

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA

PROGRAMA DE ENSEÑANZA

AREA DE POSGRADO

DESARROLLO DE UN MODELO PARA EVALUACION Y UTILIZACION DE TIERRAS DE USO AGROFORESTAL PARA LA REGION IV DE NICARAGUA, CON EL SISTEMA AUTOMATIZADO DE EVALUACION DE TIERRAS (ALES)

Tesis sometida a la consideración del Comité Técnico Académico del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, para optar al grado de

*MAGISTER SCIENTIAE*

por

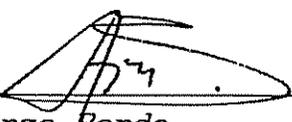
Georgina Orozco Sequeira

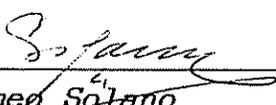
CATIE  
Turrialba, Costa Rica  
1993.

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por la jefatura del Area de Postgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del CATIE y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

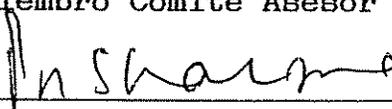
*MAGISTER SCIENTIAE*

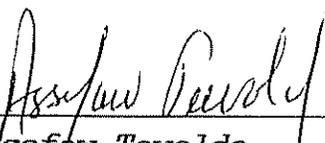
FIRMANTES:

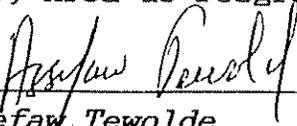
  
\_\_\_\_\_  
*José Arze Borda*  
Profesor Consejero

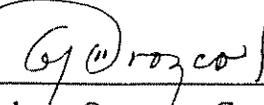
  
\_\_\_\_\_  
*Romeo Solano*  
Miembro Comité Asesor

  
\_\_\_\_\_  
*Roberto Diaz-Romeu*  
Miembro Comité Asesor

  
\_\_\_\_\_  
*Prem Sharma*  
Miembro Comité Asesor

  
\_\_\_\_\_  
*Assefaw Tewolde*  
Jefe, Area de Posgrado

  
\_\_\_\_\_  
*Asséfaw Tewolde*  
Director, Programa de Enseñanza

  
\_\_\_\_\_  
*Georgina Orosco Sequeira*  
Candidato

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos por formar parte de ellos y ellos parte de mi. Familia siempre.

A mi pequeño y adorado hijo Nelson Saúl

A mis queridas tías Madre Hilda y Bemilda

A mis profesores en especial a José Arze y Pedro Oñoro

## RECONOCIMIENTO

A José Arze M.Sc., Profesor Consejero por todos los conocimientos y apoyo brindado durante todo este tiempo. Gracias.

A Romeo Solano M.Sc., Roberto Díaz M.Sc., y Prem Sharma Ph. D. miembros del Comité Asesor por su valiosa colaboración para el desarrollo del presente trabajo.

A la Dirección de la Escuela de Ciencias Forestales en Managua, Nicaragua por el apoyo brindado.

A la Agencia Sueca para el Desarrollo (SAREC) por el financiamiento a mis estudios.

A los Ingenieros Arnulfo Willford y Felipe Ortíz por las orientaciones para el estudio.

A Leopoldo Gómez M.Sc., por sus orientaciones y apoyo en el trabajo de tesis. Gracias.

A mis amigos Jorge, Pedro y Arnulfo por la amistad compartida. Amigos Siempre.

A mis amigas y compañeras un reconocimiento especial para todas ellas.

## TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	iii
RECONOCIMIENTO .....	iv
TABLA DE CONTENIDO .....	v
RESUMEN .....	viii
SUMMARY .....	ix
LISTA DE CUADROS .....	x
LISTA DE FIGURAS .....	xii
LISTA DE ANEXOS .....	xiii
1. INTRODUCCION .....	1
2. OBJETIVO GENERAL .....	3
2.1 Objetivos específicos .....	3
3. HIPOTESIS .....	4
4. REVISION BIBLIOGRAFICA .....	5
4.1 Modelos de simulación y sistemas de experto .....	6
4.2 Algunos sistemas de evaluación y clasificación de la tierra .....	9
4.3 Sistema de evaluación de tierras según la FAO .....	12
4.3.1 Principios básicos para la evaluación de tierras y su uso .....	13
4.3.2 Procedimiento para evaluación de tierras de FAO (1976, 1985) .....	14
4.3.3 El Sistema Automatizado para Evaluación de Tierras (ALES) .....	15
4.4 Importancia de la evaluación de tierras con fines agroforestales .....	17
4.5 Sistemas Agroforestales (SAF) .....	18
4.5.1 Clasificación de los sistemas agroforestales (SAF) .....	19
4.6 Condiciones generales del cultivo del café a pleno sol y bajo sombra .....	21
4.7 Ventajas y Desventajas de los árboles de sombra sobre el cultivo del café .....	26

4.7.1	Características deseables de los árboles de sombra en el cultivo del café .....	29
4.8	Características generales de los árboles de sombra .....	30
4.8.1	<i>Gliricidia sepium</i> .....	30
4.8.2	<i>Cordia alliodora</i> .....	32
4.9	Importancia, situación actual de la caficultura en Nicaragua .....	34
5.	MATERIALES Y METODOS .....	36
5.1	Descripción y Localización de la Región IV en Nicaragua .....	36
5.3	Identificación de los sistemas agroforestales tradicionales en la IV región de Nicaragua .....	40
5.4	Procedimiento para evaluación de tierras .....	41
5.4.1	Consultas iniciales .....	45
5.4.1.1	Definición del área de estudio .....	45
5.4.1.2	Definición de la clase de uso y tipos de utilización de la tierra .....	45
5.4.1.3	Definición de los tipos de uso de la tierra .....	45
5.4.2	Recolección de la información .....	49
5.4.3	Definición de las características, cualidades, requisitos de uso y clases de aptitud de la tierra .....	50
5.4.4	Determinación y delimitación de unidades de mapeo de la tierra .....	57
5.4.5	Determinación de las características de la tierra en las unidades de mapeo .....	60
5.4.5.1	Descripción de las características de la tierra .....	61
5.5	Construcción y manejo del sistema de expertos con el sistema automatizado para evaluación de tierras (ALES) .....	66
5.5.1	Proceso de cómputo para evaluación de tierra .....	69
6.	RESULTADOS Y DISCUSION .....	74
6.1	Características generales de la región .....	74
6.2	Sistemas Agroforestales .....	75
6.3	Unidades de tierras homogéneas .....	81
6.4	Sistema de experto .....	87

6.5 Evaluación física y económica .....	90
7. CONCLUSIONES .....	107
8. RECOMENDACIONES .....	109
9. BIBLIOGRAFIA .....	110
ANEXOS .....	117

OROZCO SEQUEIRA, G. 1993. Desarrollo de un modelo para evaluación y utilización de tierras de uso agroforestal para la Región IV de Nicaragua con el Sistema Automatizado de Evaluación de Tierras (ALES).

Palabras claves: sistemas agroforestal, aptitud física, aptitud económica, sistemas de expertos, ALES, tipos de uso de la tierra.

## RESUMEN

El presente estudio se realizó en un área de 772 Km<sup>2</sup>, de la Región IV de Nicaragua, con el fin de desarrollar un modelo para el uso de la tierra agroforestal basados en los recursos naturales y condiciones socioeconómicas de la región.

El proceso utilizado para la evaluación de tierras fue el de la FAO (1976), mediante el desarrollo de un sistema de expertos, basado en el "Sistema Automatizado de Evaluación de Tierras" (ALES).

Se construyeron cinco modelos correspondientes a 5 tipos de uso de la tierra, dentro de la clase primordial de uso "Agroforestal", los cuales fueron: 1- Café monocultivo tecnificado; 2- Café monocultivo semitecnificado; 3- Café con sombra tradicional; 4- Café con sombra semitecnificado; y 5- Plantación forestal. Cada modelo contiene una base de conocimientos y para el área una base de datos. La aptitud física y económica fueron evaluadas en clases (muy aptas a no aptas) y la evaluación económica fue expresada por margen bruto (\$/ha/año) y valor presente neto (\$/ha).

Los resultados obtenidos de la evaluación física para los tipos de uso de la tierra café monocultivo tecnificado, café monocultivo semitecnificado, café con sombra tradicional y semitecnificado clasifican a las unidades de tierra en clases de aptitud 3, 4, y 5. Para el tipo de uso plantación forestal fueron clasificadas como clase 1, 2 y 3. Siendo el factor más limitante en la aptitud física la disponibilidad de fósforo.

Los resultados de la evaluación económica indican que los tipos de uso de la tierra café monocultivo tecnificado y semitecnificado presentan los mejores rendimientos en grano de café. Sin embargo, los tipos de uso café con sombra tradicional y semitecnificado resultaron ser los de mayor rentabilidad. El tipo de uso plantación forestal resultó ser el menos rentable, no obstante, fue clasificado con un 66% en clases de aptitud física apta.



## SUMMARY

OROZCO SEQUEIRA, G. 1993. Development of a model for the evaluation and utilization of agroforestry land use for Region IV of Nicaragua with the Automated Land Evaluation System (ALES).

Key words: agroforestry, systems, physical suitability, economic suitability, expert systems, ALES, types of land.

## SUMMARY

This study was carried out in an area covering 772 km<sup>2</sup> in Region IV of Nicaragua, with the purpose of developing a model for land use in agroforestry based on natural resources and socio-economic conditions of the region.

The process used is FAO's land evaluation (1976) by developing an expert system, based on the Automated Land Evaluation System (ALES).

Five models were built corresponding to 5 types of land use, within the basic "agroforestry" use, and they are: 1. Technified monoculture coffee; 2. Semi-technified monoculture coffee; 3. Coffee with traditional shade; 4. Coffee with semi-technified shade; and 5. Forest plantation. Each model has a knowledge base and for the area a database. The physical and economic suitability were evaluated into classes (suitable and unsuitable) and the economic suitability was expressed by gross margin (\$/ha/year), and actual net value (\$/ha).

The results obtained from the physical evaluation for the types of land use in technified monoculture coffee, semi-technified monoculture coffee, coffee with traditional shade and semi-technified, classify the land units into suitabilities 3, 4 and 5. For the forest plantation type they were classified as class 1, 2 and 3. The most limiting factor in the physical suitability was availability of phosphorus.

The results of the economic evaluation indicates that the types of land uses in technified and semi-technified monoculture coffee, show the best yield in coffee grain. However, the type of land use for coffee with traditional and semi-technified had the best profitability. The forest plantation type showed less profitability, however, it was classified with 66 % in the classes of physical suitability.

