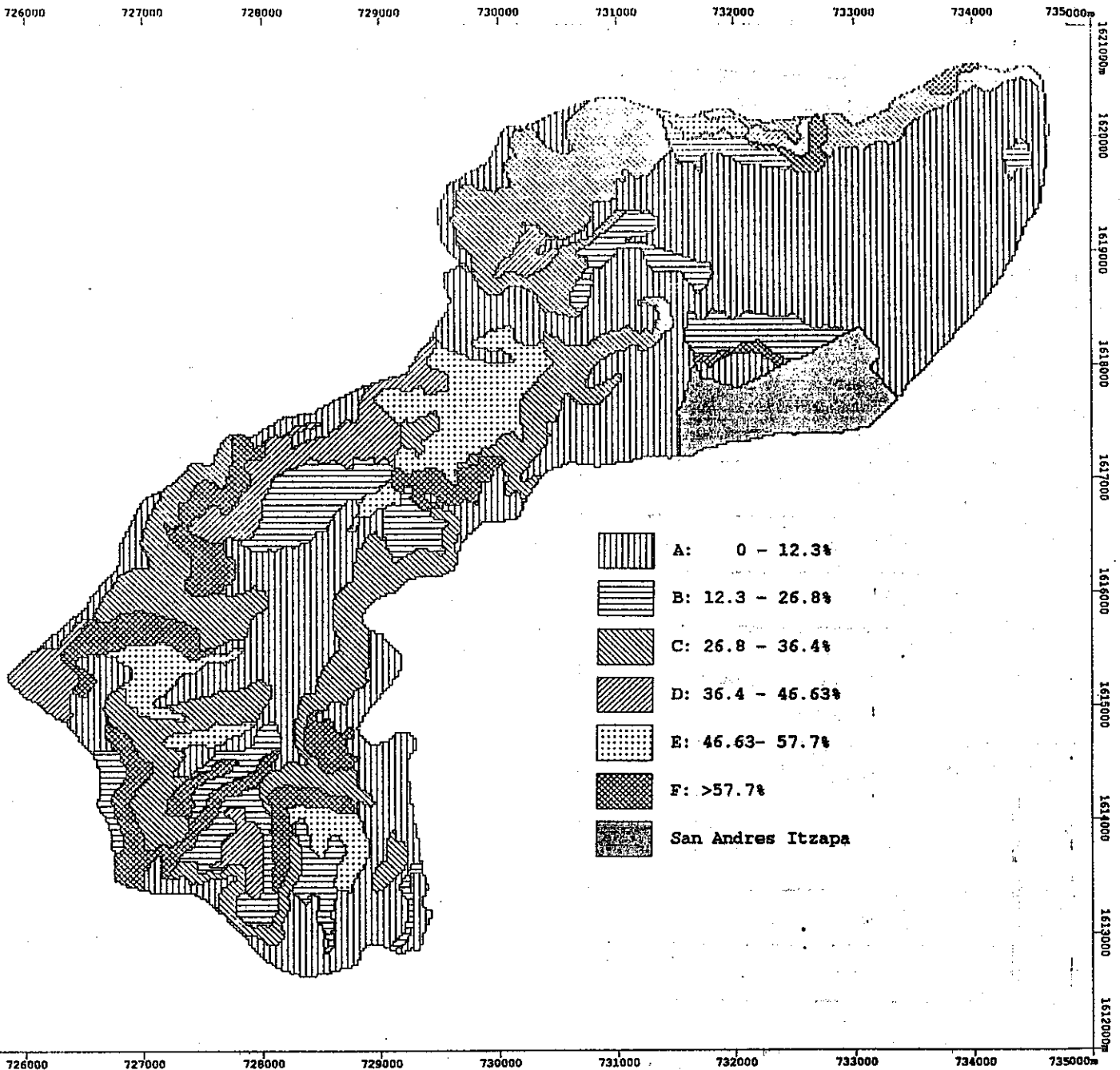
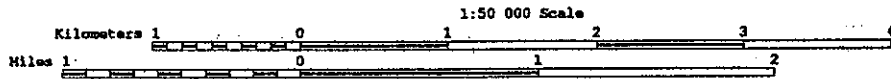


FIGURA 7 CLASES DE PENDIENTE
METODO DE SHENG



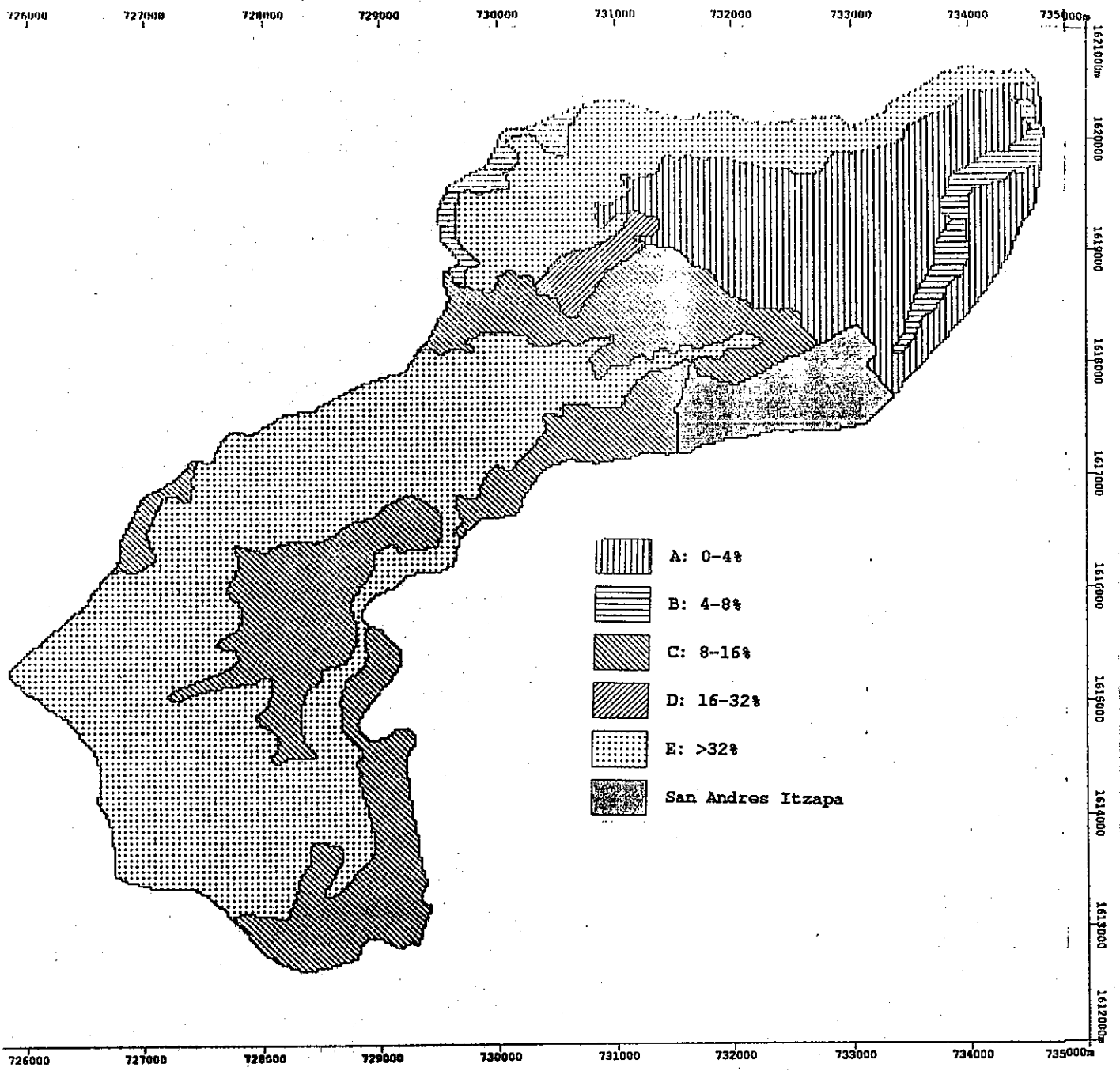
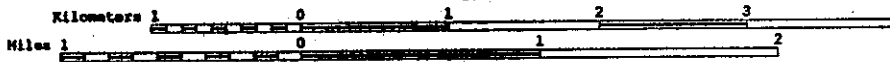


FIGURA 8 CLASES DE PENDIENTE

METODO USDA

1:50 000 Scale



6.2 Análisis de la distribución de la tierra según uso, Capacidad e Intensidad de uso

6.2.1 Uso de la tierra en la cuenca del río Itzapa:

Para determinar la intensidad de uso de la tierra en la cuenca del río Itzapa con base en las tres metodologías de capacidad de uso en comparación, fue necesario delimitar el uso que se le está dando a la tierra en el área, aspecto que es analizado a continuación

Los diferentes reconocimientos de campo realizados en el área que delimita la cuenca del río Itzapa, permitieron corregir y actualizar el uso de la tierra en dicha cuenca (Figura 9). Los resultados de este trabajo indican que en la cuenca un 58.46% del área está cubierta por bosque (Cuadro 6).

En relación a lo anterior, es de considerar que aunque en la mayor parte del área de la cuenca se puede encontrar bosque, este en una buena parte (11.78%) está formado por lo que se conoce comúnmente como Guatal o Guamil (Bosque mixto bajo o matorral y bosque latifoliar bajo o matorral según la leyenda de la UGI), (Cuadro 6). Además, el 20.32% es bosque abierto y un 3.91% es bosque disperso, lo cual hace referencia a aquel bosque que de alguna manera está siendo afectado por otro tipo de uso de la tierra como el agrícola, es decir que son áreas cuya cobertura principal es el bosque, pero en asociación de uso.

El bosque existente, el que todavía puede considerarse como un bosque denso y que se localiza principalmente en áreas con pendientes muy pronunciadas, específicamente en la parte alta de la cuenca, representa un 18.01% del área total.

Es importante también mencionar, que del total del bosque que hay en la cuenca un 4.66% (Cuadro 6) es totalmente una asociación entre bosque y agricultura. (Figura 9)

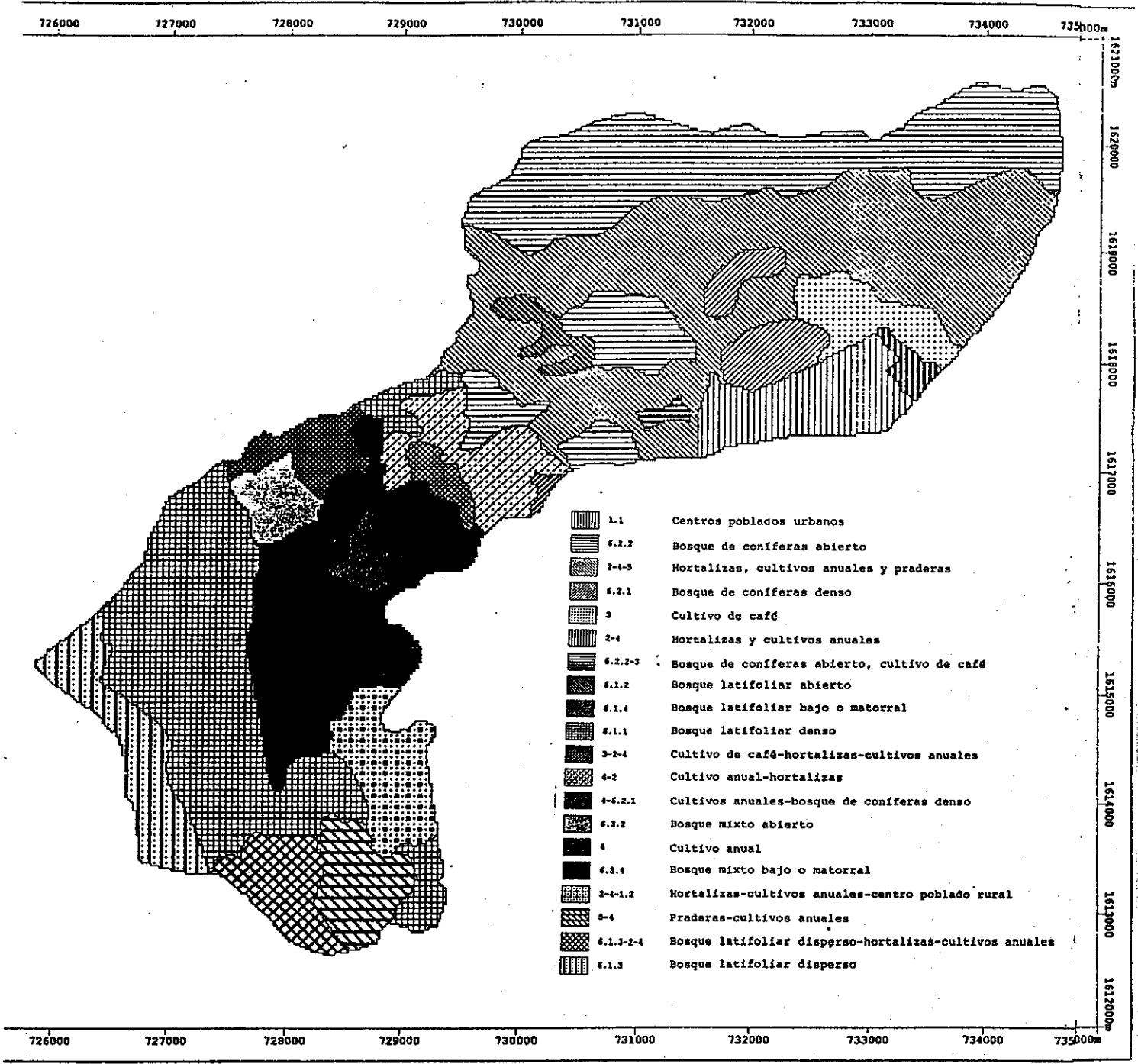
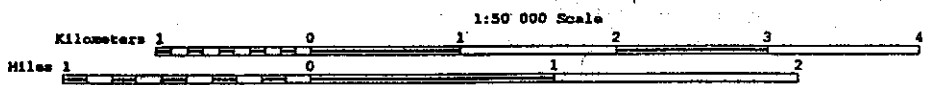


FIGURA 9 | USO DE LA TIERRA



Cuadro 6. Uso de la tierra en la cuenca del río Itzapa

CODIGO	IDENTIFICACION	AREA (ha)	PORCENTAJE DE AREA
1.1	Area Urbana	111.50	4.27
6.2.2	Bosque de Coniferas Abierto	466.56	17.87
2-4-5	Horticultura-Tierras de cultivo anual y praderas no mejoradas	595.37	22.81
6.2.1	Bosque de coniferas denso	63.19	2.42
3	Cultivo de café	61.12	2.35
2-4	Horticultura-tierras de cultivo anual	15.62	0.60
6.2.2-3	Bosque de coniferas abierto-cultivo de café	7.75	0.30
6.1.2	Bosque latifoliar abierto	25.06	0.96
6.1.4	Bosque latifoliar bajo o matorral	5.56	0.21
6.1.1	Bosque latifoliar denso	407.12	15.59
3-2-4	Cultivo de café-horticultura-tierras de cultivo anual	21.75	0.83
4-2	Tierra de cultivo anual-horticultura	88.62	3.40
4-6.2.1	Tierra de cultivo anual-Bosque de coniferas denso	50.31	1.93
6.3.2	Bosque mixto abierto	39.00	1.49
4	Tierras de cultivo anual	21.62	0.83
6.3.4	Bosque mixto bajo o matorral	302.12	11.57
2-4-1.2	Horticultura-tierra de cultivo anual-área rural	89.81	3.44
5-4	Praderas no mejoradas-tierra de cultivo anual	70.18	2.69
6.1.3-2-4	Bosque latifoliar disperso-horticultura-tierra de cultivo anual	66.125	2.53
6.1.3	Bosque latifoliar disperso	102.18	3.91
	Total	2610.50	100.00