## LISTA DE CUADROS

1.	Clasificación de los sistemas agroforestales .....	20
2.	Comportamiento de la producción del café ciclo 90/91 y 91/92 .....	35
4.	Criterios de identificación y descripción de los sistemas agroforestales tradicionales en la Región IV, Nicaragua, 1992 .....	41
5.	Cualidades y características de la tierra evaluada en la IV Región, Nicaragua, 1992 .....	52
6.	Requisitos de uso de la tierra para café monocultivo con dos niveles de tecnología. Región IV, Nicaragua, 1992 .....	53
7.	Requisitos de uso de la tierra para el sistema agroforestal café con sombra dos niveles de tecnología. Región IV, Nicaragua, 1992 .....	54
8.	Requisitos de uso de la tierra para una plantación forestal de <i>G. sepium</i> ó <i>C. alliodora</i> . Región IV, Nicaragua, 1992 .....	55
9.	Unidades de mapeo resultantes, sus áreas. Región IV, Nicaragua, 1992 .....	59
10.	Procedimiento empleado en la determinación de las características de la tierra. Región IV, Nicaragua, 1992 .....	61
11.	Porcentaje de la producción de grano básicos .....	74
12.	Sistemas agroforestales tradicionales por departamento. Región IV, Nicaragua, 1992 .....	75
13.	Principales especies y sus usos en las cercas vivas. Región IV, Nicaragua, 1992 .....	79
14.	Aptitud física para los diferentes tipos de uso de la tierra, por unidad de mapeo, en el área seleccionada de la región IV, Nicaragua .....	92
15.	Rendimientos de café (kg/ha), leña (marca/ha), abono verde (kg/ha) y madera (m <sup>3</sup> /ha) para los diferentes tipos de uso de la tierra, por unidad de mapeo .....	94

16. Margen bruto anual (\$/ha/año) y Clases económica para los tipos de uso café monocultivo tecnificado (CMT) y semitecnificado (CMSt), por unidad de mapeo ..... 96
17. Valor presente neto (\$/ha), clase económica neta y relación beneficio-costo para el café con sombra semitecnificado y tradicional y platanciones forestales, por unidad de mapeo ..... 98
18. Rendimiento potencial (\$/unidad de mapeo) para los diferentes tipos de usos de la tierra por la superficie total de las unidades de mapeo en el área de estudio ..... 106

## LISTA DE FIGURAS

1.	Localización de la Región IV, Nicaragua .....	37
2.	Mapa de zona de vida de la Región IV .....	39
3.	Esquema de Evaluación de Tierras. FAO .....	43
4.	Funcionamiento del Sistema Automático de Evaluación de Tierras (ALES) .....	44
5.	Determinación de las cualidades de la tierra .....	70
6.	Determinación de Costos de Producción .....	71
7.	Determinación del Margen Bruto .....	72
8.	Determinación de las aptitudes físicas y económicas ....	73
9.	Mapa de unidades de mapeo .....	83
10.	Valor presente neto para el tipo de uso Café con Sombra Tradicional (CSTr) en la unidad de mapeo Diriamba 1 .....	101
11.	Valor presente neto para el tipo de uso Café con Sombra Tradicional (CSTr) en la unidad de mapeo Laguna de Apoyo 1 .....	101
12.	Valor presente neto para el tipo de uso Café con Sombra Semitecnificado (CSSt) en la unidad de mapeo Diriomo 2 .....	102
13.	Valor presente neto para el tipo de uso Café con Sombra Semitecnificado (CSSt) en la unidad de mapeo Los Guerreros 1 .....	102
14.	Valor presente neto para el tipo de uso Plantación Forestal (PLF) en la unidad de mapeo Diriamba 1 .....	103
15.	Valor presente neto para el tipo de uso Plantación Forestal (PLF) en la unidad de mapeo EL Empalme 1 .....	103

## LISTA DE ANEXOS

1.	Especies Arbóreas Identificadas en el Sistema Cercas Vivas .....	118
2.	Cultivos Perennes, Frutales y Especies Arbóreas identificadas en el Sistema Huertos Caseros .....	119
3.	Especies Arbóreas Identificadas en el Sistema Café con Sombra .....	120
4.	Lista de referencia de insumos para cada tipo de uso de la tierra .....	121
5.	Lista de referencia de productos para cada tipo de uso de la tierra .....	125
6.	Conceptos basicos .....	126

## 1. INTRODUCCION

Los agroecosistemas orientados a mejorar las condiciones de vida de la población en el sector agropecuario dependen de condiciones regionales tanto abiótica (clima y suelo) y bióticas, como de la situación socioeconómica de los campesinos y productores agropecuarios.

En el trópico americano se precisa buscar un sistema de producción que integre las técnicas agrícolas con las características del ambiente, con el fin de utilizar los recursos naturales y mantener el ecosistema a un nivel productivo sostenido (Montaldo, 1982).

Con base en la necesidad de establecer y/o desarrollar sistemas de producción estables para satisfacer las necesidades de los agricultores, así como, la conservación y protección de los recursos naturales, la agroforestería juega en este sentido un papel importante (Fassbender, 1987).

Algunos sistemas agroforestales (SAF) corresponden a tipos de uso de la tierra tradicionales, practicados por comunidades nativas, en estrecha relación con la naturaleza. Estos, son sistemas dinámicos dadas las fluctuaciones de sus elementos en el tiempo. El entendimiento y conocimiento de su dinámica permite desarrollarlos y manejarlos con flexibilidad en diversas tierras dentro del rango permisible de sus cualidades. Este conocimiento se puede integrar mediante modelos, los cuales son una representación formal del sistema, permitiendo seleccionar los elementos importantes y establecer sus relaciones.

En toda la región centroamericana los agricultores practican sistemas agroforestales comunes con algunas variaciones entre zonas ecológicas como: arreglos espaciales,

distanciamiento entre árboles, formas de manejo y períodos de rotación.

Los sistemas agroforestales son considerados como una alternativa de uso de la tierra, por lo tanto, para decidir sobre el uso de SAF tradicionales o introducir nuevos, es necesario realizar evaluaciones de tierra como un marco analítico, para evaluar el efecto de las variaciones en tales sistemas.

Solamente determinando la capacidad de uso de la tierra se podría planificar acertadamente y a la vez lograr máximos rendimientos, tanto a corto como a largo plazo. El uso de la tierra de acuerdo a su capacidad, es el primer paso hacia una agricultura racional y además, un requisito para el desarrollo del sistema de producción (Puente, 1983 citado por Molinas, 1991).

En la región IV de Nicaragua, los agricultores enfrentan problemas de producción causados por la degradación del ambiente, disminuyendo su capacidad productiva y el sostenimiento de la población a través del tiempo. Esta región presenta una producción diversificada, con asociaciones ó sistemas de agricultura tradicional en donde el componente arbóreo adquiere gran importancia.

Aunque existe tradicionalmente agroforestería, no existe suficiente conocimiento acerca de su estructura y dinámica. Bajo esta óptica es necesario evaluar los sistemas agroforestales obteniendo conocimientos sobre su potencial y requerimientos, enmarcados dentro del concepto de estabilidad y sostenibilidad.

Por lo antes expuesto en el presente trabajo se busca desarrollar un modelo para el uso de tierra agroforestal, acorde a las condiciones de la región para dar respuesta a las necesidades de producción.

## 2. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un modelo para el uso agroforestal de tierra basado en los recursos naturales existentes y acorde a las condiciones socio-económicas de la región IV, dando respuesta a las necesidades de producción con un criterio de sostenibilidad.

### 2.1 Objetivos específicos

1. Identificar los sistemas agroforestales tradicionales en la región IV, Nicaragua.
2. Evaluar los sistema agroforestales para determinar su potencial y requerimientos.
3. Diseñar un modelo agroforestal usando el sistema automatizado para evaluación de tierras (ALES), para hacer propuestas de desarrollo de los sistemas en la región IV, Nicaragua.
4. Determinar la aptitud de la tierra para el desarrollo de sistemas agroforestales y/o introducción de nuevos sistemas de producción.



### 3. HIPOTESIS

1. En la región IV de Nicaragua los sistema agroforestales varían de acuerdo al ambiente y al manejo.
2. La predicción del comportamiento de los sistemas agroforestales se realiza mediante la integración de conocimientos.
3. La evaluación física y económica de la tierra sobre tipos de uso agroforestal tradicionales e introducidos, determina el potencial agroforestal de la región IV.
4. El sistema de expertos de los tipos de uso de la tierra agroforPtstal desarrollado con el ALES, es válido para el región IV, Nicaragua.

#### 4. REVISION BIBLIOGRAFICA

En Nicaragua existen 105.756 km<sup>2</sup> en zonas de ladera, de las cuales 20 por ciento son suelos buenos, profundos, 56 por ciento suelos de baja fertilidad y profundos y 24 por ciento suelos superficiales (Posner *et al.*, 1983; citado por Moncada, 1991).

Las tierras erosionadas en Nicaragua tienen un porcentaje relativamente bajo (5-10% estimado). Sin embargo, este porcentaje referido al 11% de tierras arables resultó ser alto en relación al total (11.875,000 hectáreas de tierra) (Leonard, 1985).

En la región IV de Nicaragua, se realizó un estudio agroecológico, para ser aplicado al desarrollo productivo agropecuario. Se encontró 4.2% con vocación agroforestal, y mal manejo de suelos, considerando el factor nivel de erosión, como el principal indicador de este manejo. Por lo tanto se sugiere un cambio en el uso de la tierra a sistemas de cultivos perennes, de esta manera se conserva y recuperan las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo (Marín, 1990).

Según el estudio agroecológico las tierras de vocación agroforestal se distribuyen en todas las zonas climáticas, con una mayor frecuencia en el trópico subhúmedo, esto es de mucha importancia para la introducción de nuevas especies o intensificar las existentes. Este estudio orienta al desarrollo de sistemas agroforestales, así como, la formulación de líneas de investigación del componente arbóreo (Marín, 1990).

Asimismo, recomienda promover e implementar el concepto de sostenimiento de la tierra, mediante modelos agroforestales y/o silvopastoriles de acuerdo al gradiente del terreno y al potencial climático de la región IV.

Desde 1989, se desarrolla en Nicaragua, el *Proyecto de Estudios de Componentes y Sistemas Agroforestales*, con asesoría del *Proyecto Arboles Fijadores de Nitrógeno (AFN/SAREC/CATIE)*, en el cual se desarrollan metodologías aplicables a la investigación agroforestal. Los objetivos del proyecto incluyen inventariar el uso, manejo y distribución de sistemas agroforestales (SAF) en la región IV, así como evaluar y mejorar SAF tradicionales en las regiones III y VI de Nicaragua y la factibilidad de su expresión integral con evaluaciones económicas.

#### 4.1 Modelos de simulación y sistemas de experto

El modelo es un nivel de abstracción de la realidad que representa lo que podría ocurrir realmente (Hart, 1985; Arze, 1989).

Arze (1989), lo considera como un elemento de razonamiento, no es instrumento de programación, sino de reflexión, de planificación. De este modo, el modelo como una herramienta dentro del enfoque de sistemas puede ser utilizado para introducir modificaciones que mejoren posteriormente, la simulación del sistema en cuestión.

La técnica computarizada para describir e imitar el funcionamiento de un sistema real por medio de modelos lógicos y matemáticos es la simulación. Según Hart (1979), la simulación es el proceso de poner a funcionar el modelo con el fin de verificarlo y de esta forma medir su operacionalidad.

Los modelos de simulación se caracterizan porque: son causa-efecto, son de procedimientos, constituidos por un conjunto de ecuaciones que una vez suministrados los datos hacen inferencias y proyecciones traducidos en conocimientos (Arze, 1989).

Se han desarrollado modelos para simular la distribución de biomasa, fotosíntesis del dosel, respiración y crecimiento. El SOYGRO, SORGF, CERES y BEANGRO son modelos de crecimiento para los cultivos de soya, sorgo, maíz y frijol respectivamente. Así, también se han desarrollado trabajos en la calibración y validación de éstos. Para el caso del CERES; Romero (1988), obtuvo un buen ajuste entre los resultados observados y simulados para el crecimiento y desarrollo de los materiales CESDA-28 y Tusa fina, en Costa Rica y República Dominicana.

Castillo (1988), trabajando en Nicaragua, concluyó que el modelo simuló adecuadamente la biomasa y el rendimiento de granos para los cultivos de maíz NB-3 y NB-6.

En los trabajos anteriores, realizados con los modelos de simulación, se obtuvo una buena aproximación entre los datos observados y simulados para diferentes cultivares, condiciones de manejo y lugares, lo cual demuestra la conectabilidad en el uso de esta herramienta en la investigación y transferencia.

Un sistema de expertos es un programa de computador que mediante conocimientos y razonamientos ejecuta una tarea

difícil, usualmente realizada sólo por un experto humano (Pasaya y Chignell, 1988; citado por Moncada, 1991).

Ganascia (s.f), lo considera como un intermediario entre un experto humano que transmite su conocimiento al sistema, y un usuario humano que se sirve del experto para resolver sus propios problemas con la eficacia de un especialista y, a la vez para adquirir una destreza análoga a la del experto. Así pues, los sistemas de expertos constituyen simultáneamente un instrumento de ejecución y transmisión de un conocimiento.

Los sistemas de expertos, lo conforman un conjunto de relaciones lógicas las cuales usan conocimientos sobre aspectos de intereses específicos. El usuario lo utiliza haciendo consultas cuyas respuestas se traducen en conocimientos de los expertos sobre el problema planteado (Arze, 1991).

Una de las ventajas de los sistemas de expertos es su posible utilización en la transferencia de tecnología, captando los conocimientos de aquellas personas cuya preparación o experiencia sobre determinado aspectos, puede orientar las decisiones de otros, especialmente las influenciadas por factores sociales y socioeconómicos (Arze, 1991).

Se están desarrollando sistemas expertos aplicados a la agricultura, entre ellos en el CATIE se tiene CHERO utilizado para diagnóstico de insectos en maíz; PAPAPUNO para el manejo del cultivo de papa en el Altiplano (Perú), predice rendimientos a partir del manejo, clima y características de crecimiento y fenología; PLATANO para el manejo integrado del cultivo de plátano, desarrollándose en este un sistema de experto del componente drenaje y fertilidad (Jorge, 1992). Todos estos sistemas son creados con fines educativos y divulgativos.

#### 4.2 Algunos sistemas de evaluación y clasificación de la tierra

La actividad fundamental para una planificación del uso de la tierra es la evaluación de la tierra y sus usos, es una actividad tan vieja como la agricultura misma, desde que el hombre empezó a desmontar para las actividades agrícolas, seleccionaba un sitio adecuado para determinado cultivo (LAL, 1986).

La evaluación de tierras es la actividad que describe e interpreta los aspectos de clima, vegetación, suelos, así como aspectos socioeconómicos; con el objetivo de identificar usos probables de la tierra y compararlos en cuánto al rendimiento estimado de su aplicación sostenida (Richters, 1987).

En cambio la clasificación de tierras es una clasificación geográfica. Se toman en cuenta parámetros estables y menos estables, que en conjunto describen las características básicas de la tierra en cuestión. Es una descripción de la actualidad (Richters, 1987, 1989).

Sharma (1991), afirma que el utilizar metodologías de clasificación de tierras no acordes a las condiciones de desarrollo en nuestros países, da lugar a fracasos en los planes de uso de la tierra y a una falta de comprensión de éstos a nivel técnico y campesino.

Existe una gran variedad de metodologías de clasificación de tierras; a continuación presentaremos las más relevantes.

**El Servicio de Conservación de Suelos de los EEUU (USDA)** presentó una clasificación de la capacidad de uso de la tierra, que ha servido como guía para muchos sistemas de

clasificación desarrollados en el mundo; este sistema establece ocho categorías. El objetivo principal es reducir los procesos de erosión en el suelo. La clasificación es por capacidad de uso de la tierra definida como un nivel máximo de aplicación del recurso suelo sin que este se deteriore.

Esta conformada por tres categorías: a) Unidades de mapeo de los suelos. Es un agrupamiento de suelos con respuestas similares a sistemas de manejo de cultivos, pastos. b) Clase. Es la categoría mayor, constituida por ocho clases en donde los riesgos y limitaciones son progresivos de la I a la clase VIII. c) Subclases. Es un agrupamiento de unidades de capacidad por factores similares de riesgos y limitaciones.

**El Sistema de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso para Tierras Marginales**, conocido también como sistema Sheng; fue desarrollado para tierras montañosas marginales en el trópico húmedo.

El objetivo principal es determinar el uso más intensivo permitido en un terreno sin deteriorarse, indicando al mismo tiempo el tratamiento de conservación de suelos aplicable para tal intensidad de uso (Richters, 1987). También, considera, donde hay una alta presión demográfica, se busca supervivencia en áreas con fuertes pendientes.

Los parámetros fundamentales para esta clasificación son la pendiente y profundidad. Se distinguen ocho clases: cuatro para cultivos en general, una para pastos, una para árboles forrajeros, una para agroforestería y una para bosque. Sin embargo, no considera las condiciones socioeconómicas del área (Sheng, 1984; 1986).

**El Sistema del Centro Científico Tropical (CCT)**. Está orientado hacia la determinación de la capacidad de uso de las tierras en Costa Rica. Debe considerarse como una

aproximación a la realidad agroecológica de Costa Rica. Tiene la finalidad de brindar al usuario (planificador, extensionista y agricultor) un instrumento base para el ordenamiento de las tierras con fines agropecuarios y forestales, basado en el principio del rendimiento sostenido, sin embargo, no considera todos los aspectos socioeconómicos. Este sistema divide a la tierra en diez clases y tres sistemas de manejo tecnológico. Asimismo, considera las zonas de vida de Holdridge, incluye 11 claves que la ubica en sus respectivas tablas de capacidad de uso (CCT, 1985; Torrez, 1987).

El CCT tiene la desventaja de ser muy complejo desde el punto de vista del agricultor y otros usuarios de campo; no se puede usar como metodología universal, sí no hay modificaciones para ser aplicado a otros países (Sharma, 1991).

Tosí (1972), diseño y estableció una metodología de evaluación de tierras para Colombia. Se basa en factores edáficos y climáticos, fundamentándose en los sistemas de zonas de vida de Holdridge. Se reconocen cinco clases de uso de la tierra, cultivos limpios, cultivos permanentes, pastoreo, bosques de producción y protección.

En El Salvador, se aplicó un sistema para evaluar capacidad de uso de las tierras. Está basado en el sistema USDA y sistema Sheng. Fue orientado al conservacionismo, clasifica las tierras por su capacidad de uso más intensivo, con miras a su tratamiento mediante prácticas y estructuras de conservación de suelos que permitan una utilización óptima, sin deterioro de su capacidad productiva. Clasifica en dos categorías, una para terrenos con pendientes menores de 12% y otra mayores del 12% (Dubon, 1986).

El Sistema Marín de Nicaragua, se basa en el sistema USDA con algunas adaptaciones. Consiste en la identificación



y delimitación de fases de suelos para determinar clases, subclases y tipos específicos de limitaciones de los suelos, de tal manera que se puedan hacer agrupaciones para establecer unidades de uso y manejo de tierras.

Se distinguen ocho clases indicando sus limitaciones para los diferentes usos de la tierra. Las subclases son grupos de limitaciones dentro de una clase, como por ejemplo, erosión y escurrimiento. La unidad de capacidad son agrupaciones de fases de suelo con limitaciones comunes dentro de una misma subclase que presentan aptitudes similares de producción y requieren tratamientos parecidos de manejo (Salgado, 1987; Richters, 1989).

Molinas (1991), aplicó la metodología adaptada de FAO/Sheng modificada por Sharma (1990 a 1991), estableciendo alternativas de conservación bajo las condiciones socioeconómicas de la región II en Nicaragua. Este método tiene como objetivo ser fácil de comprender y permitirá asegurar su adaptación tecnológica para la explotación sostenible. Los resultados encontrados muestran que es una metodología simple y apropiada para establecer capacidad y uso sostenible de la tierra, por utilizar la información biofísica actualizada acercándose a la realidad. Es aplicable a nivel de finca por proponer un reconocimiento rápido de áreas rurales.

#### **4.3 Sistema de evaluación de tierras según la FAO**

El sistema de evaluación de tierras según la FAO (1976), esta basado en el reconocimiento del recurso tierra y el uso de la tierra; del lugar de su aplicación. El esquema incluye clases de uso de tierra con fines, forestales, agricultura en seco, de riego y otros sistemas de producción. Puede ser utilizado para construir sistemas aplicables a todos los

niveles de intensidad (evaluaciones nacionales ó estudios locales).

La evaluación puede estar referida al rendimiento actual de la misma, supone cambios, efectos de los cambios en el uso de la tierra y la tierra misma; considera las consecuencias sociales y ambientales. Es dinámico y forma parte del proceso de planificación del uso de la tierra. Permite la toma de decisiones, porque proporciona una base de datos sobre los cuales se toma decisión; como resultado, da información sobre dos o más formas potenciales de uso, para cada zona de tierra.

#### 4.3.1 Principios básicos para la evaluación de tierras y su uso

La aptitud de la tierra se evalúa y clasifica con respecto a clases específicas de uso, porque cada clase de uso de la tierra tiene sus requerimientos especiales.

La evaluación exige una comparación del producto obtenido y los insumos necesarios para cada tipo de tierra.

Se requiere de un enfoque multidisciplinario.

La evaluación se hace en términos biofísicas, económicos y sociales de la zona en estudio.

La evaluación implica la comparación de una clase de uso.

La aptitud de la tierra está referida al uso sobre una base sostenida.

La evaluación es de la tierra, no del suelo.

Según la FAO (1985), el resultado de la evaluación de tierra puede ser expresado en términos de sistemas y llamado *sistema de uso de la tierra* (tierra-uso). Sin embargo, su análisis resulta ser muy complejo debido a la dificultad en determinar los límites entre los subsistemas, así, como la interacción que existe entre ellos. Debe considerarse la variabilidad temporal de los subsistemas.

La técnica de preparación de modelos puede ser aplicada en algunos subsistemas limitados, por ejemplo, la humedad disponible del suelo, predicción en los rendimientos del cultivo.

El sistema uso de la tierra comprende: a) Subsistema Tierra. Con dos elementos, unidad de la tierra y propiedades de la tierra. b) Subsistema Uso de la tierra. De manera similar con dos elementos, tipos de utilización y requerimientos de uso de la tierra.

Este concepto provee la base del análisis de las consecuencias del cambio: en las cualidades de la tierra, el tipo de utilización de la tierra o sobre las salidas del sistema.

#### 4.3.2 Procedimiento para evaluación de tierras de FAO (1976, 1985)

- 1- Consultas iniciales (Fase de planificación)
- 2- Determinación de clases de uso de tierra (Fase de campo).
- 3- Delimitación y descripción de las unidades de mapeo (Fase de campo).

- 4- Determinación de características y cualidades de la tierra (Fase de campo).
- 5- Determinación de requisitos de uso de la tierra (Fase de campo).
- 6- Comparación de usos de la tierra con la tierra misma (Fase de investigación).
- 7- Comprobación de campo.
- 8- Preparación de resultados.
- 9- Aplicación de los resultados.
- 10- Evaluación económica y social.

#### 4.3.3 El Sistema Automatizado para Evaluación de Tierras (ALES)

El sistema automatizado para evaluación de tierras (ALES), es un programa de cómputo que permite al evaluador de tierras construir su propio sistema experto con lo cual puede computar la aptitud física y económica de unidades de mapeo, aplicando el esquema de evaluación de tierra de la FAO. Estas unidades pueden definirse a escalas de reconocimiento o a escala de detalle (nivel de finca). El modelo es construido de acuerdo a los objetivos y condiciones locales del área en estudio.