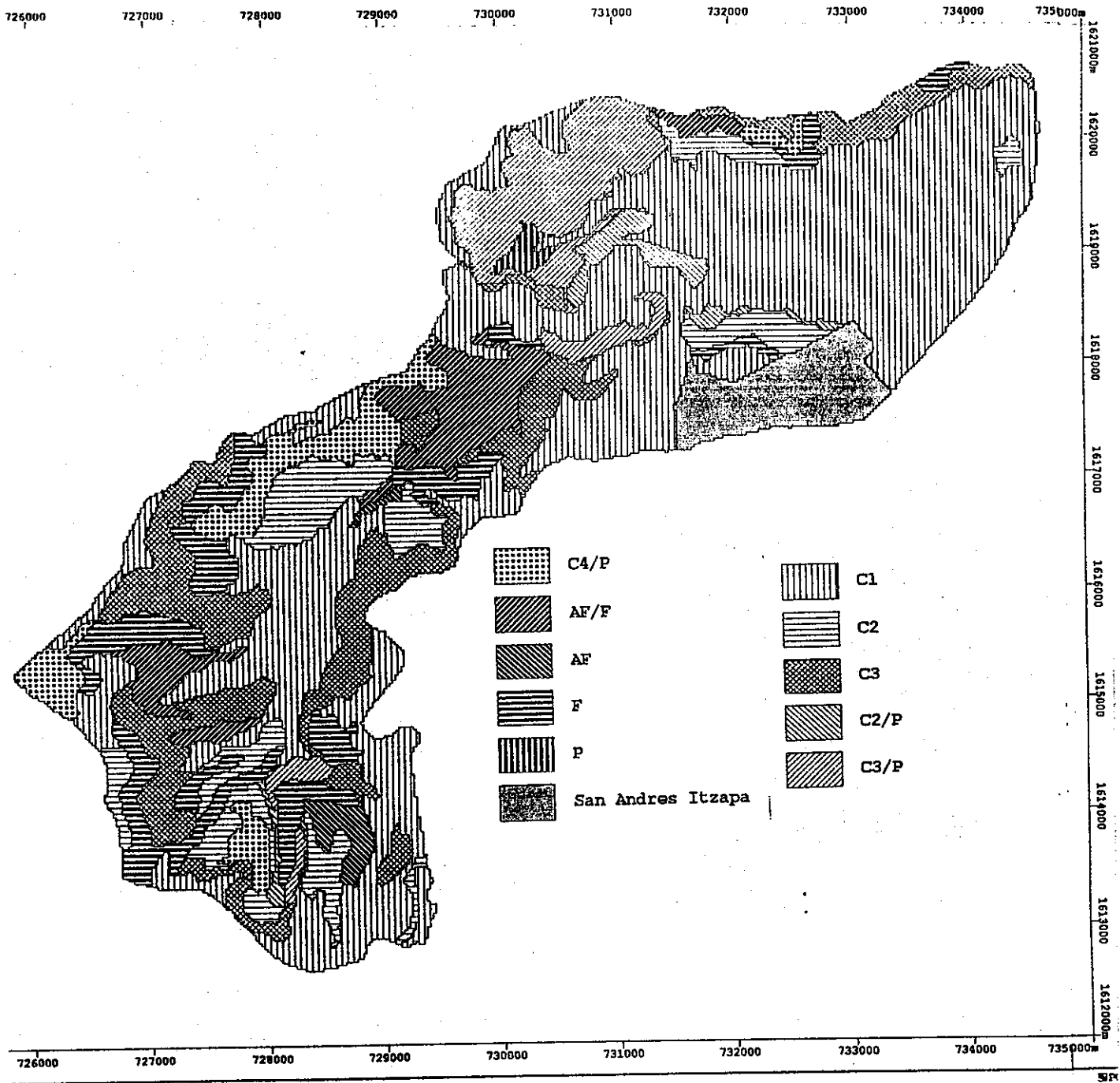
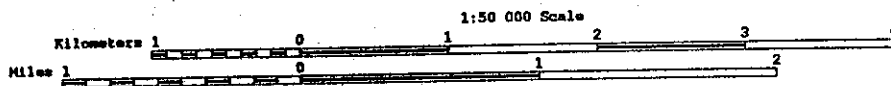


FIGURA 10 | CAPACIDAD DE USO
METODO DE SHENG



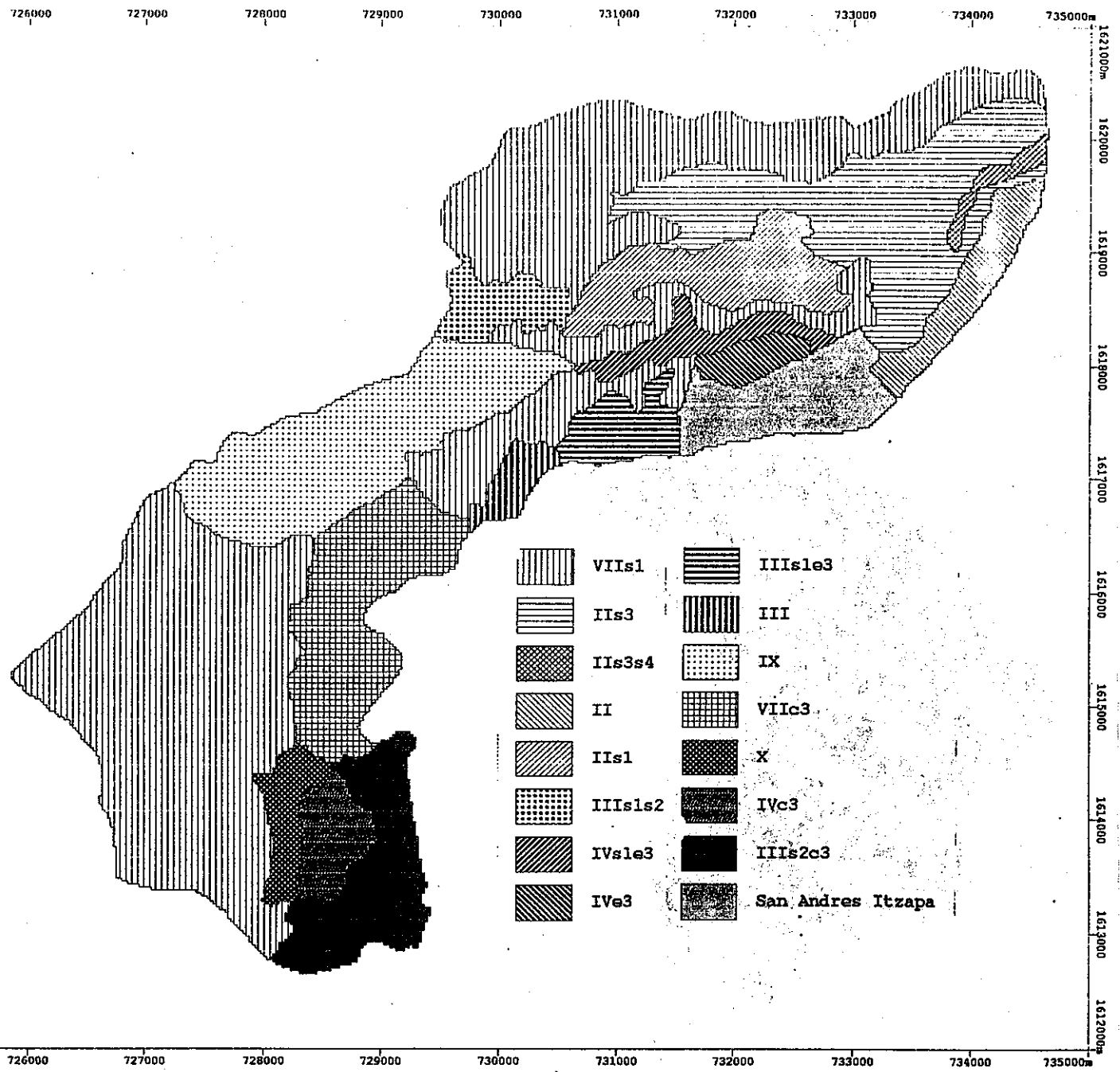
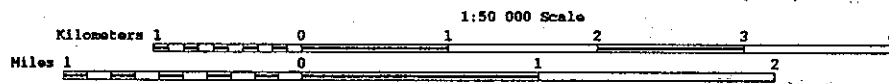


FIGURA 11 | CAPACIDAD DE USO
 METODO DEL CENTRO CIENTIFICO TROPICAL (CCT)



6.2.2 Distribución de la tierra por capacidad e intensidad de uso.

La combinación entre la profundidad del suelo y la pendiente del terreno es la base de la determinación de la Capacidad de Uso de la Tierra en la metodología de T.C. Sheng. Esta metodología relaciona estas características en forma muy variada, es decir que asume que diferentes rangos de profundidad pueden estar asociados a un rango específico de pendiente, por ejemplo, puede ser que la pendiente sea relativamente alta pero si el suelo es bastante profundo, la Capacidad de Uso de la Tierra puede ser aún para uso agrícola o para un uso que no precisamente sea forestal o de protección ambiental.

Lo anterior, fue comprobable al aplicar esta metodología en la cuenca del río Itzapa, en donde según el mapa de pendientes con el uso de los rangos de T.C. Sheng, se puede ver que alrededor del 42% del área tiene más de 30% de pendiente (Cuadro 4), sin embargo la Capacidad de Uso de la Tierra según T.C. Sheng en su mayor parte es para uso agrícola, aproximadamente en un 66.48% (clases C1, C2 y C3); en tanto que las tierras para uso agroforestal y forestal representan únicamente un 14.75% (Clases AF/F, AF, F), (Cuadro 7, Figura 10), por lo tanto con la metodología de T.C. Sheng, la mayor parte de la cuenca es para uso agrícola a pesar que las pendientes son fuertes; la explicación a esta situación es que la mayor parte de los suelos del área están en los rangos de poco profundos a profundos (Cuadro 3).

Con la metodología de USDA la situación es diferente, pues en esta se asume una relación inversamente proporcional entre la pendiente y la profundidad, es decir que toma como base que a medida que aumenta la pendiente disminuye la profundidad y de acuerdo a eso se asigna la clase de capacidad de uso a la tierra, sin embargo, se pudo notar que esto no es aplicable en el área de la cuenca, puesto que en la cuenca del río Itzapa, la relación entre la pendiente y profundidad no guarda una relación directa, de tal forma que en pendientes fuertes se observan suelos también profundos y a la vez en pendientes suaves existen suelos profundos; ocasionalmente se encuentran suelos superficiales. Esto hace que la metodología de USDA sea de difícil aplicación en áreas como esta, ya que prácticamente no se encuentra relación directa entre la pendiente y la profundidad del suelo y es necesario analizar los demás factores que toma en cuenta para poder clasificar las unidades de tierra.

Al comparar las metodologías de USDA y Sheng, se deduce que la metodología que más se adapta al área de estudio, aparentemente, es la metodología de Sheng, pero es también importante analizar que dicha metodología debido a que toma en cuenta únicamente dos aspectos, puede llegar a subreestimar la Capacidad de Uso de la Tierra, como se pudo notar en su aplicación en esta área de estudio, pues al analizar la intensidad de uso de la tierra calculada en base a esta metodología, resulta que alrededor del 54% del área está subutilizada y únicamente un 4.7% presenta sobreuso (Cuadro 8).

Según los resultados obtenidos con la metodología de Sheng, en muchas de las áreas que actualmente están cubiertas con bosque el uso debería ser más intensivo, ya sea para agricultura con prácticas de conservación de suelos, o con pastos. No obstante, en muchas de estas áreas puede notarse que en la realidad son altamente susceptibles a la degradación por erosión (presentan alto grado de deterioro actual), con tasas de erosión que van de 53.33 a 84.99 ton/ha/año en promedio (IIA, 1995); lo anterior hace pensar en que realmente no se puede dar un uso más intenso, y puede deducirse que en la determinación de la Capacidad de Uso de la Tierra, deben analizarse otros factores aparte de la pendiente y la profundidad y que la combinación de estos dos factores, puede proporcionar únicamente una primera aproximación de lo que es la capacidad de uso de las unidades de tierra.

En cuanto a la capacidad de uso de la tierra determinada con la metodología de CCT, el 42% es de clase de capacidad VII, o sea tierra para producción forestal principalmente (Cuadro 9, Figura 11), lo cual difiere claramente de lo que se determina con la metodología de T.C. Sheng y sí tiene mucha relación con lo de USDA, puesto que con USDA aproximadamente 45% del área es de clase VIIe (Cuadro 10, Figura 11). Con el método del CCT se tiene también que la Capacidad de Uso agrícola en la cuenca del río Itzapa se encuentra aproximadamente en un 34.35% del área, de esto únicamente 3.66% es de Capacidad de Uso agrícola sin ninguna limitante, en tanto que el resto presenta limitantes climáticas y por desarrollo radicular principalmente.

Con la metodología de USDA, el uso agrícola en la cuenca puede ser factible hasta el 42.42% (Cuadro 10, Figura 12) con limitantes de índole climático y de erosión, así como de desarrollo radicular en el 29.78% de estas áreas. Esto también difiere mucho de lo obtenido con la metodología de T.C. Sheng, variación que es claramente sensible en el análisis de intensidad de uso, puesto que con la metodología de USDA, la tierra se está utilizando bien en buena parte, con 52.67% del área de uso correcto y únicamente 20.45% reporta sobreutilización; pero al utilizar la metodología de T.C. Sheng, el porcentaje de área subutilizada es la que representa la mayor cantidad, debido a que considera que la capacidad de uso agrícola es aún mayor que la que se encuentra con USDA Y C.C.T..

En cuanto a las áreas de protección, los resultados al utilizar USDA y C.C.T. concuerdan sustancialmente, puesto que con C.C.T. el área de protección en la cuenca está representado por un 1.74%, en tanto que con USDA 1.79% del área.

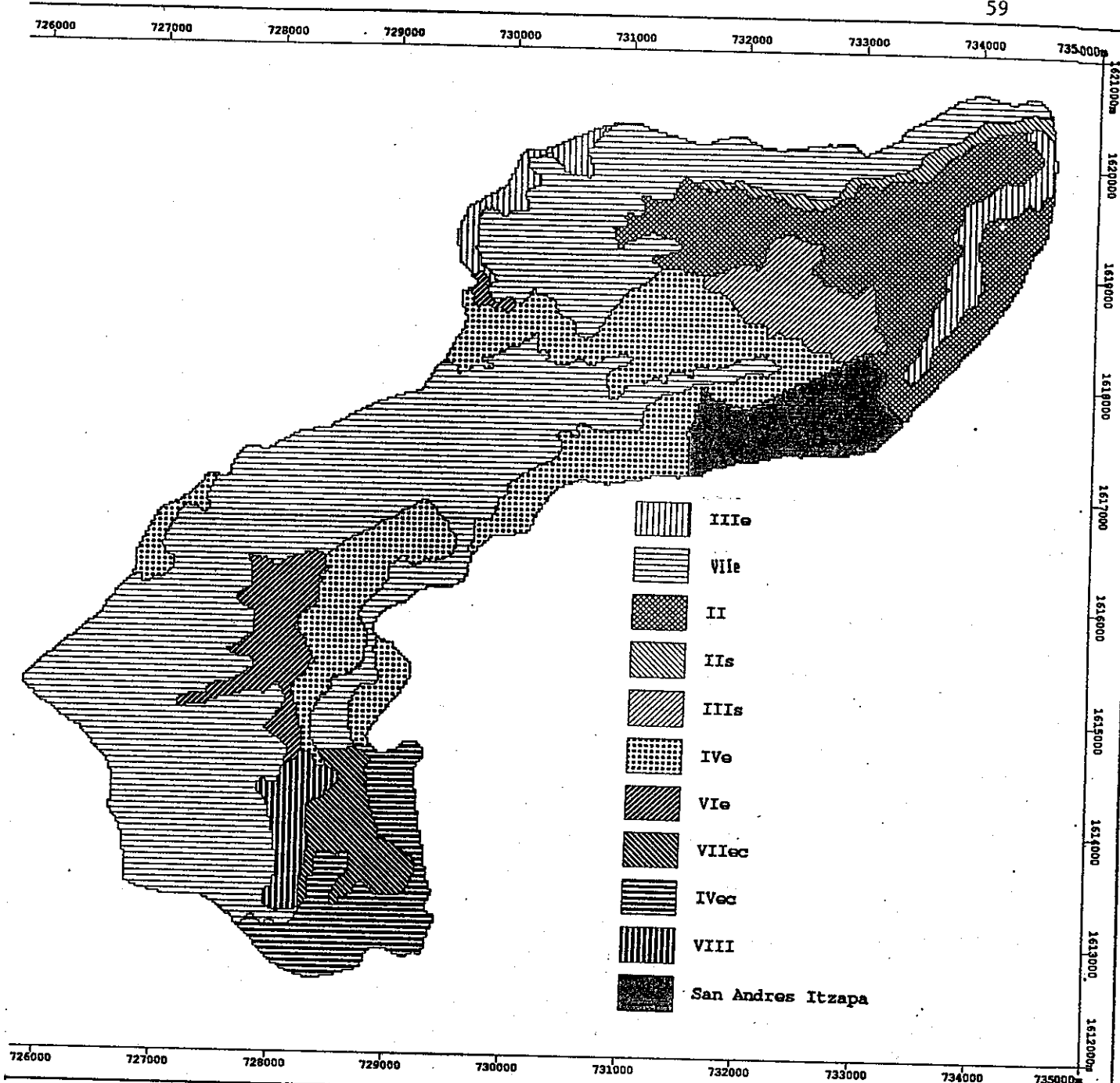
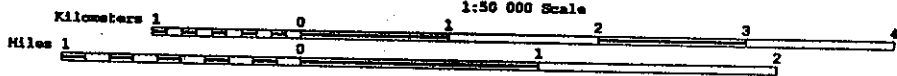
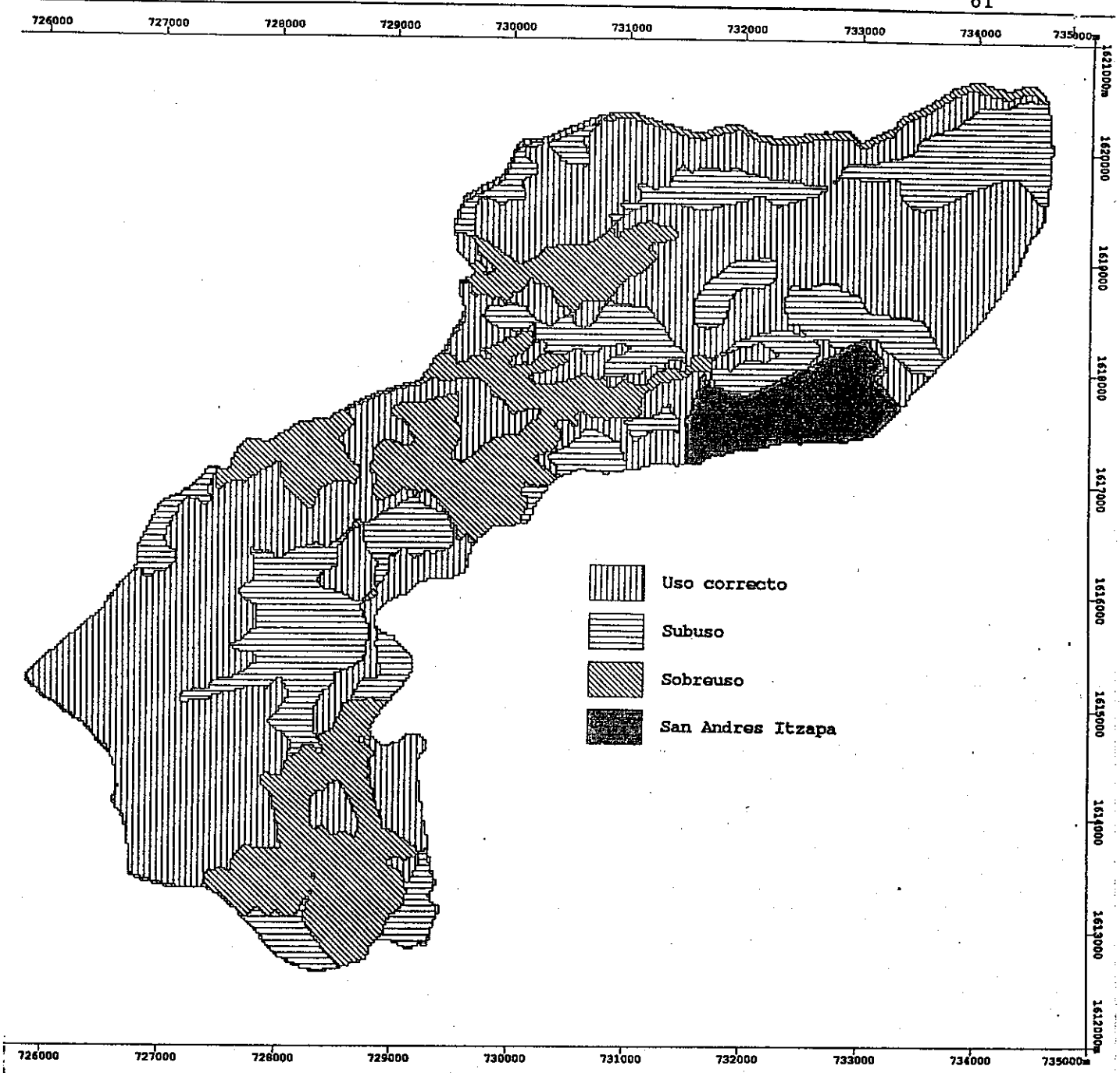


FIGURA 12 CAPACIDAD DE USO
METODO USDA

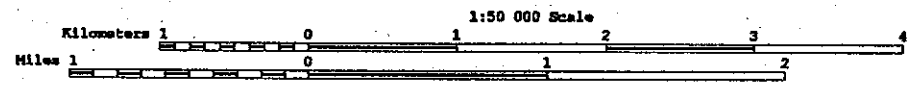


Cuadro 7 Superficie ocupada por las clases de capacidad de uso de la tierra en la cuenca del río Itzapa según la metodología de T.C. Sheng.

CLASE DE CAPACIDAD	AREA (ha.)	(%)
C1	1154.94	44.24
C2	216.06	8.28
C3	364.50	13.96
C2/P	47.44	1.82
C3/P	191.87	7.35
C4/P	127.06	4.87
AF/F	142.94	5.47
AF	27.06	1.04
F	215.00	8.24
P	12.25	0.47
Area Urbana	111.50	4.27
Total	2610.50	100



**FIGURA 13 INTENSIDAD DE USO
SEGUN METODOLOGIA USDA**



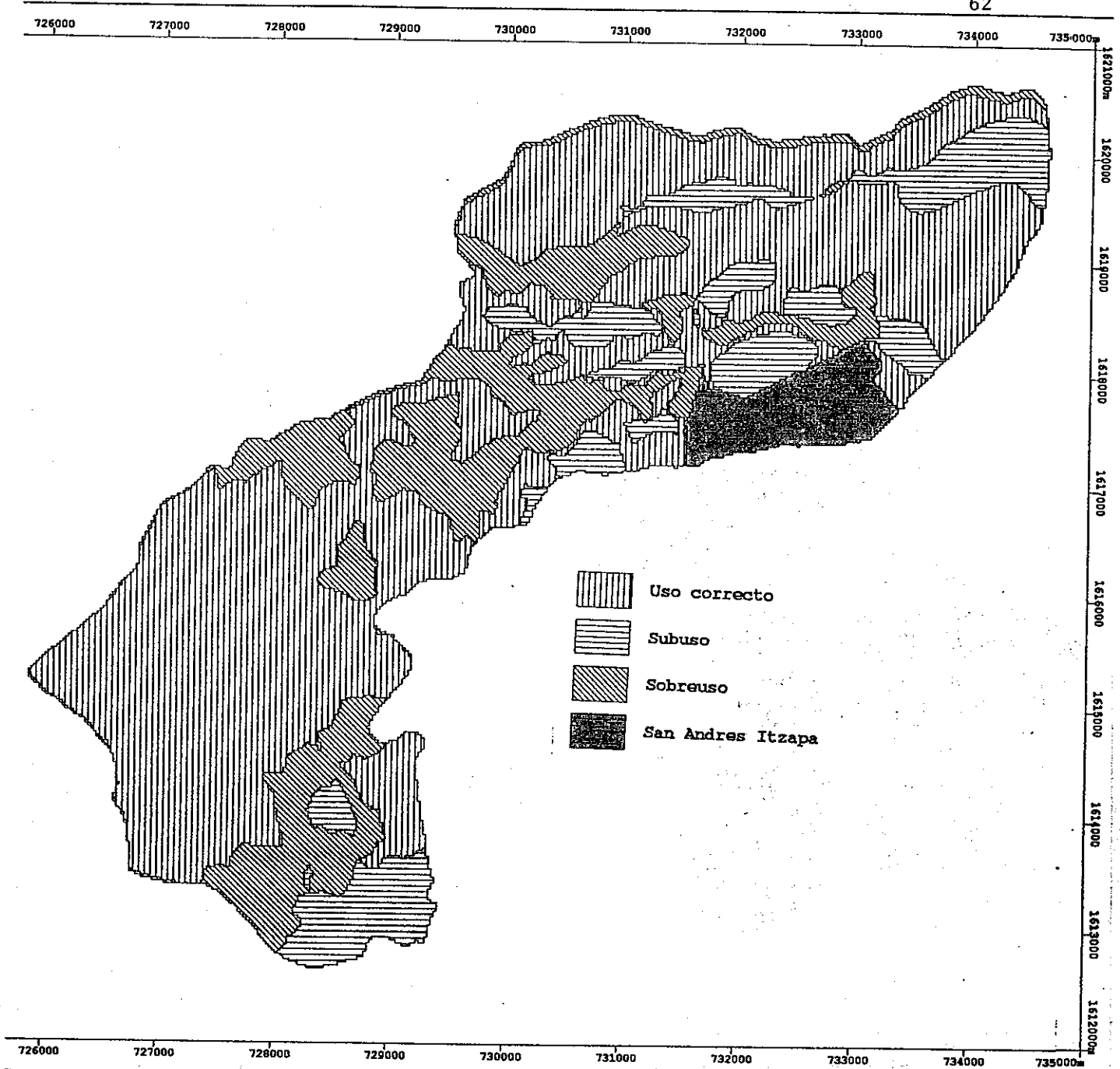
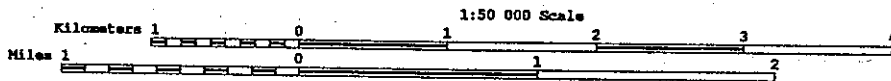


FIGURA 14 INTENSIDAD DE USO
SEGUN METODOLOGIA DEL CCT



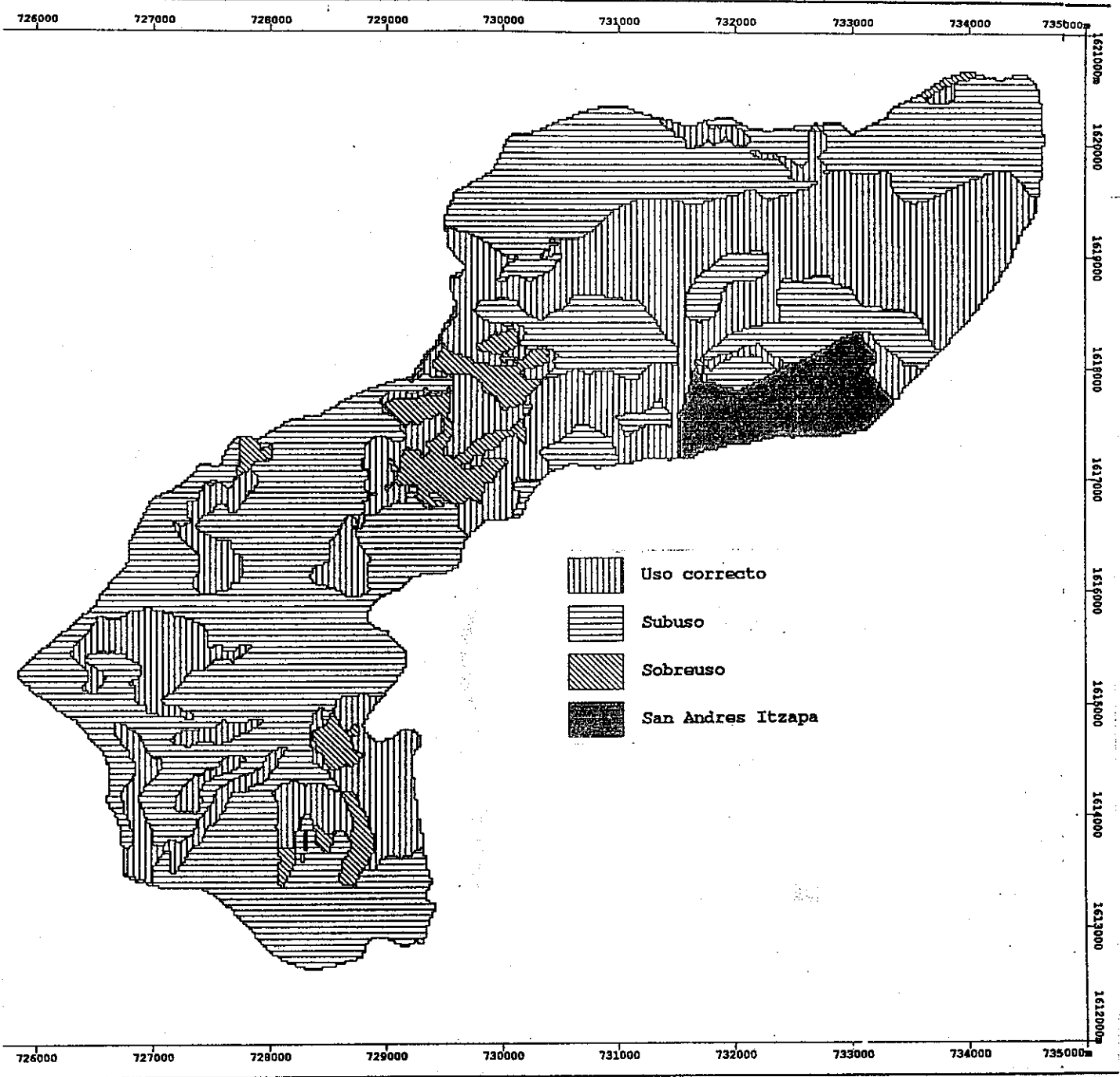
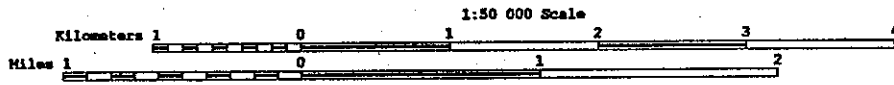


FIGURA 15 INTENSIDAD DE USO
SEGUN METODOLOGIA DE SHENG



Cuadro 8 Distribución de la intensidad de uso de la tierra en la cuenca del río Itzapa, con la Capacidad de Uso de T.C. Sheng.

CATEGORIA DE USO	AREA (ha.)	(%)
Uso Correcto	955.75	36.61
Subuso	1418.37	54.33
Sobreuso	125.00	4.79
Area urbana	111.50	4.27
Total	2610.50	100.00

Los resultados que se obtienen con las metodologías de USDA y CCT también concuerdan mucho en lo que a intensidad de uso se refiere, ya que con ambas metodologías la cuenca tiene similar cantidad de área con uso correcto; con la metodología de USDA se encuentra un 52.67% de uso correcto, comparado con un 60.9% que se encuentra con CCT; pero difieren en el área de subutilización, con USDA es un 22.60% (Figura 13) mientras que con CCT es 14.16% (Figura 14); En relación al área de sobreutilización, con CCT se encuentra mayor área que USDA (Cuadros 10 y 12). Esto difiere totalmente del resultado obtenido con la metodología de T.C. Sheng en la cual la superficie subutilizada es 54.33% (Cuadro 8, Figura 15) y con USDA y CCT es uso correcto.

Con la metodología de CCT, la cantidad de área que debe ser utilizada para bosque (Clases VII a la X) representa un 61.38% (Cuadro 9) lo cual concuerda con la intensidad de uso que se determina con esta misma metodología, pues el uso correcto es de aproximadamente 60%, y en la actualidad, estas áreas si presentan cubierta boscosa. Por el contrario, la aplicación de la metodología de USDA hace ver que el área para uso forestal (Clases VII a la VIII) es 10% menos y que el uso correcto es también 8% menos comparado con C.C.T. La interpretación de estos resultados indica que el uso de la tierra en la cuenca del río Itzapa es el adecuado y de acuerdo al análisis del uso de la tierra realizado se comprueba esta situación, pues en la mayor parte del área aún se puede encontrar bosque, no obstante es necesario hacer notar que en muchos casos el bosque no es puro, sino se encuentra asociado con algún tipo de cultivo; además que dicho bosque está sujeto a un constante deterioro debido a aprovechamientos con fines energéticos, en el cual se nota claramente el avance de la agricultura dentro del bosque, lo cual ha influenciado en muchos casos el deterioro del recurso suelo, evidenciando claramente la erosión inducida.

Cuadro 9 Superficie que ocupan las clases de capacidad de uso de la tierra en la cuenca del río Itzapa, con la metodología de USDA.