El ALES en sí es un marco o armazón en el cual el evaluador puede expresar su propio conocimiento ya que provee un mecanismo para razonar y expresar las inferencias; no contiene información acerca de la tierra y sus usos.

El modelo desarrollado con el ALES, puede ser clasificado como un modelo empírico de la realidad, ya que su procedimiento describe la relación de los atributos de la tierra a su aptitud para usos específicos. Sin embargo, se puede considerar como un modelo de conocimientos (Rossiter, 1990).

La construcción del modelo es mediante árboles de decisiones, éstos son considerados llaves multivías en orden jerárquico construidos con características de la tierra y con criterios lógicos, cuyos resultados son las clasificaciones, las cualidades y aptitud de la tierra.

En Guatemala específicamente en los departamentos de Quetzaltenango, Totonicapán, San Marcos y Solalá, se desarrollaron modelos de evaluación de tierras, para ser utilizados por extensionista del ICTA, y hacer recomendaciones a los agricultores del área. Utilizaron el sistema automatizado de evaluación de tierras (ALES), como instrumento de evaluación siguiendo la metodología de FAO. Se evaluaron seis sistemas de cultivo semi-intensivo, los cuales fueron: brócoli, repollo, papa con semilla certificada, papa con semilla del agricultor y trigo.

Los modelos desarrollados simularon adecuadamente los rendimientos, a los presentados en las recomendaciones del ICTA, sin embargo, estos modelos tienen la ventaja sobre las recomendaciones del ICTA, que ellos proveen una explicación del factor (es) que influyen en el rendimiento, permitiendo al agricultor y extensionista poder diseñar estrategias para superar dichas limitantes. Asimismo, el ALES fue considerado como una medida efectiva para desarrollar un formato en el cual ambos tipos de conocimientos (técnicos y agricultor) pueden ser adquiridos por los usuarios del modelo (De Roller, 1989).

Moncada (1991), desarrolló un modelo para el uso agricultura en secano de la tierra en Pueblo Nuevo, Estelí, Nicaragua, aplicando el esquema de evaluación de tierras de la FAO (1976), utilizando el sistema ALES como instrumento dinámico de evaluación. El modelo simuló adecuadamente los rendimientos para cada rubro en estudio, además, el modelo permitirá hacer evaluaciones en cualquier momento.

#### 4.4 Importancia de la evaluación de tierras con fines agroforestales

Las tierras forestales usualmente tienen muchos usos, y valores como productos maderables y no maderables. La conservación de suelos constituye un elemento básico en todo manejo forestal. Los bosques pueden plantarse específicamente para recuperación de terrenos degradados.

La principal necesidad de una planificación en el manejo agroforestal es mantener una producción sostenida. Esto puede lograrse en tierras con características diferentes y con potencial variable para el crecimiento del árbol (FAO, 1985).

De León (1988), reporta, el uso de la tierra con fines agroforestales es debido a la necesidad de un uso óptimo de la tierra, por el rápido crecimiento de la población dando lugar a una mayor presión sobre las tierras aptas para el desarrollo agrícola.

Asimismo, Combe y Budowski (1979), señalan la necesidad de realizar evaluaciones de tierras con fines agroforestales, debido a la disminución constante de la capacidad de producción de ciertos terrenos agrícolas. Dicha evaluación permitirá encontrar el uso óptimo de la tierra con diferentes modalidades de producción.

Young (1984) ha desarrollado y propone una metodología de evaluación de tierras para fines agroforestales basado en los principios de evaluación de tierra de la FAO, además, considera al sistema fácil de adaptarse a zonas de ladera, combinando los beneficios del sistema con la conservación de suelos.

#### **4.5 Sistemas Agroforestales (SAF)**

La utilización de tierras en las regiones tropicales y subtropicales ha sufrido todo el tiempo una serie de problemas, cuya importancia se acentúa cada vez más, debido a un conjunto de factores tales como:

La necesidad de aumentar la producción de alimentos con el fin de enfrentar el crecimiento demográfico. Así como el manejo inadecuado de los suelos y la disminución de superficies agrícolas, por consecuencias de proyectos o programas de urbanización.

Ante esta situación se han dirigido esfuerzos en la búsqueda de técnicas para integrar sobre una misma superficie diferentes modalidades de producción. Tales técnicas de utilización de la tierra, desarrolladas dentro de esta óptica es llamada "agroforestería" (Combe, J. y Budowski, G. 1979).

#### **Importancia socioeconómica de los sistemas agroforestales**

Con el desarrollo de sistemas agroforestales se pretende resolver cinco problemas socioeconómicos prioritarios en el proceso de desarrollo rural:

1. Garantizar y mejorar las reservas alimenticias para el hombre.

2. Suministro de energía.
3. Materia prima.
4. Mejorar el medio ambiente.
5. Mejorar las condiciones económica del agricultor.

#### 4.5.1 Clasificación de los sistemas agroforestales (SAF)

Los SAF han sido clasificados de diferentes maneras según su estructura en el espacio, su diseño a través del tiempo, la importancia relativa y la función de los diferentes componentes, los objetivos de la producción y las características sociales y económicas prevalecientes (OTS, 1986).

Nair (1985), concluye que la clasificación se simplifica si se toman en cuenta los aspectos estructurales y funcionales como base para agrupar los sistemas en categorías. De esa manera la clasificación es dinámica y no meramente descriptiva.

Los niveles de clasificación de los SAF están basados en los siguientes principio:

- a) Tipos de cultivos asociados a los árboles forestales.
- b) Función principal del componente forestal.
- c) Distribución en el tiempo y espacio.

En función de las asociaciones o componentes del sistema resulta la siguiente clasificación:

**Sistemas agroforestales,** asociando árboles con cultivos agrícolas.

**Sistemas agrosilvopastoriles,** asociando árboles con cultivos agrícolas y pastos.



- **Sistemas silvopastoriles**, asociando árboles con pastos.

De acuerdo a la función principal del componente arbóreo se clasifican en:

- **Producción** (leña, forraje, madera etc)
- **Protección y Servicios** (sombra para cultivos y/o animales, cercos vivos y cortinas rompeviento).

En el tercer nivel de clasificación, se considera la distribución del componente forestal en el tiempo y en el espacio. En el tiempo, la combinación puede ser temporal o permanente; y en el espacio, la repartición del componente forestal puede ser regular (homogénea) o irregular (heterogénea) (Combe, Budowski, 1979; Fassbender, 1987; OTS, 1986).

**Cuadro 1. Clasificación de los sistemas agroforestales.**

1. Tipo de cultivos asociados	I		II		III			
2. Función del árbol	Produc y servicios		Protecc y servicios		Produc y servicios		Protecc y servicios	
3. Distribución en el tiempo	T	P	T	P	T	P	T	P
Regular	1	2	4		1	2	2,3, 4,5,7	
Repartición en el espacio								
Irregular	3,7		5,6,		2	3	6	
	8		7,8					

Fuente: Fassbender, H. W. 1987.

T = temporal

P = permanente.

## I. Sistemas agroforestales

1. Agrosilvicultura (Método Taungya)
2. Árboles de valor en los cultivos
3. Árboles frutales en los cultivos
4. Árboles de sombra y/o mejoradores de la fertilidad del suelo
5. Cercas vivas
6. Cortinas rompevientos
7. Cultivos en fajas (Alley cropping)
8. Huertos caseros

## II. Sistemas agrosilvopastoriles

1. Cultivos y ganadería simultánea en las plantaciones
2. Árboles asociados a los cultivos y ganadería

## III. Sistemas silvopastoriles

1. Pastoreo (o producción de forraje) en las plantaciones forestales
2. Pastoreo (o producción de forraje) en los bosques secundarios
3. Árboles maderables en los pastizales
4. Árboles mejoradores de la fertilidad por la fijación de nitrógeno
5. Árboles frutales en los pastizales
6. Cercas vivas
7. Cortinas rompevientos

### 4.6 Condiciones generales del cultivo del café a pleno sol y bajo sombra

Siendo la caficultura una de las actividades agrícolas más importantes de Nicaragua, y considerando la necesidad de mejorar la producción de éste rubro, es necesario, tener conocimientos de los requerimientos y el manejo del café a pleno sol y bajo sombra.

Los principales factores climáticos determinantes en la producción de café son la precipitación, temperatura y luz solar. El factor suelo debe considerarse adicionalmente como

elemento determinante para una adecuada producción (Salinas, 1991).

En plantaciones el café se establece desde el nivel del mar hasta alrededor de 2100 m, aunque otros señalan que el cafeto no prospera por encima de 1650 msnm o por debajo de 150 msnm.

La cantidad y distribución de las lluvias son factores de mucha importancia para el buen desarrollo del cafeto. Según ICAFE-MAG (1989), con precipitaciones anuales menores de 1000 mm se limita el crecimiento de la planta; y con precipitaciones mayores de 3000 mm, la calidad física del café oro se deteriora.

La floración del cafeto está fuertemente influenciada por este factor climático pues responde a lluvias de una cierta magnitud, seguidas de un período seco definido (Alvin, 1960 citado por Salinas, 1991); en general está asociada con la distribución de las lluvias.

Salinas (1991), considera para las condiciones de Nicaragua, la precipitación media anual óptima en el café es de 1200-1400 mm y, son consideradas precipitaciones marginales las menores de 1000 o mayores de 1800.

La temperatura media oscila entre 18º y 25ºC. En promedio oscilan entre 18º y 21ºC (Hunter, 1959). Al valorar el efecto de la temperatura para determinar si una localidad es adaptable o no al cultivo deben considerarse las temperaturas medias de los meses más cálidos y más fríos, las temperaturas mínimas absolutas y el termoperíodo diario.

Como temperatura media del mes más cálido se dan valores de 23ºC y 27ºC. Se estima que temperaturas arriba de este límite aceleran el crecimiento vegetativo, así como floración y fructificación limitadas. Sí, la temperatura promedio más

frío es menor de 16°C ó de 13°C, el crecimiento cesa (Carvajal, 1984).

En las regiones tropicales, las fluctuaciones de la longitud del día es tan poca que se asume carece de influencia en el crecimiento de los cultivos. Sin embargo, en un cafetal se puede presentar una sombra que puede ser excesiva o no, pero que influirá en las condiciones del microclima y edáficas del sitio. Se considera que el café requiere de 200 a 280 horas de brillo solar por mes durante la estación seca y de 100 a 150 horas de luz por mes durante la estación lluviosa, en general requiere de 1500 a 2500 horas anuales (Campos, 1982).

La humedad relativa apropiada para el café es de 75 a 85%. Si se exceden estos valores, en combinación con altas temperaturas y excesos de sombra, se favorece el desarrollo de plagas y enfermedades fungosas (Guiscafré, 1959a; Campos 1982 citados por Detlefsen, 1988).

Las características físicas, químicas y topográficas son muy importantes en la determinación de la aptitud de la tierra para el establecimiento y desarrollo del café (Rojas, 1987). Este puede desarrollarse sobre un suelo con pendientes menores al 30%; profundidad de 70 cm; textura liviana a media; buen drenaje; pH entre 5 y 6.5; poco erodable, con una capa freática a un mínimo de 1.5 m de profundidad y con menos del 5% de fragmentos en el perfil (Rojas, 1987, Menas *et al.*, 1978).

Según ICAFE-MAG (1989), las tierras demasiadas compactas, arcillosas y de escasa permeabilidad, no son aptas para el cultivo del café por carecer de un drenaje aceptable, aunque también los suelos muy sueltos, arenosos y livianos, lo limitan al no retener humedad en época de sequía.

El cultivo con fines de comercialización ha sido colocado en condiciones tanto de sol como sombra. En Brasil, se ha cultivado a plena exposición solar, debido principalmente a la competencia por el agua por ser zonas escasas de lluvias. En las zonas altas de Jamaica y Hawaii no se usa sombra, aunque prevalecen lluvias casi todo el año y un sol brillante alternado con horas de tiempo nublado. En el resto de países americanos, el café se obtiene de cultivos bajo sombra (Dettefsen, 1988).

La condición del café con sombra o a pleno sol da lugar a alteraciones en procesos fisiológicos como la fotosíntesis; transpiración; producción del café y ciclaje de nutrimentos.

Menas et al. (1978), afirma que el café desarrollado a la sombra del bosque forma hojas grandes, tallos largos y tiernos, con la finalidad de aumentar el contenido de clorofila y así captar mayor cantidad de luz. En cambio a pleno sol, disminuye el volumen y la superficie de sus hojas limitando la superficie de evaporación. Al mismo tiempo el calor recibido por las plantas provoca la suberización de la corteza controlando la evaporación y lignificación de haces fibrosos.

Aunque el café es una planta C<sub>3</sub>, se ha aceptado generalmente que su intensidad fotosintética es baja en comparación con otras especies de esta misma clasificación. Siendo esto un factor limitante en la capacidad de producción de la planta, la hace más susceptible a alteraciones fisiológicas, como la muerte descendente (Sylvain, 1958; Alvim, 1959).

El cierre parcial de los estomas bajo la luz solar directa se ha interpretado como un indicador del café como especie de sombra (Alvim, 1959). Maestri y Viera (1958) encontraron que para un arbusto en conjunto, el valor

promedio de la apertura de los estomas resulta ser mayor en plantas sin sombra que en plantas sombreadas ( ).

Otros autores (Fanjul, L.; Arreola, R.; Méndez, M.; 1985), encontraron mayor respuesta estomatal en plantas bajo condiciones de sombra que bajo sol. Asimismo, la respuesta estomatal al déficit de presión de vapor bajo condiciones de  $T_0$  constante fue alta, por lo tanto, la humedad ambiental juega un papel importante en el control de la apertura de los estomas.

La máxima tasa fotosintética reportada en el cultivo del café es de 4,5 mg CO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup>/h cuando el tiempo esta nublado, o cuando se le provee de sombra, observando una caída en dicha tasa al mediodía. También se reportan valores entre 6,0-8,5 mg CO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup>/h (Nutman, 1939; Tío, 1962, citado por Detlefsen, 1988).

Cannell (1976), considera un incremento progresivo en la fotorrespiración y en la concentración de CO<sub>2</sub>, arriba de los 20°C, resultando un cierre estomatal. Así la disminución de la fotosíntesis a altas temperaturas se puede explicar por el aumento de la resistencia estomática.

La mayoría de trabajos realizados en este aspecto, reportan una disminución en el rendimiento del cafeto y con ello la producción de biomasa, cuando se establece con exceso de penumbra (Cannell, 1976; Alpizar et al., 1985).

Heuvelodop et al. (1985), realizó comparaciones de la producción de café bajo sombra de laurel (*Cordia alliodora*) con producciones de café bajo sombra de poró (*Erytrina poeppigiana*) en Turrialba, encontraron casi siempre durante los primeros cinco años de cosecha, las mayores producciones anuales de café cuando la combinación era café con la leguminosa (*E. poeppigiana*). Con respecto a producción de biomasa aérea seca total de café (tallos + ramas + hojas),

encontraron que los cafetos con edad de 4,5 años produjeron más del doble de biomasa aérea seca total, comparados con cafetos de la misma edad, con sombra de *C. alliodora*.

Russo, R.; Budowski, G. (1986) evaluaron en el valle de Turrialba y el valle Central la cantidad de biomasa de poró (*E. poeppigiana*) como sombra, bajo diferentes frecuencias de poda. Los resultados muestran para la poda realizada una vez por año se obtuvieron 18470 kg de materia seca, la poda dos veces por año fue de 11800 kg/Ms y con tres podas la cantidad de materia seca fue de 7850 kg, además, encontraron, que la cantidad de nitrógeno removido fue aproximadamente de 230 Kg/ha/año tanto en la primera como en la segunda poda; y de 170 kg/ha/año en la tercera. Lo anterior sugiere un considerable aporte de nutrimentos en los sistemas de árboles con sombra, cuando ellos son considerablemente podados.

Glover, N.; Beer, J. (1986), cuantificaron las entradas totales y temporales de nutrimentos vía hojarasca y los residuos de poda en dos sistemas agroforestales café con *E. poeppigiana* y café con *E. poeppigiana* con *C. alliodora*. Encontrando en ambos sistemas semejanzas en las entradas totales anuales de hojarascas y residuos de podas; grandes diferencias en las entradas totales anuales de K, Ca y Mg fueron encontradas entre asociaciones, no así, para N y P.

#### 4.7 Ventajas y Desventajas de los árboles de sombra sobre el cultivo del café

La productividad y la sostenibilidad en los sistemas agroforestales son favorecidas por la presencia de los árboles. Estos proveen a los sistemas características como: efectos sobre el ciclaje de nutrimentos; estratificación en el uso de recursos; efectos sobre el microclima; influencias

sobre el control de la erosión y sobre las poblaciones de plagas (OTS, 1986).

Según Beer (1987), las ventajas y desventajas de los árboles de sombra para café y otros cultivos perennes son:

**Ventajas:**

- 1- Consecuencias que facilitan el manejo del cultivo. Se da una supresión del desarrollo de malezas; ocurre una prevención de sobre-producción y la consecuente quema de los ápices resultando producciones menos variables; permitiendo posteriormente la utilización eficiente de maquinarias y de las labores durante la cosecha; se diversifica la producción (frutos, madera); Asimismo, se puede controlar la fenología del cultivo y mejorar la calidad del grano.
- 2- Influencias benéficas en el ciclo hidrológico. Disminución en la tasa de evapotranspiración del estrato inferior; se logra una remoción de los excesos de humedad del suelo, a través, del proceso de transpiración.
- 3- Protección del cultivo. Extensión de la vida productiva del cultivo; reducción de los valores extremos en la temperatura del aire, suelo y superficie foliar; disminución de algunas enfermedades, plagas e infestaciones de plantas parásitas; disminución de la velocidad del viento.
- 4- Mejoramiento de la fertilidad y/o protección del suelo. El crecimiento y muerte del sistema radicular de los árboles favorece el drenaje y la aireación del suelo; se disminuye la erosión en las pendientes; el suministro de hojarasca al suelo como producto de la caída de hojas y residuos de las podas contribuye a retener la humedad



del suelo en la época seca e incrementa la cantidad de materia orgánica del suelo; disminución de la tasa de descomposición de la materia orgánica circulando nutrimentos no disponibles al cultivo, además, de la fijación de nitrógeno en el caso de árboles leguminosos; el incremento de materia orgánica en el suelo bajo sombra aumenta la actividad biológica sobre los organismos del suelo.

**Desventajas:**

- 1- **Dificultades en el manejo del cultivo.** Por la caída natural de ramas y árboles, o la cosecha de los árboles maduros, dañando al estrato inferior; defoliaciones repentinas de los árboles de sombra a causa de insectos o enfermedades provocando un cambio en las condiciones ambientales normales del cultivo bajo sombra; se requiere de mano de obra para las labores de manejo (podas) de los árboles de sombra; la mecanización del cultivo en el estrato inferior se dificulta; el mejoramiento de nuevas variedades de cultivo está orientado para adaptarse a condiciones de monocultivo y no bajo sombra.
- 2- **Influencias perjudiciales en el ciclo hidrológico.** Ocurre una competencia por agua por las raíces de los árboles de sombra en la época seca y por oxígeno en la época lluviosa.
- 3- **Presencia de factores adversos al cultivo.** La disminución en el movimiento del aire y el aumento en humedad pueden favorecer las enfermedades fungosas; los árboles de sombra pueden ser hospederos de plagas y enfermedades; pueden ocurrir efectos alelopáticos; también reducen la cantidad y calidad de la luz, y por lo tanto, el rendimiento del cultivo en suelos fértiles.

- 4- Disminución en la disponibilidad de nutrimentos para el cultivo asociado. Las raíces de los árboles compiten por nutrimentos; el agua que corre por los troncos y el goteo producido por la coalescencia de las gotas en las hojas de los árboles de sombra; puede provocar una distribución desfavorable de la lluvia, incrementando la erosión, dañan al cultivo y disminuye el almacenamiento de agua en el suelo; la exportación de frutos y/o madera constituye una salida de los nutrimentos del lugar.

#### 4.7.1 Características deseables de los árboles de sombra en el cultivo del café

- 1- Compatibilidad con el cultivo, se espera una competencia mínima por agua, nutrimentos y espacio.
- 2- Sistema radical fuerte y profundo.
- 3- Habilidad de propagarse vegetativamente por medio del enraizamiento de estacas.
- 4- Capacidad para extraer nutrimentos del suelo que el cultivo no pueda tomar.
- 5- Habilidad para fijar nitrógeno.
- 6- Tallos y ramas libres de espinas, para facilitar el manejo; no sean quebradizos.
- 7- Presenten alta producción de biomasa que recircule por medio de la caída de hojas y/o las podas.
- 8- Los árboles no deben ser hospederos alternos de insectos patógenos; no tengan efectos alelopáticos; preferiblemente de corteza lisa que no permita hospedar epifitas.

- 9- Poseer una copa rala que de un patrón en forma de parches en vez de una sombra uniforme que produzca una luz de baja calidad fotosintética.

#### 4.8 Característica generales de los árboles de sombra

##### 4.8.1 *Gliricidia sepium*

*Gliricidia sepium* (Jacq) Steud, pertenece a la familia Leguminosae (Faboideae o Papilionoideae). Es una especie nativa de las zonas bajas, con una estación seca bien definida, de México y América Central. En Nicaragua, Honduras, El Salvador y Guatemala se encuentra en rodales naturales (CATIE, 1986, 1991).

##### 1- Descripción dendrológica

Arbol de tamaño mediano de 10-15 m de altura y generalmente 40 cm o menos de diámetro. En Nicaragua se le ha encontrado hasta de 20 m de altura y diámetro de 20-50 cm (Ochoa *et-al.*, 1990). Copa estratificada, con follaje ralo irregular. La forma del árbol varía desde erecta y recta hasta retorcida y muy ramificada o sea de forma muy irregular debido a la práctica de poda (CATIE, 1986; Ochoa *et-al.*, 1990).

En plantas provenientes de semilla el sistema radicular es profundo (una raíz pivotante); cuando provienen de estacas las raíces son superficiales. En zonas con estación seca bien marcada el árbol pierde completamente las hojas cuando produce flores. Para Centroamérica la época de floración inicia en diciembre hasta comienzo de marzo, durante la estación seca. En zonas húmedas la producción de flores y semillas y la pérdida de hojas es variable entre años.

## 2- Usos

La especie es utilizada tradicionalmente como leña; maderable; cercas vivas y cortinas rompeviento; sombra para cultivos; forraje y asociada con cultivos anuales.

## 3- Requerimientos ambientales

### A. Climáticos

En su ámbito de distribución natural se le encuentra en áreas con precipitaciones anuales de 500 a 1500 mm y cinco meses de período seco. Crece en áreas con temperatura promedio superior a 22 °C. Se le encuentra normalmente en tierras bajas por debajo de 500 msnm. En América central se le ha plantado en zonas abajo de 600 msnm (Hughes, 1987; CATIE, 1991).