CLASE DE CAPACIDAD	AREA (ha.)	(%)
IIIe	92.19	3.53
VIIe	1187.37	45.48
II	329.94	12.64
IIs	32.44	1.24
IIIs	91.00	3.49
IVe	425.44	16.30
VIe	86.87	3.33
VIIec	70.69	2.70
IVec	136.31	5.22
VIII	46.75	1.79
Area Urbana	111.50	4.27
Total	2610.50	100.00

Cuadro 10 Distribución de la intensidad de uso de la tierra en la cuenca del río Itzapa, al aplicar la metodología de USDA

CATEGORIA DE USO	AREA (ha.)	(%)
Uso Correcto	1375.19	52.67
Subuso	589.94	22.60
Sobreuso	533.87	20.45
Area Urbana	111.50	4.27
TOTAL	2610.50	100.00

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

Cuadro 11 Superficie que ocupan las clases de capacidad de uso de la tierra en la cuenca del río Itzapa, con la metodología de CCT.

CLASE DE CAPACIDAD	AREA (ha)	(%)
VIIa1	1098.87	42.10
IIa3	295.31	11.31
IIa3a4	17.12	0.66
II	67.50	2.59
IIa1	127.69	4.89
IIIa1a2	50.06	1.92
IVa1a3	45.25	1.73
IVa3	28.06	1.07
IIIa1a3	53.31	2.04
III	28.00	1.07
IX	265.81	10.18
VIIa3	192.06	7.36
X	45.50	1.74
IVa3	50.50	1.94
IIIa2a3	133.94	5.13
Area urbana	111.50	4.27
Total	2610.50	100

Cuadro 12 Distribución de la intensidad de uso de la tierra en la cuenca del río Itzapa, al aplicar la metodología de CCT

CATEGORIA DE USO	AREA (ha.)	(%)
Uso Correcto	1589.69	60.90
Subuso	369.69	14.16
Sobreuso	539.62	20.67
Area Urbana	111.50	4.27
Total	2610.50	100.00

6.3 Comparación espacial de las metodologías de capacidad de uso de la tierra:

Con la finalidad de establecer la exactitud y la similitud de las tres metodologías de capacidad de uso en estudio, se realizó un análisis de similitud por medio del comando CROSSTAB de IDRISI, el cual permitió determinar áreas de similaridad entre las metodologías, en cuanto a la distribución de las clases de capacidad de uso de la tierra en el espacio que ocupa el área de la cuenca del río Itzapa y asimismo se obtuvieron valores del índice de similaridad de Kappa que indica el grado de similitud entre las mismas (Matute, J., 1992).

Al comparar las metodologías de CCT y Sheng entre sí, puede apreciarse que el grado de similitud entre las mismas es muy bajo, ya que al realizar la sobreposición del mapa de capacidad de uso de la tierra según CCT en el de capacidad de uso de Sheng, concuerdan en forma total en un 5.26% del área (Figura 17), es decir que las clases de capacidad de uso de CCT que podrían ser similares a las clases de Sheng principalmente en relación a los factores que toman en cuenta y al uso de la tierra que recomiendan, están ubicadas en lugares diferentes.

En forma parcial (al considerar que determinada clase de capacidad de C.C.T. es parcialmente similar a una clase determinada de Sheng), se puede observar que "sí" hay un alto grado de similitud entre las metodologías de C.C.T. y Sheng, porque aproximadamente en un 40% del área, las clases de capacidad que se determinan con CCT, concuerdan en su distribución espacial con las clases de capacidad de uso determinadas con el método de T.C. Sheng. Sin embargo, al considerar únicamente las clases de ambas metodologías que son exactamente las mismas, la discordancia en la distribución espacial de las clases de capacidad de uso es siempre mayor, puesto que en un 50% del área, la distribución de las clases de capacidad de ambas metodologías no concuerda.

En relación a la similitud entre la metodología de USDA y T.C. Sheng, estas concuerdan "totalmente" en 9.14% del área (Figura 16), mientras que en más de la mitad del área la distribución espacial de las clases de capacidad de uso por ambas metodologías no concuerda; el grado de concordancia parcial es en el 26.35% del área (Cuadro 14). Lo anterior podría hacer pensar que dichas metodologías (CCT con Sheng y USDA con Sheng) son parcialmente iguales en cuanto a la distribución de las clases de capacidad de uso en el espacio y efectivamente, al analizar el índice de similaridad de Kappa, este es bastante bajo ya que para la relación entre CCT y Sheng el índice de Kappa es de 0.4625 y para la relación entre USDA y Sheng es de 0.4742, lo cual indica que la similitud se califica como intermedia.

Con las metodologías de USDA y CCT se encuentra el mayor grado de similitud, puesto que la sobreposición de ambos mapas (Figura 17), reporta "concordancia total" en un 51.17% del área, más un 26.75% de concordancia parcial, es decir que en alrededor del 77% del área total de la cuenca la distribución espacial de las Clases de Capacidad de Uso para ambas metodologías es prácticamente la misma (Cuadro 15). Esto haría pensar en un alto grado de similitud entre ambas metodologías y por ende en un alto valor del índice de Kappa, sin embargo este valor es siempre bajo, porque el valor que se reporta para este análisis de similitud es de 0.4412, lo cual es expresado por el índice de Kappa, que la comparación de estas metodologías también reporta una concordancia intermedia en cuanto a la distribución espacial de las Clases de Capacidad de Uso.

Cuadro 13 Grado de similaridad entre las metodologías de C.C.T. y T.C. Sheng, en la distribución espacial de las Clases de Capacidad de Uso de la Tierra en la cuenca del río Itzapa.

GRADO DE CONCORDANCIA	AREA (ha.)	(%)
Concuerdan	137.31	5.26
No Concuerdan	1317.31	50.46
Concuerdan Parcialmente	1044.50	40.01
Area Urbana	111.50	4.27
Total	2610.50	100.00

Cuadro 14 Grado de similaridad entre las metodologías de USDA y T.C. Sheng, en la distribución espacial de las Clases de Capacidad de Uso de la Tierra, en la Cuenca río Itzapa.

GRADO DE CONCORDANCIA	AREA (ha.)	(%)
Concuerdan	238.5	9.14
No Concuerdan	1572.625	60.24
Concuerdan Parcialmente	688.000	26.35
Area Urbana	111.5	4.27
TOTAL	2610.5	100

Cuadro 15 Grado de similitud entre las metodologías de USDA y C.C.T., en la distribución espacial de las Clases de Capacidad de Uso de la Tierra, en la Cuenca río Itzapa.

GRADO DE CONCORDANCIA	AREA (ha.)	(%)
Concuerdan	1335.75	51.17
No Concuerdan	464.75	17.80
Concuerdan Parcialmente	698.50	26.75
Area urbana	111.50	4.27
Total	2610.50	100.00

6.4 Comparación basada en análisis de agrupamientos (ANÁLISIS CLUSTER)

Para comparar las tres metodologías en estudio, se utilizaron los procedimientos que proporciona la taxonomía numérica, los cuales permiten analizar diferentes metodologías de clasificación (Crisci, 1983; Torres, 1978). Se realizó Análisis Cluster, el cual se llevó a cabo por medio del computador y el programa SAS (Statistical Analysis System), a través del cual es posible obtener el fenograma de similitud que consiste en un diagrama arborescente que muestra la relación existente entre las variables elegidas como unidades taxonómicas operativas, de acuerdo a un índice de similitud.

En la figura 19, en la cual se presenta el fenograma de similitud que agrupa los pedones (OTU) representativos de cada unidad cartográfica, en base a la distancia euclídeana existente entre los mismos, denota que los pedones descritos en la cuenca del río Itzapa pueden ordenarse en cuatro grupos, el grupo 1 incluye a los pedones 1, 5, 8, 10, 11, 6, 13, 14, 3, 4, 7, 18; el grupo 2 agrupa a las pedones 9, 15, 24, 16, 17, 19, 23, 25, el grupo 3 agrupa al 12, 20, 21 y 22; finalmente el grupo cuatro está conformado únicamente por el pedón no. 2.

En base a la agrupación que hace la taxonomía numérica, puede verse que las tres metodologías en comparación evidencian poca certeza en la agrupación de pedones que presentan a nivel de clases y subclases, se nota mayor consistencia a nivel de clases. A partir del número de pedones agrupados en cada Clase de Capacidad de Uso y que pertenecen a un mismo grupo de la taxonomía numérica, en relación al número total de pedones de dicho grupo de la taxonomía numérica, La metodología que mayor porcentaje de acierto presenta es la de CCT con 15.97% a nivel de clases (nivel muy bajo) y 12.76% a nivel de subclases (Cuadros 72A y 73A). Con el método de USDA sin embargo, presenta un 12.21% de acierto promedio a nivel de clases y un 10.20% a nivel de subclases (Cuadros 74A, 75A y 76A).

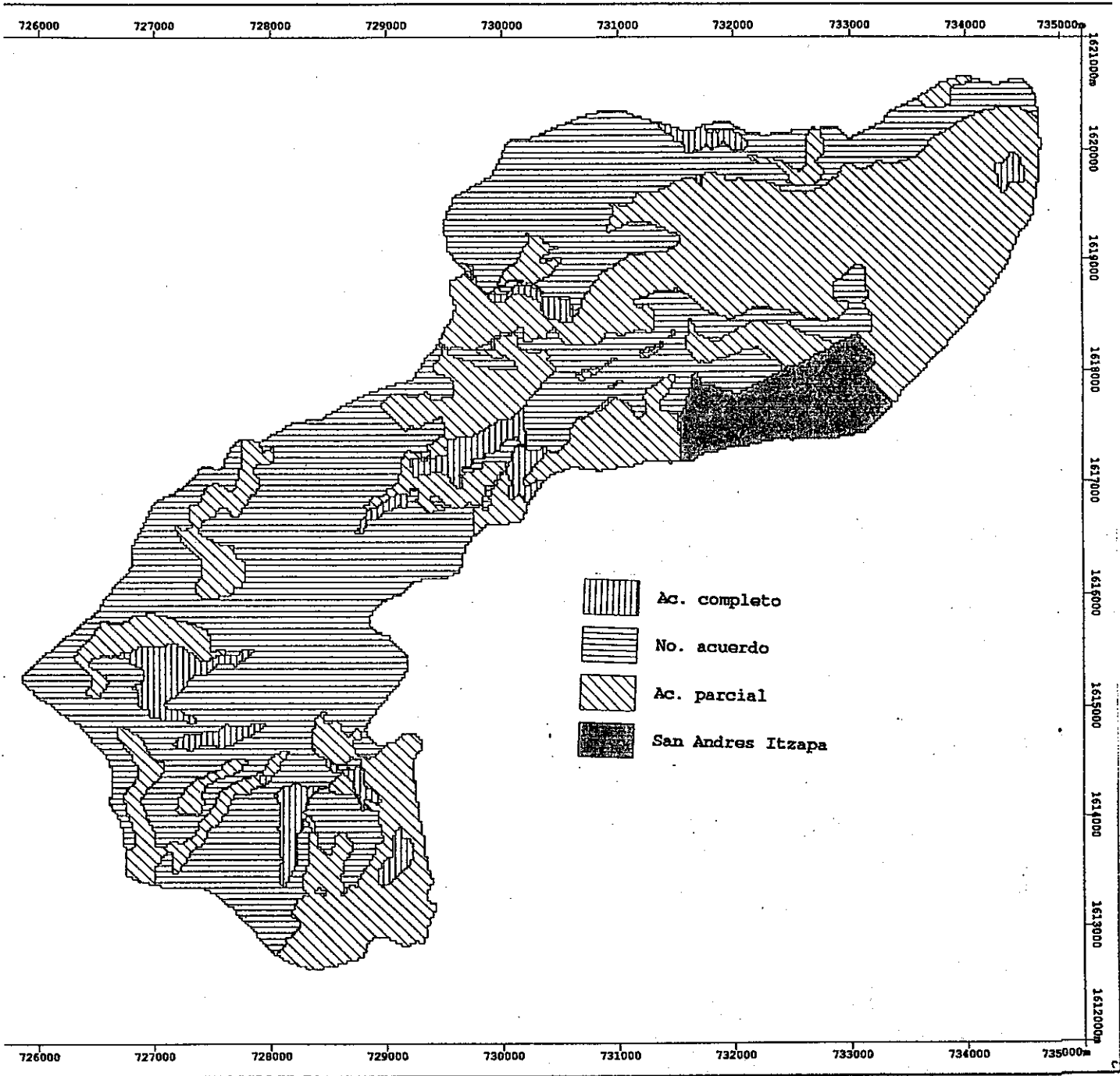
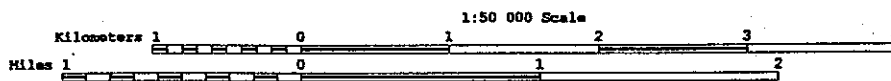


FIGURA 16 AREAS DE SIMILARIDAD
METODO OCT Y SHENG



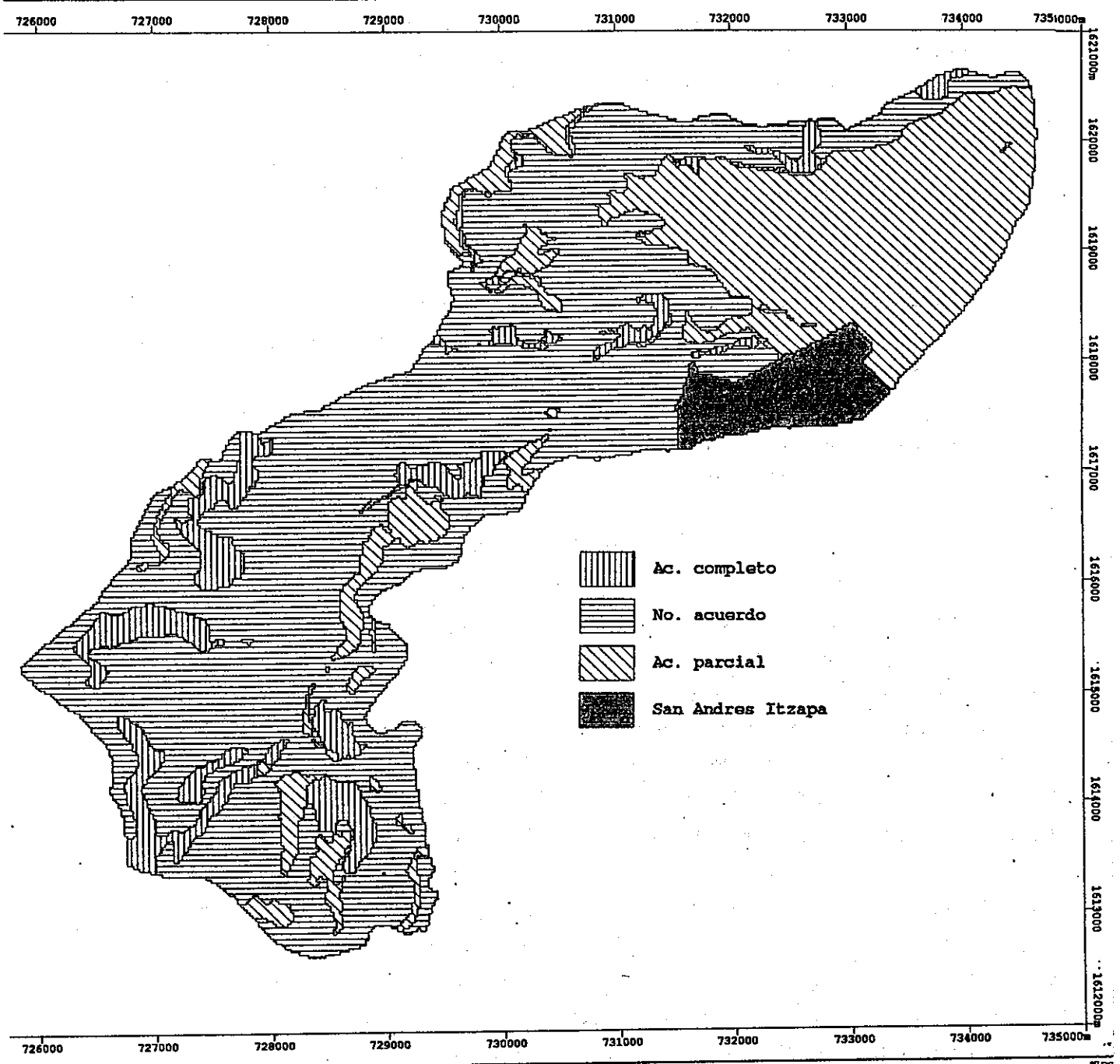
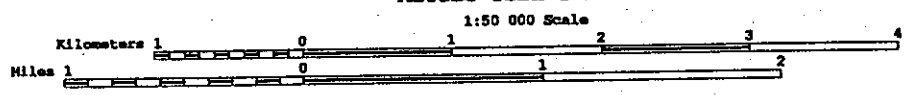


FIGURA 17 AREAS DE SIMILARIDAD
METODO USDA Y SHENG



La metodología de Sheng presenta un 12.26% de acierto promedio (Cuadro 81A) agrupando a los pedones únicamente en clases; lo anterior permite analizar que aunque el método de CCT presenta los mejores resultados, realmente no existe una diferencia muy marcada entre las tres metodologías a nivel del agrupamiento de pedones en las unidades de clasificación; sin embargo, al observar y comparar las distancias euclidianas entre los pedones agrupados en clases y subclases de cada metodología, es también la metodología de CCT la que agrupa a pedones con mayor porcentaje de similitud.

Las tres metodologías agrupan pedones con bajos porcentajes de similitud, sobre todo en las últimas clases de Capacidad de Uso que cada una define, es decir, las clases con mayores restricciones de uso, las cuales agrupan pedones con 0% de similitud; no obstante, las primeras clases (las de menores restricciones de uso) presentan mayor consistencia en el agrupamiento de pedones, ya que agrupan pedones con mayores porcentajes de similitud. CCT, como ya se mencionó anteriormente, presenta siempre los mejores resultados en este aspecto, ya que en las clases II, III, y VII presentan porcentajes de similitud de 61.4%, 46% y 30.83% respectivamente (Cuadro 72A), en tanto que en USDA para estas mismas clases, los porcentajes de similitud son 51%, 24%, 21% (Cuadro 78A). En la metodología de Sheng por otro lado, para las clases C1 y C2 las similitudes son de 61 y 32% (Cuadro 82A).

A nivel de subclases, CCT ubica pedones con 100% y 78% de similitud en las subclases VIIc3 y IIs3 respectivamente, que son los mejores agrupamientos (Cuadro 73A), en tanto que en USDA el mejor agrupamiento a nivel de subclases presenta 51% de similitud entre pedones (Cuadro 79A). En promedio, a nivel de subclases CCT presenta una similitud entre pedones agrupados de 26% y a nivel de subclases de 23.85%, lo cual es relativamente superior a la similitud promedio entre pedones agrupados por la metodología de USDA que a nivel de clases es de 23.5% y en las subclases es de 21.12%; en la metodología de Sheng, el promedio de similitud entre pedones es de 16.10%.

Lo anterior hace ver, que las metodologías de CCT y USDA son bastante similares en relación a la clase de pedones que agrupan, pero que siempre es CCT la que presenta mayor consistencia tanto a nivel del agrupamiento en las clases como en las subclases, no solo en relación a la misma metodología si no también en relación a la metodología de Sheng. En síntesis, las tres metodologías agrupan pedones con similitudes de grado variable, y se nota mayor consistencia en las mismas a nivel de clases, ya que a nivel de subclases se nota una mayor separación de los pedones estudiados. También, se nota mayor consistencia en las primeras clases de capacidad de uso de cada metodología que en las últimas; lo cual sugiere que cada metodología tiene mejor establecidos los parámetros que definen a las clases con menores restricciones de uso, que para las clases cuyo uso es más restringido.

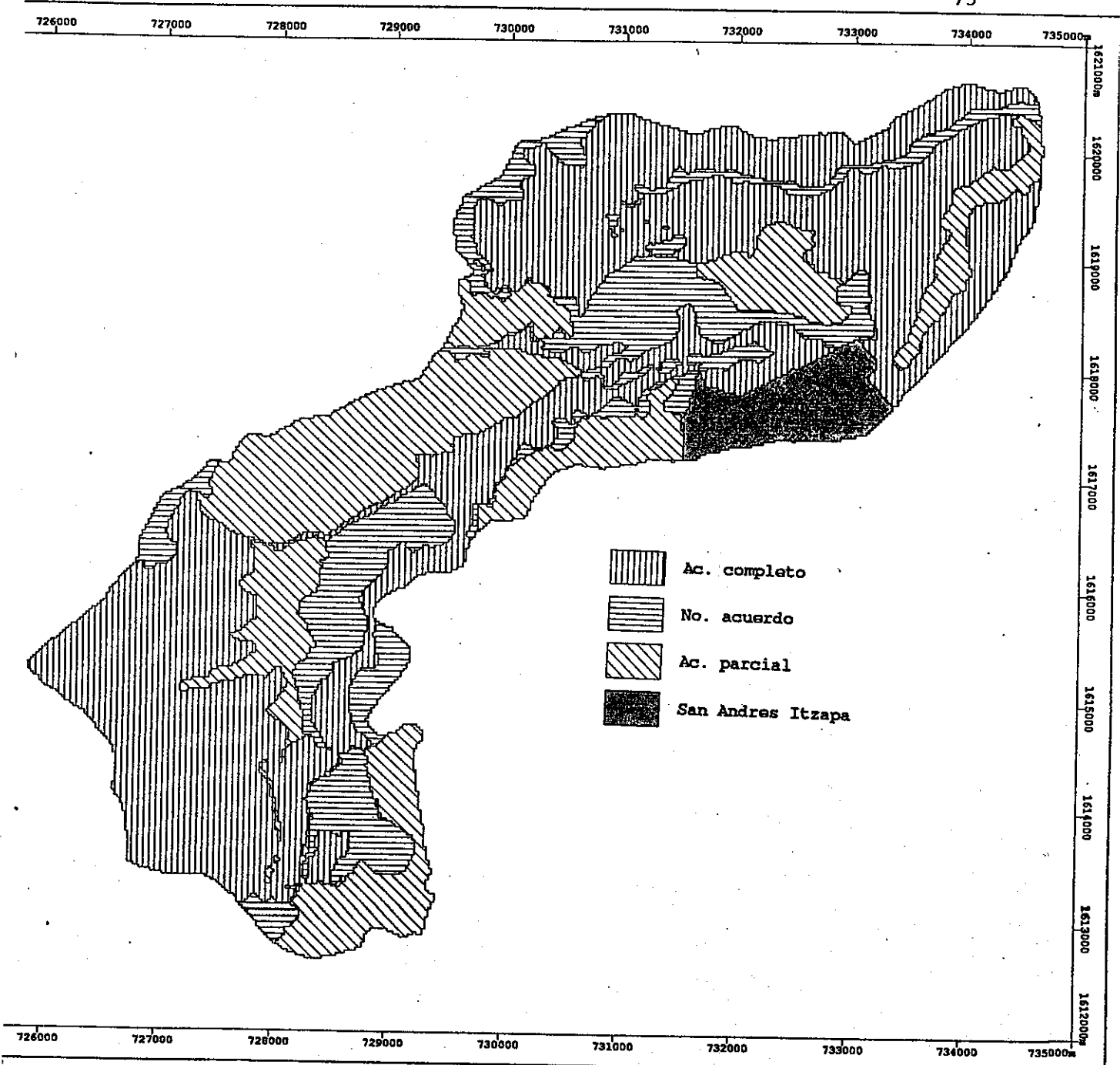
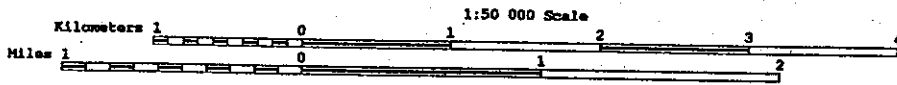


FIGURA 18 AREAS DE SIMILARIDAD
METODO USDA Y OCT



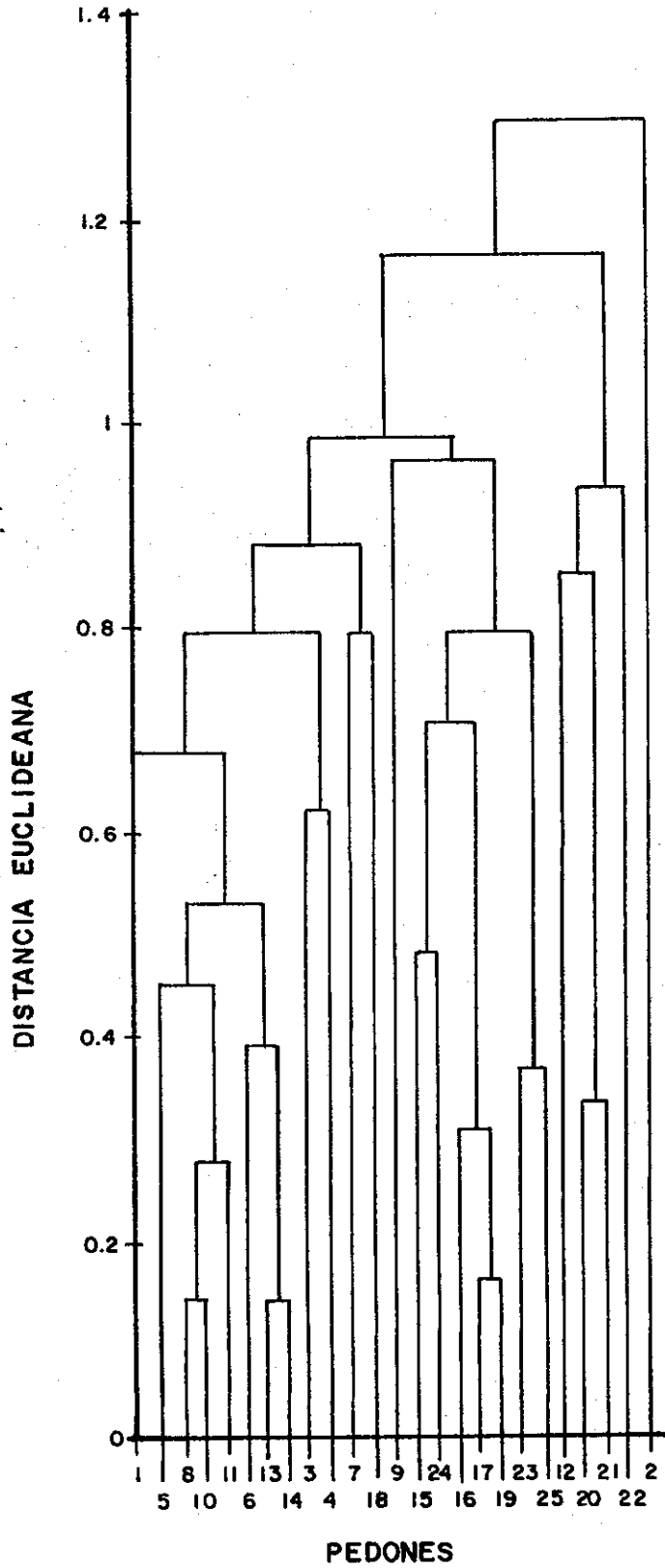


FIGURA 19. FENOGRAMA DE SIMILITUD DE LOS PEDONES ESTUDIADOS.

6.5 Criterio basado en la opinión profesional

Con el propósito de contar con la experiencia profesional de técnicos involucrados en el uso de las metodologías de Capacidad de Uso de la Tierra, y que esto sirviera para el análisis de la precisión y adaptabilidad de las tres metodologías en estudio, se entrevistó a 33 profesionales registrados en la Asociación Guatemalteca de la Ciencia del Suelo. Las principales variables que constituyen la opinión profesional obtenida se analizan a continuación.

6.5.1 Metodología de Capacidad de Uso de la Tierra que ha sido más utilizada

Los resultados de la entrevista realizada muestran que la metodología más difundida o más aceptada entre los profesionales entrevistados es la de USDA. (Cuadro 16).

Cuadro 16 Cantidad de profesionales (%) que ha utilizado cada metodología

METODOLOGIA	% DE PROFESIONALES QUE LA APLICAN. *
USDA	88
FAO	36
T.C. SHENG	7
CCT	7

* El total no es 100% porque algunos profesionales usan más de una metodología.

6.5.2 Precisión de las metodologías de Capacidad de Uso de la Tierra en estudio

En el cuadro 17 es notable que del total de los que han utilizado la metodología de USDA (88%), aproximadamente la mitad considera que es la más precisa.

Cuadro 17 Opinión sobre la precisión de las metodologías, sin importar el lugar de su aplicación.

METODOLOGIA	% DE PROFESIONALES
USDA	39
T.C. SHENG	15
FAO	15
C.C.T.	6
USDA Y FAO	3
C.C.T. Y SHENG	3
NINGUNA	19

Al analizar los datos del cuadro 18, que se refieren a la opinión de los profesionales entrevistados sobre cual de las metodologías consideran más precisa para las condiciones generales del país, se nota que USDA es siempre la que ocupa el primer lugar.

Cuadro 18 Opinión de los técnicos consultados (%) sobre la precisión de las metodologías en estudio, aplicadas nivel de todo el país.

METODOLOGIA	PORCENTAJE DE PROFESIONALES
USDA	33
C.C.T.	21
T.C. SHENG	12
FAO	6
T.C. SHENG Y FAO	3
USDA Y FAO	3
OTRAS	4
NINGUNA	18

Al analizar los resultados sobre la opinión de los entrevistados respecto a la mejor metodología para aplicarla a las condiciones del altiplano, (Cuadro 19), estos muestran que existen criterios muy variados con respecto a la aplicación de las metodologías y que no hay un consenso en relación a la mayor adaptabilidad de las metodologías para un área en particular.

Cuadro 19 Opinión de los entrevistados respecto a la metodología de capacidad de uso de la tierra que mejor se adapta a las condiciones del altiplano.

METODOLOGIA	% DE PROFESIONALES
USDA	27
T.C. SHENG	21
C.C.T.	18
T.C. SHENG Y FAO	6
FAO	3
T.C. SHENG Y OTRAS	3
FAO Y OTRAS	3
USDA Y FAO	3
NINGUNA	6

6.5.3 Factores del suelo que se deben tomar en cuenta en cualquier metodología de capacidad de uso de la tierra.

Como se presenta en el cuadro 20, la mayoría está de acuerdo en que los factores que tienen mayor influencia en la Capacidad de Uso de la Tierra son la pendiente, la profundidad, la pedregosidad, la textura del suelo y la materia orgánica. Otros factores como el drenaje superficial e interno, estructura del suelo, características químicas, son considerados de menor importancia por la mayor parte de los entrevistados y que la determinación de cada uno de estos factores dependerá del nivel de detalle en que se esté trabajando, y la metodología que se aplique debe estar diseñada para ser aplicada a diferentes niveles de detalle.

Lo anterior, permite deducir que de acuerdo con la opinión de los técnicos respecto a los factores del suelo a tomar en cuenta, las metodologías que cumplen con los requerimientos son la de USDA y la del C.C.T.. La metodología de T.C. Sheng no cumple con lo que se necesita, puesto que solo considera pendiente y profundidad.

Cuadro 20 Opinión de los entrevistados sobre los factores del suelo a tomar en cuenta en la determinación de la capacidad de uso de la tierra.

FACTOR DEL SUELO	% ENTREVISTADOS QUE LO CONSIDERAN INDISPENSABLE
PROFUNDIDAD	88
PEDREGOSIDAD	70
TEXTURA	79
PENDIENTE	97
MATERIA ORGANICA	58
ESTRUCTURA	52
CONTENIDO DE SALES	39
OTROS	52%

7 CONCLUSIONES

- 7.1 En la determinación de la capacidad de uso de la tierra, existen diferencias bien marcadas entre las tres metodologías comparadas.
- 7.2 La metodología de T.C. Sheng, sobrevalora la capacidad de uso de la tierra, pues con esta resulta que el 54% del área de la cuenca, que en gran parte son áreas con mucha pendiente y cubiertas con bosque puro o asociado con agricultura, está subutilizada y puede tener un uso más intensivo.
- 7.3 Las metodologías de USDA y C.C.T. presentan bastante similitud en los resultados que se obtienen de su aplicación en la cuenca del río Itzapa. Pero, presentan una diferencia importante en relación a la cantidad de área que puede ser utilizada para bosque productivo.
- 7.4 En la distribución de las clases de Capacidad de Uso de la Tierra en el espacio que ocupa la cuenca del río Itzapa, las metodologías que menos concuerdan entre sí, son USDA con SHENG y C.C.T. con SHENG. Sin embargo, el grado de concordancia espacial entre las tres metodologías según el índice de similaridad de Kappa, es moderado.
- 7.5 Las tres metodologías presentan poca certeza en el agrupamiento de pedones dentro de las clases y subclases de capacidad, pues agrupan pedones con similitudes de grado variable y presentan mayor consistencia a nivel de clases.
- 7.6 Es la metodología del Centro Científico Tropical (C.C.T.) la que permite obtener resultados acordes a las características del área, pues esta agrupa pedones con mayores porcentajes de similitud. Sin embargo, la misma presenta la desventaja de que requiere de información meteorológica y de otros aspectos biofísicos y socioeconómicos, la cual, en este caso, en relación a la información meteorológica y biofísica, fue posible estimarla, puesto que existen dos estaciones meteorológicas dentro de la cuenca, pero esto no es factible en la mayoría de las áreas del altiplano guatemalteco.