### B. Edáficos

Esta especie se desarrolla en una gran gama de suelos, menos aquellos con mal drenaje interno; se cultiva en suelos desde arcillosos hasta franco arenosos. La especie tolera un pH entre 5,5 y 7. La fertilidad natural no es un factor limitante para esta especie y prefiere suelos con una profundidad efectiva mayor de 30 cm (CATIE, 1991).

## 4- Silvicultura

Esta especie se le ha encontrado como sombra para café en Costa Rica con espaciamientos de 5,0 x 5,0 m hasta 10 x 10 m combinando con otras especies de sombra alta. El agricultor maneja la especie con una frecuencia de poda de tres veces por año. Bajo el sistema de "sombra alta", los árboles pueden ser cosechadas cuando se práctica la renovación del cafetal o antes. Su alta capacidad de rebrote y el rápido crecimiento permite utilizarlo como sombra del nuevo cafetal (Salazar, 1984; CATIE, 1991).

#### 4.8.2 *Cordia alliodora*

Pertenece a la familia Boraginacea. Está ampliamente distribuida en Latinoamérica, desde los 25° N en el centro de México, hasta los 25° S en Argentina. Se encuentra con relativa frecuencia en el sur de México, Centro América y en el noroeste de sur América. Es una especie de las planicies y de zonas onduladas (Webb, 1980; Lamprecht, 1990).

##### 1- Descripción dendrológica

Es una especie decidua, crece hasta alturas entre 30 y un máximo de 40 m y diámetros de 60 a poco más de 100 cm, con producciones de 10-20 m<sup>3</sup>/ha/año. Copa estratificada cuando joven, sus hojas son simples, y generalmente dispuestas alternamente; las flores son de color blanco, fuertemente aromáticas. El fruto es una nuez simple y pequeño; florece en época seca.

##### 2- Usos

La madera es utilizada para construcciones livianas, enchapadas y contrachapada. En Nicaragua se utiliza para construcción de ejes de carretas, soleras para construcción y sombra para cultivos especialmente café, cacao y té (Webb, 1980; Ochoa *et al.*, 1990; Lamprecht, 1990).

##### 3- Requerimientos ambientales

###### A. Climáticos:

Los sitios de desarrollo de *C. alliodora* va desde 0 a 2000 msnm; la temperatura varía entre 20 y 27° C; con precipitaciones promedios anuales entre 1000 y 4000 mm, con un período seco de hasta cuatro meses de duración.

## B. Edáficos

*C. alliodora* no tiene requerimientos edáficos muy específicos, crece en suelos de textura arenosa o franco arenosa, pH alcalino, neutro, ácido a fuertemente ácido, arcillas profundas con buen drenaje y suelos pedregosos de baja fertilidad, pero evita suelos anegados.

## 4- Silvicultura

El rápido crecimiento en estado juvenil y la buena capacidad de poda natural permiten distanciamiento de 3x3 m. En Costa Rica se emplea el sistema taungya con turnos de 25-30 años y distanciamientos de 3x3 m. El alto requerimiento de luz de la especie, hace necesario la aplicación de raleos intensivos, favoreciendo el desarrollo de copas.

En una plantación de cacao en Siquirres, Costa Rica, de 15 años de edad con 180 árboles/ha, se evaluaron 17,6 m<sup>2</sup>/ha de área basal con una altura media de 35 m obteniéndose un volumen de madera de 308 m<sup>3</sup>/ha (CATIE, 1979 citado por Lamprecht, 1990).

Los árboles de *C. alliodora* en los sistemas agroforestales tradicionales en Costa Rica se encuentran a diferentes densidades; los agricultores no ejercen ninguna práctica silvicultural, simplemente la regulan en función del manejo del cultivo. Asimismo, la aceptación del *C. alliodora* en el sistema por el agricultor es debido al alto valor de su madera, el rápido crecimiento; regeneración natural abundante; por su facilidad de autopoda (Somarriba y Beer, 1986; Beer, 1987).

#### 4.9 Importancia, situación actual de la caficultura en Nicaragua

La economía nicaragüense, depende básicamente de la agricultura. El cultivo del café constituye uno de los principales ejes de la economía, siendo una de las principales fuentes generadoras de divisas en la agricultura. El café aporta de las exportaciones entre 20 y 30% en los últimos 3 años (89-91). También se estima que hay aproximadamente 38,000 productores y 170,000 familias que dependen directamente de los ingresos obtenidos del café (International Trade División The World Bank, 1992; MAG, 1991).

A pesar de esto, la producción y exportación del café ha declinado desde el inicio de la década de los 80, reduciéndose el área de siembra desde 137,500 ha en 78/79 hasta 70,3006 ha en 90/91 (MIDINRA, 1990). Este descenso puede ser atribuido a factores económicos y sociopolíticos.

En Nicaragua el café está distribuido en seis regiones, pero su producción está concentrada en tres: I, IV y VI las cuales contribuyen con 23%, 9% y 59% respectivamente de la producción nacional (IECIT, 1992).

Cuadro 2. Comportamiento de la producción del café ciclo 90/91 y 91/92.

Región	Ciclo 90/91 Producción (QQS. Oro)	Ciclo 91/92 Producción (QQS)
I	138,819	163,623
II	5,944	4,895
III	24,650	42,331
IV	57,730	150,654
V	13,154	15,358
VI	360,862	653,975
Total	601,159	1,030,856

Fuente: CONCAFE, 1992.

La producción del ciclo 91/92, presentó un incremento del 58.32% en relación al ciclo 90/91. Para este ciclo la caficultura nacional tuvo un aumento del 6% del área total de siembra, ya que para el ciclo 91/92 el área de siembra fue de 74,440 ha y para el 90/91 de 70,269 ha además, fue drásticamente castigada por fenómenos climatológicos.



## 5. MATERIALES Y METODOS

### 5.1 Descripción y Localización de la Región IV en Nicaragua

La región IV se localiza en el litoral sureste del pacífico, entre las coordenadas geográficas de los 11º 12' y los 12º 17' de latitud norte y 85º 19' y 86º 20' longitud oeste. Comprende los departamentos de Masaya, Carazo, Granada y Rivas (Figura 1). La población total es de 609,024 habitantes. Con una extensión territorial aproximadamente de 4069 km<sup>2</sup> no incluyendo cuerpos de agua; la región representa el 4.26% del territorio nacional. De toda la región se seleccionó un área, para el estudio, de 943 km<sup>2</sup>.

En la región, se localizan tres provincias fisiográficas: a) Provincia costera del pacífico; b) Provincia volcánica del pacífico y c) Provincia de depresión Nicaragüense.

La región esta formada por rocas sedimentarias, volcánicas e intrusivas.

Las condiciones climáticas de la región son variadas, principalmente la precipitación, temperatura y humedad relativa. El patrón de precipitación esta definido por una estación lluviosa y una seca con una duración aproximada de seis meses cada una. Durante el período lluvioso se presenta el fenómeno conocido como canícula.

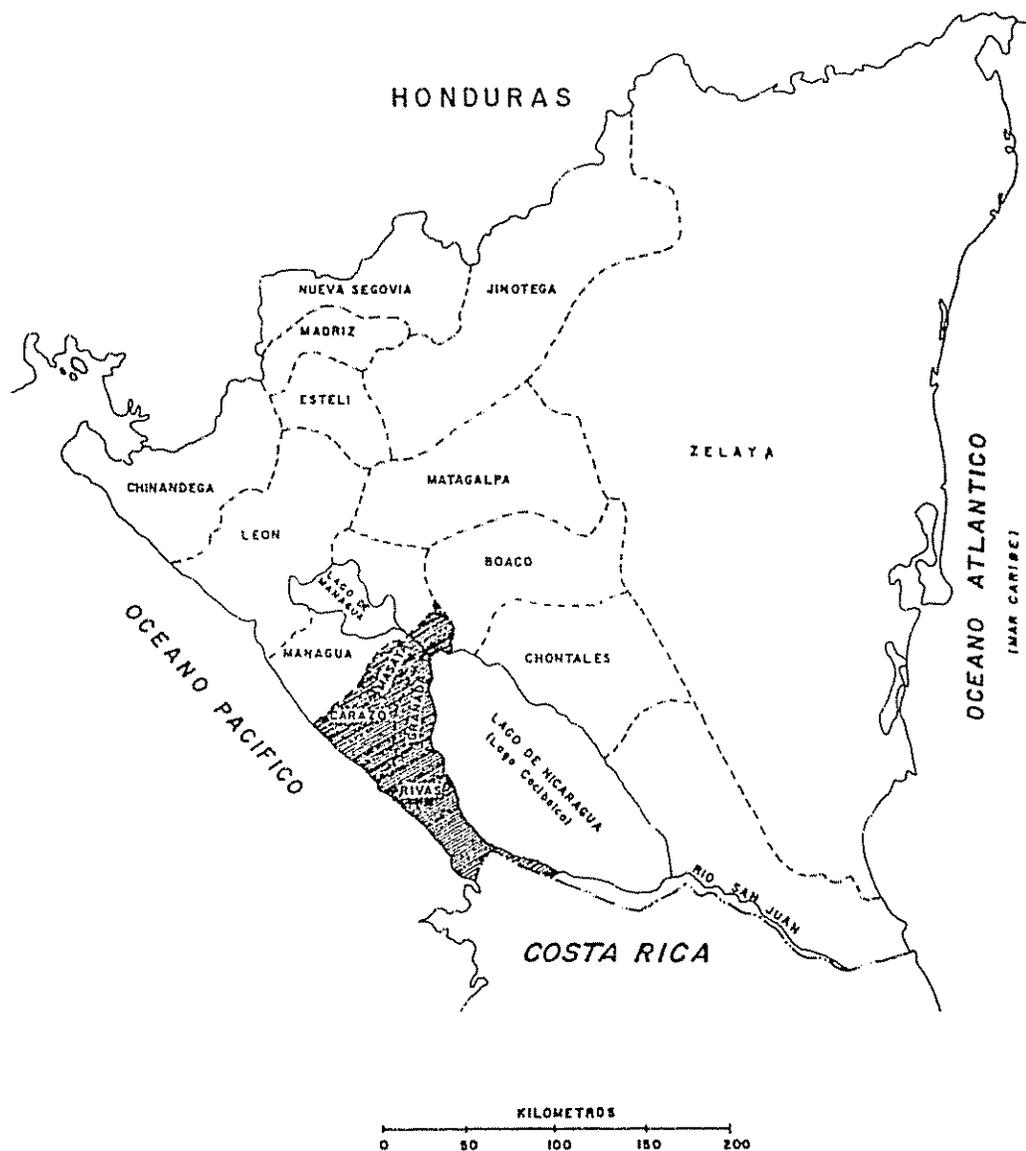
REPUBLICA DE NICARAGUA

Figura 1. Localización de la Región IV, Nicaragua

El rango de precipitación anual es de 1100 mm hasta los 2264 mm, con promedio anual de 1500 mm y la temperatura con un promedio anual de 26.6 °C, un máximo absoluto de 38 °C y un mínimo de 14.5 °C. El promedio anual de humedad relativa de toda la zona es de 75%

Según Holdridge, la región presenta dos tipos de formaciones vegetales: Bosque húmedo y bosque seco (Figura 2).

Suelos. Los suelos de la región deben su origen y evolución a la influencia de factores y procesos de formación, siendo los factores en orden de importancia el clima, relieve, material original, vegetación, tiempo y hombre. Los suelos de la región se dividen en las siguientes regiones biofísicas, determinadas del análisis de los parámetros agroclimáticos y edáficos para fines agropecuarios y forestales: (UNAM, 1985).