8. RECOMENDACIONES

8.1 En principio, de acuerdo con los resultados de esta investigación, se sugiere que en los trabajos de Capacidad de Uso de la tierra, se le dé prioridad de uso a la metodología del Centro Científico Tropical (C.C.T.), puesto que es la que realiza la mejor agrupación de pedones, al menos en áreas con condiciones como las de la cuenca del río Itzapa o en condiciones similares al altiplano de Guatemala. Sin embargo, es necesario que se realicen ajustes o modificaciones a la metodología, puesto que en su forma original, el método considera un conjunto de variables geográficas, las cuales no son factibles de considerar por el bajo grado de información biofísica que se ha desarrollado en el país; entre las limitantes se puede encontrar las siguientes:

- mapas de zonas de vida a escalas muy pequeñas
- mapas geológicos que generalmente están también a escalas muy pequeñas
- la determinación de los sistemas de manejo tecnológico, son difíciles de tipificar, puesto que en el país coexisten en áreas muy pequeñas los diferentes sistemas de manejo.

8.2 Deben realizarse otros estudios de este tipo que permitan tener mayores parámetros de comparación, por ejemplo, estudios que comparen la aplicación de las metodologías de capacidad de uso de la tierra en dos áreas con condiciones contrastantes. Es importante que se incluyan en dichos estudios, otras metodologías tal como la de FAO.

8.3 Se recomienda que entidades como el Ministerio de Agricultura, o la Asociación Guatemalteca de la Ciencia del Suelo puedan establecer metodologías generales de uso para Guatemala, ajustar alguna de las existentes o si fuera el caso, desarrollar una metodología propia, la cual estuviese basada en las condiciones socioculturales y biofísicas del país y que la misma de ser posible no se circunscriba sólo a los potenciales agropecuarios y forestales, sino también a otras formas de aprovechamiento del espacio geográfico.

9. BIBLIOGRAFIA

1. AGUILAR MARROQUIN, S.D. 1987. Uso actual del recurso forestal de la subcuenca del río Itzapa, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 71 p.
2. ARANA LOPEZ, G.A. 1992. Análisis espacial para evaluar la erosión hídrica en la subcuenca del río Pensativo, Guatemala. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 118 p.
3. BUOL, S.W.; HOLE, F.D.; MCCRAKEN, R.J. 1981. Génesis y clasificación de suelos. Trad. por Agustín Contín. 2 ed. México, D.F., Trillas. 417 p.
4. CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA (C.R.). 1985. Manual para la determinación de la capacidad de uso de las tierras de Costa Rica. Costa Rica, Proyecto G.C.R./AID. C.R. 69 p.
5. CLAVE PARA la determinación de las clases de capacidad de uso de la tierra (USDA). s.f. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía.

Sin publicar.
6. CRISCI, J.V.; LOPEZ ALMENGOR, M.F. 1983. Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. Argentina, Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Naturales. 133 p.
7. EARL STORIE, R. 1970. Manual de evaluación de suelos. Trad. por Blackaller Valdés A. México, UTEHA. 225 p.
8. ESQUIT DONIS, V.E. *et. al.* 1992. Situación actual de los recursos naturales renovables de las subcuencas de los ríos Itzapa, Negro y Cajagualtén, San Andrés Itzapa, Chimaltenango. Estudio de Sistemas de Cultivos. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 152 p.

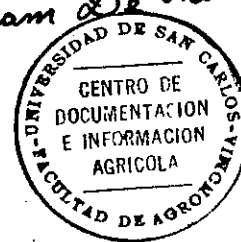
9. **GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. 1970. Mapa geológico de la república de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:500,000. Color.**
10. _____. 1975. Mapa climatológico preliminar de la república de Guatemala según el sistema Thornthwaite. Guatemala. Esc. 1:1000,000. Color.
11. _____. 1978. Diccionario geográfico de Guatemala. Tomo 2, 80 p.
12. _____. 1982. Mapa de cobertura y uso actual de la tierra, Guatemala. Guatemala. Esc. 1:500,000. Color.
13. _____. **INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR. 1984. Mapa topográfico de la república de Guatemala, Chimaltenango. hoja no. 2059IV. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.**
14. _____. **INSTITUTO NACIONAL FORESTAL. 1983. Mapa de clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Geográfico Militar. Esc. 1:600,000.**
15. _____. **SECRETARIA GENERAL DEL CONSEJO NACIONAL DE PLANIFICACION ECONOMICA; INSTITUTO NACIONAL FORESTAL; INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. 1980. Mapa de capacidad productiva de la tierra. Guatemala. Esc. 1:500,000. Color.**
16. **HERRERA, I.R. 1984. Levantamiento semidetallado de los suelos de la cuenca del río Achiguate (fase I). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 199 p.**
17. **MATUTE, J.; BOY, E. 1992. Estandarización de personal en diagnóstico clínico de bocio; Cómo evaluar la concordancia de la tiroides?. Guatemala, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. 10 p.**

18. CONGRESO NACIONAL DE LA CIENCIA DEL SUELO (I. 1986, Guatemala). 1986. Situación actual del uso y manejo del suelo en Guatemala. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 20 p.
19. ROSA, D. DE LA; CARDONA, F.; PANEQUE, G. 1977. Evaluación de suelos para diferentes usos agrícolas. *Anales de Edafología y Agrobiología (España)* 36(11,12):1099-1112.
20. LEMMENHOFER, C.P. 1990. Sensores remotos y sistemas de información geo-referenciada. In Seminario Sobre Tecnología para el Estudio de la Tierra (1990, Guatemala). 1990. Guatemala, Plan de Acción Forestal para Guatemala. s.p.
21. SABORIO, B.J. s.f. Introducción a los sistemas de información geográfica; material de apoyo al curso: Manejo de cuencas hidrográficas y sistemas de información geográfica. Costa Rica, CATIE. 41 p.
22. SHENG, T.C. 1976. Proyecto de clasificación de la capacidad de uso de la tierra orientado hacia su tratamiento. Kingston, Jamaica, proyecto PNUD/FAO. 13 p.
23. SIMMONS, C.H.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación a nivel de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, Ed. José de Pineda Ibarra. 1000 p.
24. TOJIN SANCHEZ, S. 1987. Caracterización de los recursos naturales renovables de la cuenca del río Itzapa. Investigación Inferencial-EPISA. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 49 p.
25. TORRES, G.J.; CUANALO DE LA CERDA, H.; ORTIS, S.C. 1981. Estudio comparativo de tres sistemas de clasificación de suelos (Americana, Francesa y FAO-UNESCO). *Agrociencia (Mex.)* no. 46:69-81.

26. UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA. FACULTAD DE AGRONOMIA. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS; DIRECCION GENERAL DE INVESTIGACION. 1995. Informe anual de 1995; Proyecto de investigación básica para la planificación del manejo de la cuenca experimental del Río Itzapa. Guatemala. 50 p.
27. VELAZQUES, S. *et. al.* 1991. Priorización de cuencas de las vertientes de la República de Guatemala. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Instituto de Investigaciones Agronómicas. 7 p.
28. ZUÑIGA ARAGON, R. A. Diagnóstico agrosocioeconómico de las comunidades de la parte media de la cuenca del río Itzapa, San Andrés Itzapa, Chimaltenango. Diagnóstico de E.P.S.A. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 82 p.

V.º B.º

Miriam De La Roca



10. A P E N D I C E S

- 10.1 Formato de la boleta que se utilizó para la encuesta a profesionales relacionados con el uso de las metodologías.
- 10.2 Base de datos de la opinión profesional sobre el uso de las metodologías de Capacidad de Uso de la Tierra.
- 10.3 Resumen de la información analítica y de campo de los pedones descritos en la cuenca del Río Itzapa.
- 10.4 Agrupamiento de pedones
- 10.5 Base de datos utilizada en la determinación de la Capacidad de Uso de la Tierra según la metodología de C.C.T.
- 10.6 Datos del análisis de similitud por medio de la Taxonomía Numérica

APENDICE 10.1 Formato de la boleta que se utilizó para la entrevista a profesionales relacionados con el uso de las metodologías

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS. PROYECTO CUENCA RIO ITZAPA
BOLETA PARA LA EVALUACION DE METODOLOGIAS DE CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA

A. DATOS PERSONALES

- A.1 Título a nivel de licenciatura:
A.1.1 Ing. Agr. _____ A.1.2 Arquitecto _____ A.1.3 Ing. Civil _____ A.1.4 Biólogo _____ Otro _____
- A.2 Postgrado:
A.2.1 Especialización _____ A.2.2 Maestría _____ A.2.3 Doctorado _____
- A.3 Area de especialidad:
A.3.1 Levantamientos edafológicos _____ A.3.2 Fertilidad de suelos _____ A.3.3 Conservación de suelos _____
A.3.4 Química de suelos _____ A.3.5 Física de suelos _____ A.3.6 Manejo de cuencas _____ A.3.6 Otro _____
- A.4 Institución para la que labora:
A.4.1 I.G.M. _____ A.4.2 DIGESA _____ A.4.3 DIGEBOS _____ A.4.4 USAC _____ A.4.5 Consultor _____
A.4.6 Otra _____
- A.5 Años de trabajar en aspectos de suelos y tierras:
A.5.1 0-3 _____ A.5.2 3-10 _____ A.5.3 > 10 _____

B. DATOS SOBRE EL USO DE LAS METODOLOGIAS DE CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA.

- B.1 Considera indispensables los estudios de capacidad de uso de la tierra?
B.1.1 Sí _____ B.1.2 NO _____ B.1.3 INDIFERENTE _____
- B.2 Qué metodologías de capacidad de uso de la tierra ha empleado?
B.2.1 USDA _____ B.2.2 C.C.T. _____ B.2.3 SHENG _____ B.2.4 FAO _____ B.2.5 Otra _____
- B.3 Qué metodología de capacidad de uso de la tierra considera más precisa?
B.3.1 USDA _____ B.3.2 C.C.T. _____ B.3.3 SHENG _____ B.3.4 FAO _____ B.3.5 OTRA _____
B.3.6 NINGUNA _____
- B.4 Qué metodología le parece más adecuada para las condiciones de nuestro país?
B.4.1 USDA _____ B.4.2 C.C.T. _____ B.4.3 SHENG _____ B.4.4 FAO _____ B.4.5 OTRA _____
B.4.6 NINGUNA _____
- B.5 Considera indispensable hacer estudios de suelos antes de capacidad de uso de la tierra?
B.5.1 Sí _____ B.5.2 No _____ B.5.3 Indiferente _____
- B.6 Qué metodología le parece más adecuada para las condiciones del altiplano (Chimaltenango)
B.6.1 USDA _____ B.6.2 C.C.T. _____ B.6.3 SHENG _____ B.6.4 FAO _____ B.6.5 Otra _____
B.6.6 NINGUNA _____
- B.7 En cuanto a costos cual metodología considera que es la más adecuada?
B.7.1 USDA _____ B.7.2 C.C.T. _____ B.7.3 SHENG _____ B.7.4 FAO _____
B.7.5 INDIFERENTE _____
- B.8 Qué aspectos del suelo considera indispensables para la determinación de la capacidad de uso de la tierra?
B.8.1 PENDIENTE _____ B.8.2 PEDREGOSIDAD _____ B.8.3 TEXTURA _____ B.8.4 PROFUNDIDAD _____
B.8.5 CONTENIDO DE M.O. _____ B.8.6 CONTENIDO DE SALES _____ B.8.7 ESTRUCTURA _____
B.8.8 OTRO _____ B.8.9 NINGUNO _____
- B.9 Qué aspectos del ambiente considera indispensables para la determinación de la capacidad de uso de la tierra?
B.9.1 PRECIPITACION PLUVIAL _____ B.9.2 TEMPERATURA _____ B.9.3 VIENTOS _____ B.9.4 HELADAS _____
B.9.5 EVAPOTRANSPIRACION _____ B.9.6 ACCESIBILIDAD _____ B.9.7 OTRO _____
B.9.8 NINGUNO _____

OBSERVACIONES _____

APENDICE 10.2 Base de datos de la opinión profesional sobre el uso de las metodologías de Capacidad de Uso de la Tierra.

Cuadro 21. Respuestas de los profesionales a la encuesta sobre el uso de las metodologías

A DATOS PERSONALES			
A.1 PROFESION	No. DE PROFESIONALES	A.2 POSTGRADO	No. DE PROFESIONALES
1. Ing. Agr.	25	1. Especialización	14
2. Arquitecto	4	2. Maestría	16
3. Ing. Civil	1	3. Doctorado	3
4. Biólogo	0		
5. Otro	3		
A.3 ESPECIALIDAD	No. DE PROFESIONALES	A.4 INSTITUCION	No. DE PROFESIONALES
1. Lev. edafológicos	4	1. I.G.M.	4
2. Fertilidad de suelos	3	2. DIGESA	0
3. Conservación suelos	5	3. DIGEBOS	2
4. Química de suelos	0	4. USAC	10
5. Física de suelos	0	5. CONSULTOR PRIVADO	7
6. Manejo de cuencas	7	6. OTRO	10
7. Otro	14		
A.5 EXPERIENCIA EN AÑOS	No. DE PROFESIONALES		
1. 0 - 3 Años	6		
2. 3 - 10 Años	12		
3. > 10 Años	15		
B DATOS SOBRE EL USO DE LAS METODOLOGIAS DE CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA			
B.1 CONSIDERA INDISPENSABLES LOS ESTUDIOS DE CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA	No. DE PROFESIONALES	B.2 METODOLOGIA QUE HA EMPLEADO	No. DE PROFESIONALES
1. Sí	31	1. USDA	29
2. No	2	2. C.C.T.	7
3. Indiferente	0	3. SHENG	8
		4. FAO	12
		5. OTRA	5

Continuación cuadro 21

B.3 METODOLOGIA MAS PRECISA	No. DE PROFESIONALES	B.4 METODOLOGIA MAS ADECUADA PARA EL PAIS	No. DE PROFESIONALES
1. USDA	14	1. USDA	12
2. C.C.T.	3	2. C.C.T.	7
3. SHENG	5	3 SHENG	4
4. FAO	5	4. FAO	3
5. OTRA	0	5. OTRA	1
6. NINGUNA	6	6. NINGUNA	6
B.5 CONSIDERA INDISPENSABLES LOS ESTUDIOS DE SUELOS ANTES DE LOS DE CAP. DE USO	No. DE PROFESIONALES	B.6 METODOLOGIA QUE CONSIDERA ADECUADA PARA EL ALTIPLANO	No. DE PROFESIONALES
1. Sí	25	1. USDA	10
2. No	3	2. C.C.T.	6
3. Indiferente	4	3. SHENG	10
4. No responde	1	4. FAO	2
		5. OTRA	3
		6. NINGUNA	2
B.7 METODOLOGIA MAS ADECUADA EN CUANTO A COSTOS	No. DE PROFESIONALES	B.8 ASPECTOS DEL SUELO INDISPENSABLES PARA DETERMINAR CAP. DE USO	No. DE PROFESIONALES
1. USDA	15	1. Pendiente	32
2. C.C.T.	4	2. Pedregosidad	23
3. SHENG	6	3. Textura	26
4. FAO	6	4. Profundidad	29
5. NO RESPONDE	2	5. Contenido de m.o.	19
		6. Contenido de sales	13
		7. Estructura	17
		8. Otro	17
B.9 ASPECTOS DEL AMBIENTE QUE CONSIDERA INDISPENSABLES PARA DETERMINAR CAP. DE USO	No. DE PROFESIONALES	B.9 ASPECTOS DEL AMBIENTE QUE CONSIDERA INDISPENSABLES PARA DETERMINAR CAP. DE USO	No. DE PROFESIONALES
1. Precipitación pluvial	31	5. Evapotranspiración	19
2. Temperatura	24	6. Accesibilidad	17
3. Vientos	16	7. Otro	7
4. Heladas	19	8. Ninguno	1

APENDICE 10.3 Resumen de la información analítica y de campo de los pedones descritos en la cuenca del Río Itzapa.