- a) Zona de Tisma, Nindirí, Masaya, Ticuantepe y Zona de Granada. Incluye las siguientes unidades de suelo: suelos Nindirí y similares, suelos Zambranos y similares, suelos misceláneos quebrados.
- b) Zona de Masatepe, La Concepción, Nandasmo y San Marcos.
- c) Zona de Nandaime, Diría, Diriomo, Catarina, San Juan de Oriente, Niquinohomo, El Rosario, La Paz de Oriente y zona de Jinotepe, Diriamba, Dolores, Santa Teresa y La Conquista. En esta zona se distinguen dos agrupaciones de suelos Santa Teresa-Diriamba y suelos similares.

Los órdenes de los suelos identificados corresponden a Entisoles, Inceptisoles, Mollisoles, Vertisoles y Alfisoles.

# MAPA DE ZONA DE VIDA REGION-IV

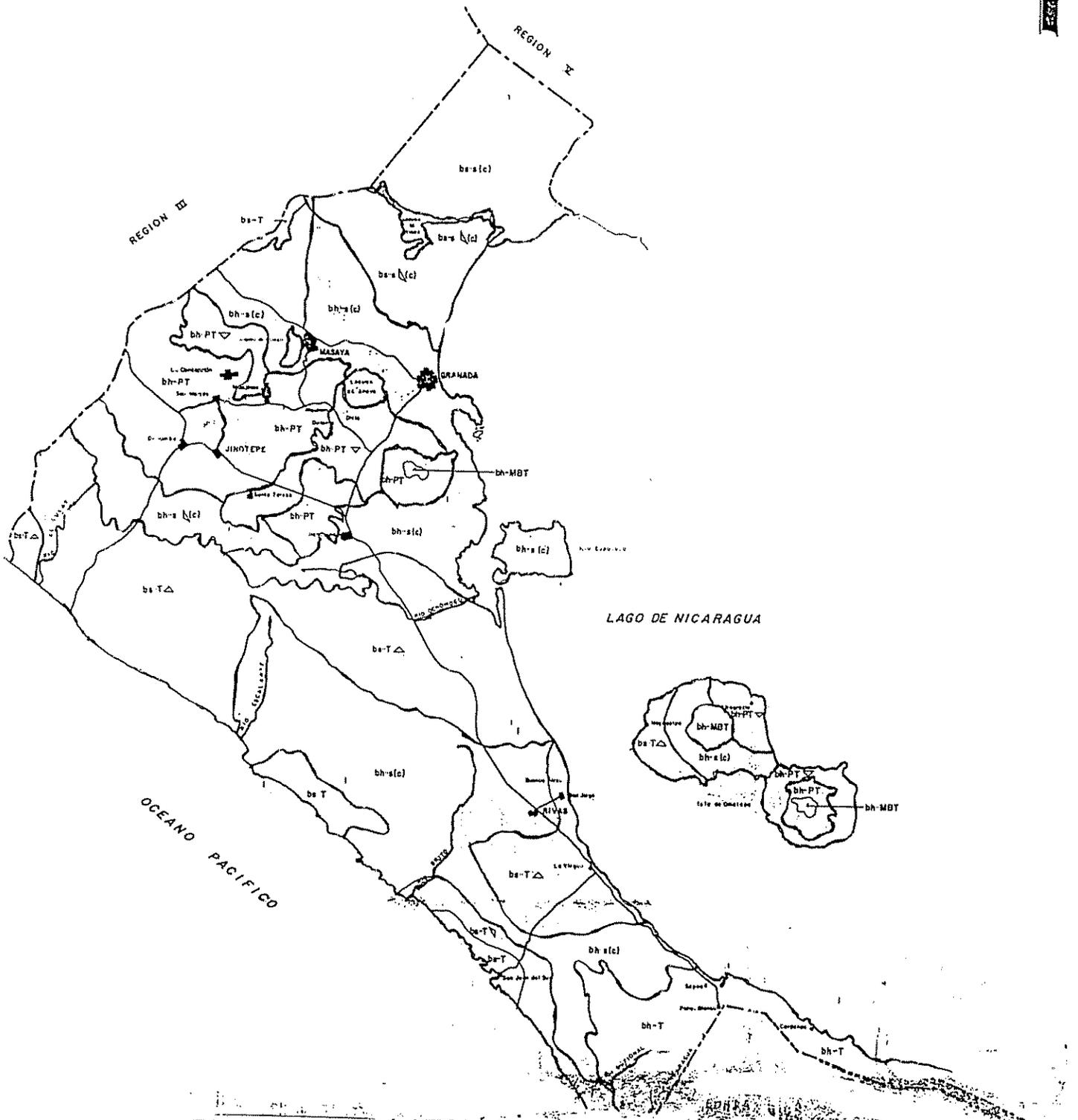


Figura 2. Mapa de zonas de vida de la Región IV.

### 5.3 Identificación de los sistemas agroforestales tradicionales en la IV región de Nicaragua

Definir el tipo de uso de la tierra, para el objetivo del estudio, requiere identificar los sistemas agroforestales tradicionales en toda la región. La identificación de los SAF tradicionales permitió la definición y/o selección del área dentro de la región para el proceso de evaluación de tierras.

Para identificar los sistemas agroforestales se realizó un inventario mediante la técnica de entrevista formal y sondeo; en toda la región IV a excepción de las islas Zapatera y Ometepe. La entrevista formal o encuesta se aplicó a los departamentos de Masaya y Carazo y el sondeo a los departamentos de Granada y Rivas. Esta actividad se realizó con apoyo del proyecto Estudios de Componentes Agroforestales (ECFOR/UNA/CATIE/SAREC).

Las preguntas realizadas a los agricultores fueron orientadas a la obtención de: información general de la finca, aspectos relacionados al nivel tecnológico; características físicas; a los sistemas de producción (cultivos anuales, perennes, arbóreo y pecuario); situación financiera de la finca, también se hicieron observaciones al medio que rodea la finca.

Para identificar los sistemas existentes se utilizaron los siguientes criterios (Cuadro 4).

Cuadro 4. Criterios de identificación y descripción de los sistemas agroforestales tradicionales en la Región IV, Nicaragua. 1992.

1- Tipo de sistema	Agrosilvicultura Silvopastoril Agrosilvopastoril
2- Arreglo en el espacio	Mixto, denso (huertos casero) Mixtos, esparcido (árboles en potreros, árboles en cafetales) Hileras
3- Función del árbol	Sombra para cultivos perennes (café) ó pastizales, Forraje (ramas, hojas etc), Madera; Leña Alimentación (frutales), Cortinas rompevientos, Cercas (delimitación de fincas)
4- Arreglo en el tiempo	Asociado Rotación
5- Tenencia de la tierra	Pequeños y medianos productores

#### 5.4 Procedimiento para evaluación de tierras

El proceso utilizado para la evaluación de tierra fue el de la FAO (Figura 3), mediante el desarrollo de un sistema de expertos, basado en el sistema automatizado para evaluación de tierras (ALES) (Figura 4).

El procedimiento comprende la identificación de tres aspectos:

- a- Aspectos físicos. Fueron referidos a la tierra misma definidos por la geomorfología, criterios topográficos, propiedades físicas del suelo y la clasificación de suelos a nivel de subgrupo taxonómico, además, de

factores climáticos tales como la temperatura y precipitación con los cuales se definieron las unidades de mapeo de la tierra. Determinándose en cada una de ellas las características de la tierra para la evaluación.

- b- **Aspectos biológicos.** Para este aspecto se identificaron los sistemas agroforestales tradicionales en la región, dentro de la clase primordial de uso agroforestal. Basados en esto se seleccionaron los tipos de uso de la tierra para el estudio.
- c- **Conocimientos.** Los conocimientos suministrados por las personas o instituciones que fungieron como expertos y el modelo construido para el sistema de experto.

Para el tipo de uso, se identificaron los requisitos de uso de la tierra (fisiológicos, manejo y conservación) y fueron expresados en niveles de aptitud de aptos a no aptos.

La construcción del modelo incluye la base de conocimientos (expertos) y la base de datos (unidades de mapeo y características de la tierra). El valor de cada característica se ubicó en el rango de valores del requisito correspondiente, evaluado posteriormente a través de un árbol de decisión, indicando el nivel de severidad. Los árboles de decisión construidos fueron: características de la tierra; cualidades de la tierra; rendimiento proporcional; Aptitud física.

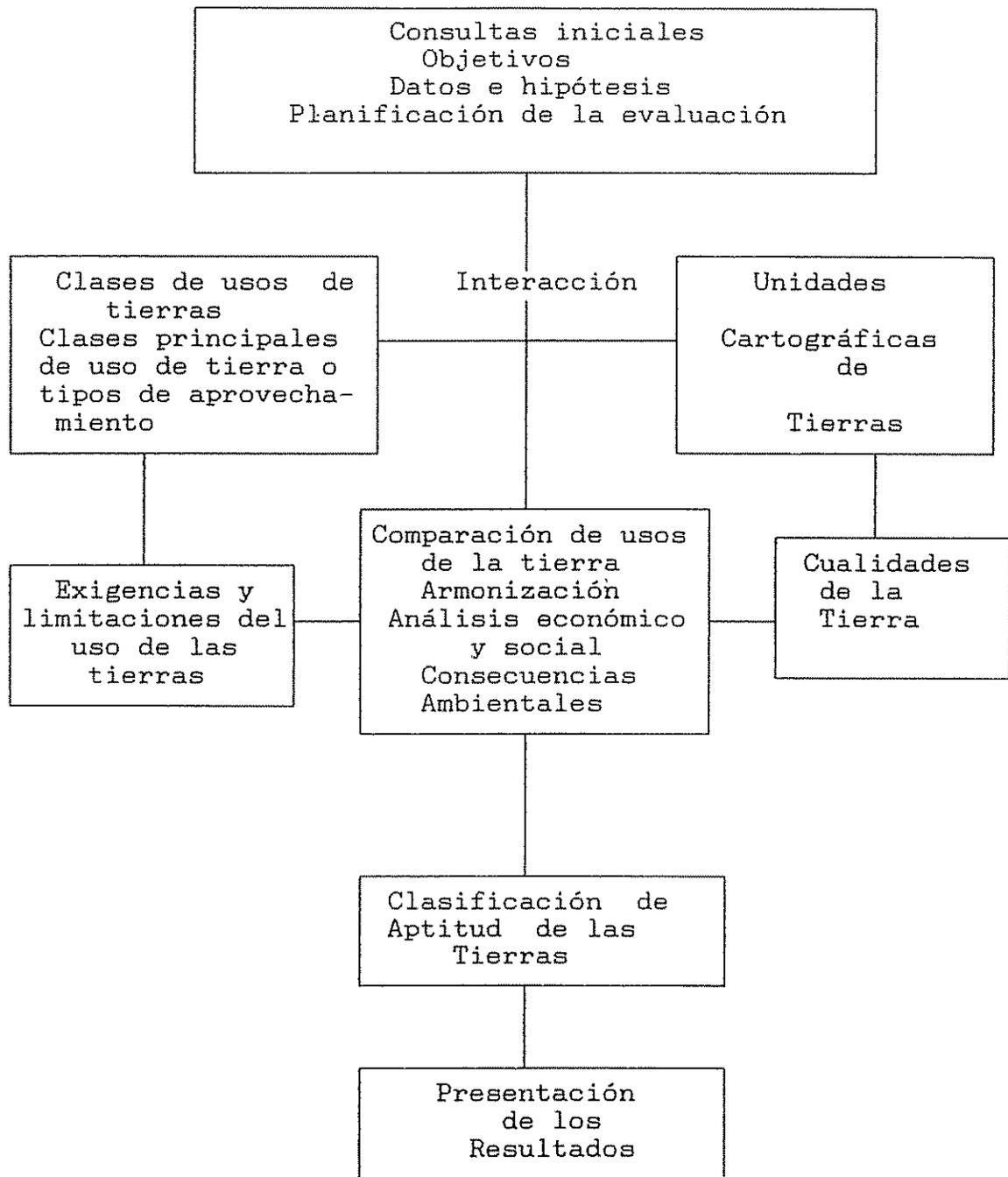


Figura 3. Esquema de Evaluación de Tierras FAO.