Cuadro 22A Información del pedón 1

ALTITUD	2450 msnm				
PENDIENTE	12%				
PROFUNDIDAD EFECTIVA DEL SUELO	> 90cm.				
PEDREGOSIDAD	SIN PIEDRAS				
DRENAJE	BIEN DRENADO				
HORIZONTES DEL SUELO	pH	% de M.O.	C.I.C.	S.B.	textura
A	6.0	19.144	12.32	50.49	Fco. Arenoso
AC	6.8	6.249	11.093	43.18	Fco. Arenoso
C	6.4	3.222	6.336	52.56	Fco. Arenoso
2AC	6.4	4.213	5.747	60.91	Fco. Arenoso
2C	6.5	--	--	--	Fco. Arenoso

Cuadro 23A Información del pedón 2

ALTITUD	2200 msnm				
PENDIENTE	35%				
PROFUNDIDAD EFECTIVA DEL SUELO	> 90cm.				
PEDREGOSIDAD	SIN PIEDRAS				
DRENAJE	BIEN DRENADO				
HORIZONTES DEL SUELO	pH	% de M.O.	C.I.C.	S.B.	textura
AC	6.0	11.86	19.29	71.76	Fco. Arcilloso
2A	6.1	5.58	17.93	55.79	Fco. Arcilloso
2AC	6.2	3.98	13.09	72.95	Fco. Arcilloso

Cuadro 24A Información del pedón 3

ALTITUD	2200 msnm				
PENDIENTE	11%				
PROFUNDIDAD EFECTIVA DEL SUELO	> 90cm.				
PEDREGOSIDAD	SIN PIEDRAS				
DRENAJE	BIEN DRENADO				
HORIZONTES DEL SUELO	pH	% de M.O.	C.I.C.	S.B.	textura
A	6.4	7.98	16.4	55.18	Fco. Arcillo Arenoso
Bw	6.3	3.14	15.23	62.24	Fco. Arcillo Arenoso
C	5.8	1.53	19.52	60.82	Fco. Arcilloso

Cuadro 25A Información del pedón 4

ALTITUD	2000 msnm				
PENDIENTE	10%				
PROFUNDIDAD EFECTIVA DEL SUELO	90cm.				
PEDREGOSIDAD	SIN PIEDRAS				
DRENAJE	BIEN DRENADO				
HORIZONTES DEL SUELO	pH	% de M.O.	C.I.C.	S.B.	textura
Ap	5.8	4.01	14.00	79.48	Fco. Arcillo Arenoso
Bw	5.8	0.67	18.97	72.81	Arcilloso
C	6.3	0	20.83	66.31	Fco. Arcilloso

Cuadro 26A Información del pedón 5

ALTITUD	1920 msnm				
PENDIENTE	15%				
PROFUNDIDAD EFECTIVA DEL SUELO	74cm.				
PEDREGOSIDAD	SIN PIEDRAS				
DRENAJE	BIEN DRENADO				
HORIZONTES DEL SUELO	pH	% de M.O.	C.I.C.	S.B.	textura
Ap	6.6	3.36	19.20	47.99	Fco. Arenoso
A	6.3	6.19	18	52.26	Fco. Arenoso
Bt1	6.8	0.27	15.60	53.88	Fco. Arenoso
Bt2	6.8	0.47	38.40	48	Fco. Arcillo Arenoso

Cuadro 27A Información del pedón 6

ALTITUD	1870 msnm				
PENDIENTE	25%				
PROFUNDIDAD EFECTIVA DEL SUELO	>90cm.				
PEDREGOSIDAD	SIN PIEDRAS				
DRENAJE	BIEN DRENADO				
HORIZONTES DEL SUELO	pH	% de M.O.	C.I.C.	S.B.	textura
AC	5.6	3.23	14	46.4	Fco. Arenoso
CA	6.4	2.82	13.6	78.55	Fco. Arenoso
2Bt	6.0	1.34	25.6	44.65	Fco. Arcilloso
Cm	7.3	0.27	29.20	63.00	Arena Franca

Cuadro 28A Información del pedón 7

ALTITUD	1800 msnm				
PENDIENTE	15%				
PROFUNDIDAD EFECTIVA DEL SUELO	67cm.				
PEDREGOSIDAD	Moderadamente pedregoso				
DRENAJE	Moderadamente bien drenado				
HORIZONTES DEL SUELO	pH	% de M.O.	C.I.C.	S.B.	textura
Ap	6.0	3.9	16.50	57.4	Fco.
B	6.4	1.54	11.65	93.71	Fco. Arcillo Arenoso
2AC	6.5	0.89	14.74	100	Fco. Arcillo Arenoso
3BC	6.2	0	18.01	53.52	Fco. Arcilloso

Cuadro 29A Información del pedón 8

ALTITUD	1800 msnm				
PENDIENTE	4%				
PROFUNDIDAD EFECTIVA DEL SUELO	>90cm.				
PEDREGOSIDAD	SIN PIEDRAS				
DRENAJE	BIEN DRENADO				
HORIZONTES DEL SUELO	pH	% de M.O.	C.I.C.	S.B.	textura
Ap	6.3	4.24	18.48	67.36	Fco. Arenoso
AC	6.7	2.10	13.87	63.67	Fco. Arenoso
2Bw	6.3	1.98	17.69	72.29	Fco. Arcilloso

Cuadro 30A Información del pedón 9

ALTITUD	1950 msnm				
PENDIENTE	35%				
PROFUNDIDAD EFECTIVA DEL SUELO	70cm.				
PEDREGOSIDAD	SIN PIEDRAS				
DRENAJE	Moderadamente bien drenado				
HORIZONTES DEL SUELO	pH	% de M.O.	C.I.C.	S.B.	textura
A	6.7	2.56	19.20	50.08	Fco. Arenoso
AC	6.6	0.40	29.60	47.71	Fco. Arenoso
C	6.5	0.18	38.00	50.54	Arena Franca
2C	7.6	0.81	27.20	43.61	Franco Arenoso
3C1	7.0	0.07	21.60	52.67	Arena
3C2	7.30	0.07	19.60	61.73	--
4C	7.7	0.18	13.60	47.32	Fco. Arenoso

Cuadro 31A Información del pedón 10

ALTITUD	1700 msnm				
PENDIENTE	10%				
PROFUNDIDAD EFECTIVA DEL SUELO	>90cm.				
PEDREGOSIDAD	Moderadamente pedregoso				
DRENAJE	BIEN DRENADO				
HORIZONTES DEL SUELO	pH	% de M.O.	C.I.C.	S.B.	textura
Ap	6.3	3.98	18.39	66.81	Fco. Arenoso
C	6.5	2.90	18.96	67.98	Fco. Arenoso

Cuadro 32A Información del pedón 11

ALTITUD	1740 msnm				
PENDIENTE	12%				
PROFUNDIDAD EFECTIVA DEL SUELO	> 90cm.				
PEDREGOSIDAD	SIN PIEDRAS				
DRENAJE	BIEN DRENADO				
HORIZONTES DEL SUELO	pH	% de M.O.	C.I.C.	S.B.	textura
A	6.5	4.21	24.27	54.11	Fco. Arcillo Arenoso
2A	6.0	5.18	19.81	70.76	Fco.
2Cm	6.8	0	22.4	65.22	Fco. Arcillo Arenoso

Cuadro 33A Información del pedón 12

ALTITUD	2550 msnm				
PENDIENTE	34%				
PROFUNDIDAD EFECTIVA DEL SUELO	80cm.				
PEDREGOSIDAD	Pedregoso				
DRENAJE	Moderadamente bien drenado				
HORIZONTES DEL SUELO	pH	% de M.O.	C.I.C.	S.B.	textura
A	6.3	10.02	26.57	37.37	Fco. Arenoso
AC	6.5	4.93	36.37	27.91	Fco.
2Bw	6.5	2.22	32.06	36.96	Fco. Arcillo Arenoso

Cuadro 34A Información del pedón 13

ALTITUD	2300 msnm				
PENDIENTE	12%				
PROFUNDIDAD EFECTIVA DEL SUELO	> 90cm.				
PEDREGOSIDAD	SIN PIEDRAS				
DRENAJE	BIEN DRENADO				
HORIZONTES DEL SUELO	pH	% de M.O.	C.I.C.	S.B.	textura
AC	6.3	3.45	19.20	33.43	Fco. Arenoso
CA	6.6	3.45	18.30	34.21	Fco. Arenoso
2AC	6.7	3.45	12.80	33.75	Arena Franca
3CA	6.7	2.32	13.00	28.0	Arena Franca
3C	6.70	2.10	12.00	27.42	Arena Franca
4C	7.0	2.21	14.80	31.28	Fco. Arenoso

Cuadro 35A Información del pedón 14

ALTITUD	2,060 msnm				
PENDIENTE	15%				
PROFUNDIDAD EFECTIVA DEL SUELO	84cm.				
PEDREGOSIDAD	SIN PIEDRAS				
DRENAJE	BIEN DRENADO				
HORIZONTES DEL SUELO	pH	% de M.O.	C.I.C.	S.B.	textura
AC	6.4	8.34	25.6	39.75	Fco. Arenoso
CA	6.8	4.37	28.8	38.51	Fco. Arenoso
C	6.7	3.16	26.4	42.08	Fco. Arenoso
2C	6.4	2.82	30.4	37.62	Fco. Arenoso

Cuadro 36A Información del pedón 15

ALTITUD	1900 msnm				
PENDIENTE	40				
PROFUNDIDAD EFECTIVA DEL SUELO	79cm.				
PEDREGOSIDAD	SIN PIEDRAS				
DRENAJE	BIEN DRENADO				
HORIZONTES DEL SUELO	pH	% de M.O.	C.I.C.	S.B.	textura
H/A	7.0	18.29	40.40	77.22	Fco. Arenoso
A	6.80	7.19	34.0	66.89	Fco. Arenoso
AC	6.80	6.46	28.80	57.05	Fco.
C	6.90	2.69	15.20	61.50	Arena Franca

Cuadro 37A Información del pedón 16

ALTITUD	1870 msnm				
PENDIENTE	11%				
PROFUNDIDAD EFECTIVA DEL SUELO	25cm.				
PEDREGOSIDAD	SIN PIEDRAS				
DRENAJE	BIEN DRENADO				
HORIZONTES DEL SUELO	pH	% de M.O.	C.I.C.	S.B.	textura
AC	6.28	2.22	14.0	53.63	Fco. Arenoso
2A	7.10	0.74	15.20	62.14	Fco. Arenoso
2AB	6.90	0.74	21.60	62.84	Fco. Arcilloso
2Bt	6.50	0.81	27.60	55.07	Arcilla

Cuadro 38A Información del pedón 17

ALTITUD	1880 msnm				
PENDIENTE	10%				
PROFUNDIDAD EFECTIVA DEL SUELO	48cm.				
PEDREGOSIDAD	SIN PIEDRAS				
DRENAJE	BIEN DRENADO				
HORIZONTES DEL SUELO	pH	% de M.O.	C.I.C.	S.B.	textura
Acl	6.50	4.03	14	66.77	Fco. Arenoso
AC2	6.40	2.82	13.20	60.18	Fco. AREnoso
CB	7.10	0.40	25.60	54.58	Fco. Arcilloso
Bt	6.60	1.41	13.60	62.65	Fco. Arenoso
C	6.50	0.54	23.60	57.35	Fco. Arcilloso

Cuadro 39A Información del pedón 18

ALTITUD	1928 msnm				
PENDIENTE	34%				
PROFUNDIDAD EFECTIVA DEL SUELO	49cm.				
PEDREGOSIDAD	SIN PIEDRAS				
DRENAJE	BIEN DRENADO				
HORIZONTES DEL SUELO	pH	% de M.O.	C.I.C.	S.B.	textura
A	5.60	1.62	22.60	47.19	Fco. Arcillo Arenoso
AB	6.30	2.06	26.60	50.92	Fco. Arcillo Arenoso
BA	7.00	0.20	26.60	55.67	Fco. Arcilloso
Bw	6.40	0.40	26.40	51.47	Fco. Arcilloso
BC1	6.60	0.34	30.60	46.30	Fco. Arcilloso
BC2	6.40	0.67	22.40	57.52	Fco. Arcillo Arenoso

Cuadro 40A Información del pedón 19

ALTITUD	2100 msnm				
PENDIENTE	11%				
PROFUNDIDAD EFECTIVA DEL SUELO	52cm.				
PEDREGOSIDAD	SIN PIEDRAS				
DRENAJE	BIEN DRENADO				
HORIZONTES DEL SUELO	pH	% de M.O.	C.I.C.	S.B.	textura
AC	6.50	6.47	20	57.53	Fco. Arenoso
CA	6.50	6.48	20	54.08	Fco. Arenoso
BA	6.50	1.41	20.40	52.41	Fco. Arcillo Arenoso
AB	6.70	1.14	25.60	56.56	Fco. Arcilloso

Cuadro 41A Información del pedón 20

ALTITUD	2050 msnm				
PENDIENTE	34%				
PROFUNDIDAD EFECTIVA DEL SUELO	50cm.				
PEDREGOSIDAD	SIN PIEDRAS				
DRENAJE	BIEN DRENADO				
HORIZONTES DEL SUELO	pH	% de M.O.	C.I.C.	S.B.	textura
AC	6.40	9.28	23.20	73.82	Fco. Arenoso
CA	6.30	6.34	19.20	84.01	Fco. Arenoso
CA2	6.40	6.05	19.20	56.18	Fco. Arenoso
R					

Cuadro 42A Información del pedón 21

ALTITUD	2350 msnm				
PENDIENTE	40%				
PROFUNDIDAD EFECTIVA DEL SUELO	25cm.				
PEDREGOSIDAD	SIN PIEDRAS				
DRENAJE	BIEN DRENADO				
HORIZONTES DEL SUELO	pH	% de M.O.	C.I.C.	S.B.	textura
AC	6.30	5.56	37.20	76.19	Fco. Arenoso
2AC	6.50	3.90	36.40	70.96	Fco. Arenoso
2Cm	6.60	1.06	52.60	70.32	Arena Franca

Cuadro 43A Información del pedón 22

ALTITUD	2320 msnm				
PENDIENTE	22%				
PROFUNDIDAD EFECTIVA DEL SUELO	> 90cm.				
PEDREGOSIDAD	SIN PIEDRAS				
DRENAJE	BIEN DRENADO				
HORIZONTES DEL SUELO	pH	% de M.O.	C.I.C.	S.B.	textura
Ap	6.50	5.24	19.60	68.31	Fco. Arenoso
AC	6.40	4.51	17.60	54.17	Fco. Arenoso
AC2	6.40	4.71	16.00	40.75	Fco. Arenoso
C	6.40	3.50	16.00	41.69	Fco. Arenoso
2C1	6.50	3.09	14.40	48.43	Fco. Arenoso
2C2	6.50	1.55	14.00	47.69	Fco. Arenoso
C3	6.90	1.75	16.60	40.91	Fco. Arenoso

Cuadro 44A Información del pedón 23

ALTITUD	1900 msnm				
PENDIENTE	9				
PROFUNDIDAD EFECTIVA DEL SUELO	66cm.				
PEDREGOSIDAD	SIN PIEDRAS				
DRENAJE	BIEN DRENADO				
HORIZONTES DEL SUELO	pH	% de M.O.	C.I.C.	S.B.	textura
Ap	6.60	2.15	12.60	60.04	Fco. arenoso
AC	6.90	1.34	14.40	50.39	Fco. Arenoso
2Bt	7.10	0.40	26.60	42.25	Fco. Arcilloso
3Bt	7.00	0.47	27.20	40.68	Arcilla
3BC	7.00	0.27	26.00	41.33	Arcilla

Cuadro 45A Información del pedón 24

ALTITUD	1900 msnm				
PENDIENTE	34				
PROFUNDIDAD EFECTIVA DEL SUELO	47cm.				
PEDREGOSIDAD	SIN PIEDRAS				
DRENAJE	BIEN DRENADO				
HORIZONTES DEL SUELO	pH	% de M.O.	C.I.C.	S.B.	textura
C/O	6.60	2.78	23.20	64.95	Fco. Arenoso
2AC	6.60	2.98	16.00	57.72	Fco. Arenoso
2CA	6.60	2.02	17.80	50.44	Fco. Arenoso
3AC	6.70	1.82	16.60	53.49	Fco. Arenoso
4Cm	6.50	0.61	19.80	49.99	Fco. Arenoso

Cuadro 46A Información del pedón 25

ALTITUD	1850 manm				
PENDIENTE	16				
PROFUNDIDAD EFECTIVA DEL SUELO	59cm.				
PEDREGOSIDAD	SIN PIEDRAS				
DRENAJE	BIEN DRENADO				
HORIZONTES DEL SUELO	pH	% de M.O.	C.I.C.	S.B.	textura
A	6.70	4.71	22.00	57.79	Fco. Arenoso
CA	7.00	1.08	9.20	66.85	Arena Franca
2C	6.80	2.82	21.20	55.05	Franco
3C	6.90	1.48	14.80	57.97	Fco. Arenoso

* pH: potencial de hidrógenos, M.O.: Materia orgánica, C.I.C.: Capacidad de intercambio catiónico, S.B.: Saturación de bases.

APENDICE 10.4 Agrupamiento de pedones

Cuadro 47A Agrupamiento de pedones de acuerdo a la metodología de CCT en cada clase de capacidad de uso.

Clase De Capacidad	Pedones
VII	9,20,18,12,2,5,24
II	8,11,10,23,16,17
III	19,4,3,1,13
IV	7,6,22,25
IX	15
X	21

Cuadro 48A Agrupamiento de pedones de acuerdo a la metodología de CCT en cada subclase de capacidad de uso.

Subclase de Capacidad	Pedones
VIIa1	9,18,20,12,14,5,24
VIIc3	2
IIa3	8,11
IIa3a4	10
II	23
IIa1	16,17
IIa1a2	19
IIIa1c3	4
III	3
IIIa2c3	1,13
IVa1c3	25,7
IVe3	6
IVc3	22
IX	15
X	21

Cuadro 49A Acierto o coincidencia promedio del número de pedones agrupados según la metodología de CCT respecto al número de pedones incluidos en cada grupo según la taxonomía numérica a nivel de clases.

Clase de Capacidad	% de acierto respecto a cada grupo de la taxonomía numérica				Promedio
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	
VII	16.67	50	37.5	0	26
II	25	37.5		0	31.25
III	33			0	33
IV	16.67	0	0	0	5.55
IX	0	0	0	0	0
X	0	0	0	0	0
Promedio General					15.97

Cuadro 50A Acierto o coincidencia promedio del número de pedones agrupados según la metodología de CCT respecto al número de pedones incluidos en cada grupo según la taxonomía numérica a nivel de subclases.

No. de grupo en CCT	% de acierto respecto a cada grupo de la taxonomía numérica representado				Acierto Promedio en %
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	
1	25	25	50	--	33
2	--	--	--	100	100
3	16.67	--	--	--	16.67
4					0
5					0
6	25	--	--	--	25
7					0
8					0
9					0
10	16.67	--	--	--	16.67
11					0
12					0
13					0
14					0
15					0
16					0
Promedio General					12.76

Cuadro 51A Distancias y porcentajes de similitud entre pedones agrupados en cada clase de capacidad según la metodología de CCT.

Clase de Capacidad	Distancias entre pedones	Porcentajes de Similitud	Similitud Promedio en %
VII	0.96,0.85,0.88,0.53,0.98,1.1 6	25,34,32,59,24,11	30.83
II	0.28,0.8,0.3,0.13,0.98	78,38,77,90,24	61.4
III	0.62,0.79,0.67	52,39,48	44
IV	0.88,0.98,1.16	32,24,11	22
IX	--	0	0
X	--	0	0

Cuadro 52A Distancias y porcentajes de similitud entre pedones agrupados en cada subclase de capacidad según la metodología de CCT.

Subclase de Capacidad	Distancias entre pedones	Porcentajes de similitud	Similitud Promedio en %
VIIa1	0.98,1.16,0.96,0.88,0.85,0.53	24,11,25,32,34,59	30.83
VIIc3	0	100	100
IIa3	0.28	78	78
IIa3a4	--	0	0
II	--	0	0
IIa1	0.3	77	77
IIa1a2	--	0	0
IIIa1e3	--	0	0
III	--	0	0
IIIa2e3	0.67	48	48
IVa1e3	0.98	24	24
IVe3	--	0	0
IVc3	--	0	0
IX	--	0	0
X	--	0	0
Promedio General		23.85	

Cuadro 53A Agrupamiento de pedones de acuerdo a la metodología de USDA en cada clase de capacidad de uso.

Clase de Capacidad de Uso	Pedones
VII	9,18,20,12,15,2,6
II	8,11,23
III	16,10
IV	17,19,24,25,7,5,4,3,1,13,22
VI	14
VIII	21

Cuadro 54A Agrupamiento de pedones de acuerdo a la metodología de USDA en cada subclase de capacidad de uso.

Subclase de Capacidad	Pedones
VIIe	9,18,20,12,15,2,6
II	8,11,23
IIIe	10
IIIa	16
IVe	19,17,24,25,7,5,4,3
IVec	1,13,22
IVe	14
VIII	21

Cuadro 55A Acierto o coincidencia promedio del número de pedones agrupados según la metodología de USDA respecto al número de pedones incluidos en cada grupo según la taxonomía numérica a nivel de clases.

Grupo	% de acierto respecto a cada grupo de la taxonomía numérica representado				Acierto Promedio en %
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	
1	25	16.67	50	0	22.92
2	16.67	0	0	0	8.33
3	0	0	0	0	0
4	75	50	0	--	42
5	0	--	--	--	0
6	--	--	0	--	0
Promedio General					12.21

Cuadro 56A Acierto o coincidencia promedio del número de pedones agrupados según la metodología de USDA respecto al número de pedones incluidos en cada grupo según la taxonomía numérica a nivel de subclases.

Grupo	% de acierto o coincidencia respecto a cada grupo de la taxonomía numérica representado				Acierto Promedio en %
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	
1	25	16.67	50	0	22.92
2	16.67	0	--	--	8.33
3	0	--	--	--	0
4	--	0	--	--	0
5	33	50	--	--	42
6	16.67	--	0	--	8.33
7	--	0	--	--	0
8	--	--	0	--	0
Promedio General				10.20	

Cuadro 57A Distancias y porcentajes de similitud entre pedones agrupados en cada clase de capacidad según la metodología de USDA.

Clase De Capacidad de Uso	Distancias entre pedones	Porcentajes de Similitud entre pedones	% de Similitud Promedio entre pedones
VII	0.96,0.88,0.85,0.98,1.16,1.29	25,32,34,24,11,0	21
II	0.28,0.98	78,24	51
III	0.98	24	24
IV	0.7,0.8,0.08,0.7,0.88,0.67,0.79,0.62,1.16	46,38,94,46,32,48,39,52,11	45
VI	--	0	0
VIII	--	0	0
Promedio General		23.5	

Cuadro 58A Distancias y porcentajes de similitud entre pedones agrupados en cada subclase de capacidad según la metodología de USDA.

Clase De Capacidad De Uso	Distancias entre pedones	Porcentajes de Similitud entre pedones	Porcentaje de similitud promedio entre pedones
VIIe	0.98,1.16,0.96,1.29,0.88,0.85	24,11,25,0,32,34	21
II	0.28,0.98	78,24	51
IIIe	--	0	0
IIIs	--	0	0
IVe	0.08,0.7,0.8,0.98,0.88,0.79,0.62	94,46,38,24,32,39,52	46
IVec	0.67,1.16	48,11	30
VIe	--	0	0
VIII	--	0	0
Promedio		18.5	

Cuadro 59A Agrupamiento de pedones de acuerdo a la metodología Sheng en cada clase de capacidad de uso.

Clase De Capacidad	Pedones
C1	1,3,4,5,8,11,13,14,16,17,19,23,25
C2	7,10
C3	2,9
C3/P	18,20,21,24
C4/P	12
AF/F	15
AF	22
F	6

Cuadro 60A Acierto o coincidencia promedio del número de pedones agrupados según la metodología de Sheng respecto al número de pedones incluidos en cada grupo según la taxonomía numérica a nivel de clases.

Clase de Capacidad De Uso	% de acierto o coincidencia respecto a cada grupo de la taxonomía numérica				Acierto Promedio en %
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	
C1	67	62.5	--	--	64.75
C2	16.67	--	--	--	16.67
C3	--	0	--	0	0
C3/P	0	0	50	--	16.67
C4/P	--	--	0	--	0
AF/F	--	0	--	--	0
AF	--	--	0	--	0
F	0	--	--	--	0
Promedio general				12.26	

Cuadro 61A Distancias y porcentajes de similitud entre pedones agrupados en cada clase de capacidad según la metodología de Sheng.

Clase de Capacidad	Distancias entre Pedones	Porcentajes de Similitud entre pedones	Porcentaje promedio de similitud entre pedones
C1	.67,.98,.62,.79,.45,.53,.28, .13,.3,.8,.08,.36	48,24,52,39,65,59,78,90,77, .38,94,72	61
C2	.88	31.78	31.78
C3	1.29	0	0
C3/P	1.16,0.98,0.33	10.1,24,74.42	36
C4/P	--	0	0
AF/F	--	0	0
AF	--	0	0
F	--	0	0
Promedio		16.10	

APENDICE 10.5 Base de datos que sirvió en la aplicación de la metodología de C.C.T.

Cuadro 62A Base de datos utilizada en la determinación de la Capacidad de Uso de La tierra según C.C.T.

PUNTO DE MUESTREO	PENDIENTE MAXIMA	TEXTURA	PROFUNDIDAD EFECTIVA	pH	DRENAJE	PEDREGOSIDAD	RIESGO DE INUNDACION	EROSION SUFRIDA	MICRO RELIEVE	CATEGORIA MESES SECOS	VIENTOS	NEBLINA
1	12.3	Fa	>90	6	2	1	0	1	1	2	2	2
2	36.4	FA	>90	6	2	2	0	1	1	2	2	2
3	12.3	FAa	>90	6.4	4	1	0	1	1	3	1	1
4	12.3	FA	90	5.8	4	1	0	1	3	3	1	1
5	36.4	Fa	74	6.6	4	1	0	2	3	3	1	1
6	26.8	Fa	>90	5.6	4	1	0	1	3	3	1	1
7	26.8	FAa	67	6	4	3	0	1	3	3	1	1
8	12.3	Fa	>90	6.3	2	1	0	1	2	3	1	1
9	36.4	Fa	70	6.7	3	1	0	1	1	3	1	1
10	12.3	Fa	>90	6.3	2	3	1	1	2	3	1	1
11	12.3	FAa	>90	6.5	2	1	0	1	2	3	1	1
12	36.4	F	80	6.3	2	4	0	3	1	2	1	1
13	12.3	Fa	>90	6.3	2	1	0	2	1	2	1	1
14	36.4	Fa	84	6.4	2	1	1	1	1	2	1	1
15	46.63	Fa	79	7	3	1	1	1	1	3	1	1
16	12.3	Fa	25	6.2	4	1	0	1	1	3	1	1
17	12.3	Fa	48	6.5	4	1	0	1	1	3	1	1
18	36.4	FAa	49	5.8	4	1	0	1	1	3	1	1
19	12.3	Fa	52	6.5	3	1	0	1	1	3	1	1
20	36.4	Fa	50	6.4	3	1	0	1	1	3	1	1
21	>57.7	Fa	25	6.3	2	2	0	1	1	2	2	1
22	26.8	Fa	>90	6.5	2	1	0	1	1	2	2	1
23	12.3	FAa	66	6.8	2	1	0	1	2	3	1	1
24	36.4	Fa	47	6.6	4	1	0	1	3	3	1	1
25	26.8	Fa	59	6.7	4	1	0	1	3	3	1	1

REFERENCIAS DEL CUADRO 62A

DRENAJE:

2=Moderadamente excesivo 3=Bueno 4=Moderadamente lento

PEDREGOSIDAD:

1=Sin Piedras o muy escasas 3=Moderadamente pedregoso 4=Pedregoso

RIESGO DE INUNDACIÓN:

0=Ninguno 1=Inundacion Ligera

EROSION SUFRIDA:

1=ligera 2=Moderada 3=Severa

MICRORRELIEVE:

1=liso 2=Ondulado suave 3= Ondulado

CATEGORIA MESES SECOS:

2=De Uno a tres meses secos, 3=Mas de tres Meses Secos

VIENTO:

1=Velocidad menor de 15 Km/hora, 2=Entre 15 y 30 km./hora.

NEBLINA:

1=Poco frecuente, 2=Frecuente

FACTORES LIMITANTES ESPECIFICOS:

CLIMA (c):

c3:Limitacion por viento

EROSION (e):

e2=Limitacion por erosion sufrida

e3=Limitacion por microrrelieve

SUELO (s):

s1=Limitacion por profundidad efectiva

s2=Limitacion por textura

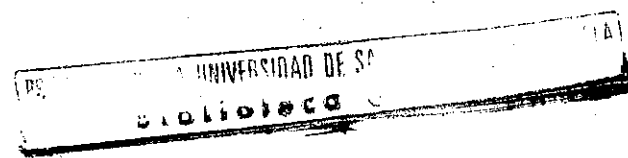
s3=Limitacion por pH

s4=Limitacion por pedregosidad

APENDICE 10.6 Datos del análisis de similitud por medio de la Taxonomía Numérica

Cuadro 63A Matriz básica de datos para el
análisis de agrupamientos
(análisis cluster)

* OTU	CARACTERES							
	PENDIENTE EN %	PROFUNDIDAD EN CM.	PORCENTAJE DE ARCILLA	PORCENTAJE DE LIMO	PORCENTAJE DE ARENA	DRENAJE	TIPO DE EROSION	GRADO DE EROSION
1	12	100	13.42	33.91	52.67	0	0	0
2	35	100	30.08	29.17	40.75	0	2	0
3	11	100	23.59	19.13	57.28	0	2	0
4	10	90	26.75	25.03	48.22	0	1	1
5	15	74	19.82	24.15	56.03	0	0	1
6	25	100	16.67	19.95	63.58	0	0	0
7	15	67	23.11	30.3	46.59	1	0	0
8	4	100	18.33	26.44	55.23	0	0	0
9	35	70	13.52	18.9	67.58	0	2	0
10	10	100	19.42	25.68	54.9	0	0	0
11	12	100	22.97	22.05	54.98	0	0	0
12	34	80	10.62	31.18	58.2	1	1	2
13	12	97	9.94	23.15	66.91	0	0	0
14	15	84	10.37	22.05	67.58	0	0	0
15	40	79	7.22	17.85	74.93	0	0	0
16	11	25	12.72	18	69.28	0	0	0
17	10	48	10.72	18	71.28	0	0	0
18	34	49	26.72	24	49.28	0	0	0
19	11	52	6.72	18	75.28	0	0	0
20	34	50	10.72	22	67.28	1	0	2
21	40	25	6.72	20	73.28	1	0	2
22	22	124	4.72	21	74.28	1	1	2
23	9	66	10.72	22	67.28	1	0	0
24	34	47	6.72	16	77.28	0	0	1
25	16	59	11.42	23.1	65.48	1	0	1

REFERENCIAS DEL CUADO 63A***OTU: Unidades Taxonómicas Operativas****DRENAJE:****0=BIEN DRENADO****1=MODERADAMENTE BIEN DRENADO****GRADO DE EROSION:****0=LEVE****1=MODERADA****2=FUERTE****TIPO DE EROSION:****0=LAMINAR****1=SURCOS****2=LAMINAR Y EN SURCOS**



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

Ref. Sem.046-96

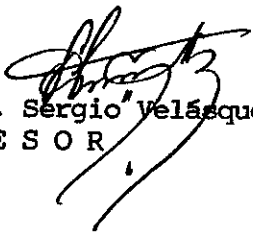
LA TESIS TITULADA: "COMPARACION DE METODOLOGIAS DE CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA EN LA CUENCA DEL RIO ITZAPA, CHIMALTENANGO".

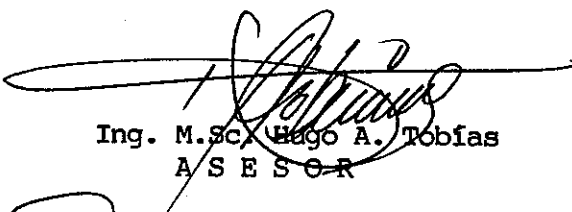
DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: RODOLFO ESTUARDO VELIZ ZEPEDA

CARNET No: 87-13249

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Helmer Ayala
 Ing. Agr. Maxdelio Herrera
 Ing. Agr. Efraín Medina G.

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. M.Sc. Sergio Velásquez
 ASESOR


 Ing. M.Sc. Hugo A. Tobías
 ASESOR


 Ing. Agr. Fernando Rodríguez
 DIRECTOR DEL IIA.



I M P R I M A S E


 Ing. Agr. Rolando Lara Alecio
 DECANO



cc:Control Académico
 Archivo
 FR/prr.

APARTADO POSTAL 1545 • 01091 GUATEMALA, C. A.

TELEFONO: 769794 • FAX: (5022) 769770