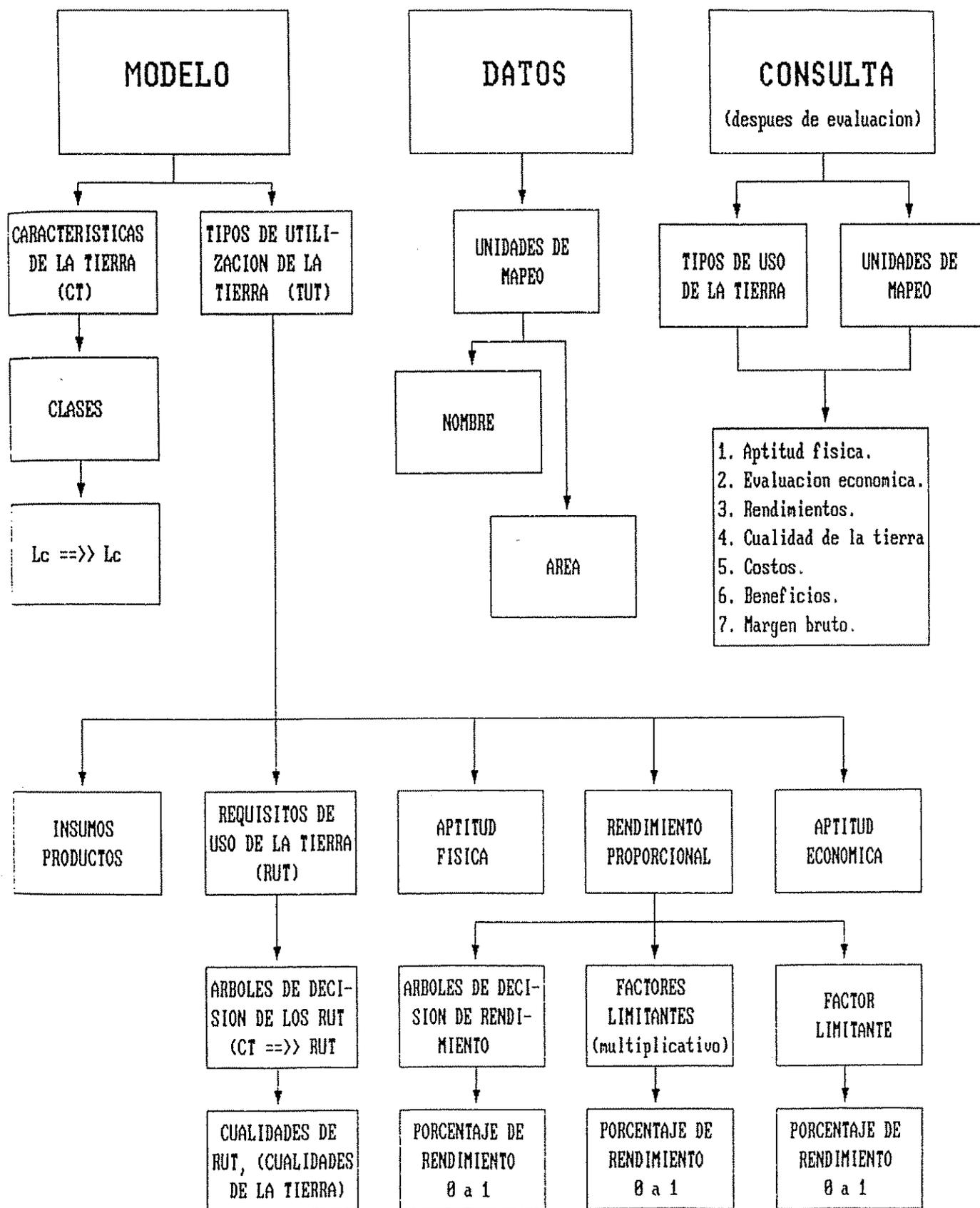


Figura 1. Funcionamiento del Sistema Automatizado de Evaluación de Tierras (ALES)

#### 5.4.1 Consultas iniciales

##### 5.4.1.1 Definición del área de estudio

Se seleccionó un área de 943 km<sup>2</sup>, representa el 23%, del área total de la región IV (4,069 km<sup>2</sup>).

Los criterios utilizados fueron: tipos de suelo (inceptisoles, entisoles y molisoles, principalmente), tipo de explotación (agroforestal y minifundios) y los tipos de uso de la tierra seleccionados. El departamento de Rivas fue descartado para la evaluación de tierra debido a los sistemas de producción predominantes como arroceras, ingenios azucareros, ganadería y la tenencia de la tierra (latifundistas), además, de las características de los suelos (Vertisoles y alfisoles).

##### 5.4.1.2 Definición de la clase de uso y tipos de utilización de la tierra

La definición de la clase primordial de uso se hizo con base a las condiciones agroecológicas presentes en la región, a la diversificación de alternativas de producción y al objetivo general del proyecto, "Estudios de Componentes Agroforestal" de la escuela de Ciencias Forestales (UNA/Nicaragua), para desarrollar metodologías apropiadas en la investigación agroforestal.

##### 5.4.1.3 Definición de los tipos de uso de la tierra

La definición y/o selección de los tipos de uso de la tierra se basó en un análisis de los sistemas agroforestales

identificados en la región, resultando como tipo de uso el café con sombra.

En Nicaragua, el cultivo del café se desarrolla bajo tres tecnologías: tecnificada, semitecnificada y tradicional. La variedad utilizada es el Caturra y como árboles de sombra existen varias especies (Anexo 3), estos árboles se encuentran por regeneración natural, los agricultores regulan sus densidades con base al manejo del cultivo pero no ejercen ningún control silvicultural. Las prácticas o labores utilizadas en el cultivo se describen en el anexo 4. En todos los tipos de uso de la tierra, se encuentra establecidos el café y los árboles de sombra por lo tanto no serán considerados los costos de establecimientos

La orientación al mercado de la producción es comercial para el caso de la gran producción, comercial con producción de subsistencia subsidiaria para el caso de las cooperativas y de subsistencia con producción comercial subsidiaria para los pequeños productores.

Las áreas cosechadas y sector de propiedad en el cultivo del café en el área de estudio son de un 73% para el área privada, 10.5% para el sector área propiedad del pueblo, ambos utilizan altos niveles de tecnología. Al sector cooperativas lo desarrollan en un 3.5% y la pequeña y mediana producción en un 13% ambos utilizan tecnología tradicional y en menor proporción la tecnología semitecnificada (MIDINRA, 1983; Departamento de Economía Agrícola, 1985).

El sistema agroforestal café con sombra fue definido como el tipo de uso de la tierra de acuerdo a:

- Presencia del cultivo en la zona.
- Presencia del árbol.
- Necesidad de conocer la aptitud de la tierra.
- Los rendimientos.

Para efecto del estudio se desarrollaron cinco modelos considerados como los tipos básicos de uso de la tierra, éstos son:

- 1- **Café monocultivo tecnificado.** Este representa un área de siembra de 5480 ha (equivalente a 7800 mz), con rendimientos de 31 qq/ha (22 qq/mz) para la región IV (Banco Nacional de Desarrollo, 1991).

El término tecnificado está relacionado con los niveles de insumos, para éste caso se puede considerar un nivel de insumo elevado pues, el uso de fertilizantes es en niveles de rendimiento económico máximo; el control de plagas es con productos químicos, el número de plantas de café/mz\* es de 3300-5000 plantas/mz (4818-7300 plantas/ha), además, de diferencias en los rendimientos (Anexo 4 y 5).

- 2- **Café monocultivo semitecnificado.** El número de plantas/mz es de 2500-3000 (3650-4380 plantas/ha) con rendimientos de 17 qq/ha (12 qq/mz). Se diferencia por las cantidades de insumos y la mano de obra utilizada en las labores del cultivo (Anexo 4). Los insumos utilizados pueden ser considerados como intermedios. La presencia de árboles de sombra en forma dispersa, con un total de 70-100 árboles/mz (102-146 árboles/ha) y con actividades de regulación de sombra lo cual no implica un manejo silvicultural (CONCAFE, 1991).

- 3- **Café con sombra ó café tradicional.** A diferencia de los anteriores en este tipo de uso de la tierra no se aplica fertilizantes, herbicidas y con reducido manejo (Anexo 4). Los rendimientos obtenidos son de 7qq/ha (5 qq/mz), el número de plantas de café es de 1500-2000 plantas/mz (2190-2920 plantas/ha); con árboles de sombra de 400-500 árboles/mz (584-730 árboles/ha); con poca regulación de

---

\* En Nicaragua la unidad de superficie es la Mz

sombra (Banco Nacional de Desarrollo, 1992; CONCAFE, 1991). Los niveles de insumos son bajos.

- 4- **Café con sombra semitecnificado.** Es similar al tradicional, con la diferencia en los niveles de insumo utilizados en la producción (Anexo 4).
- 5- **Plantación forestal.** Para desarrollar el modelo plantación forestal, se consideró las especies *Gliricidia sepium* y *Cordia alliodora* de esta manera se facilitaría definir el número de árboles/ha, distanciamientos y productos ha obtener.

Los productos obtenidos para cada tipo de uso de la tierra se muestran en el Anexo 5. Para el café los rendimientos se obtuvieron de las cartas tecnológicas, elaboradas, por el Banco Nacional de Desarrollo, 1992 en Managua, Nicaragua.

La producción de leña, abono verde, leña del café y madera se obtuvieron de revisión de literatura Flores, 1985; CATIE, 1989; CATIE, 1990; Alfaro, 1990. Asimismo, se realizaron cálculos para cuantificar algunos de los productos. Por ejemplo, en Nicaragua, la unidad para cuantificar leña es la marca equivalente a 2 mst (metros estéreos) (Salazar, 1989). Para el producto madera, en Nicaragua, la madera en troza de *Cordia alliodora* es una pieza con dimensiones de 2 pulgadas X 4 pulgadas X 3 varas equivalente a 50 PM (Pulgadas Maderera)/m<sup>3</sup> de volumen aserrado con un 65% de rendimiento en aserrío.

#### 5.4.2 Recolección de la información

Fue dirigida a recopilar y aprovechar la información física, biológica y socio-económica existente en la región, con la finalidad de ser utilizada en la construcción de una base de datos y conocimientos que permitiera desarrollar un modelo para la evaluación de tierra con fines agroforestal.

La información utilizada fue:

- Un mapa de zonas de vida de la región IV, a escala 1:250000 obtenidos del Programa de Agrometeorología del Ministerio de Desarrollo Agropecuario y Reforma Agraria (MIDINRA).
- Dos mapas geomorfológicos correspondientes a las hojas NC 16-3 (Granada), ND 16-15 (Managua) a escalas 1:250000 INETER\*.
- Dos mapas temáticos de pendientes correspondientes a las hojas NC 16-3 (Granada), ND 16-15 (Managua) a escalas 1:250000, obtenidos del Departamento de Edafología, INETER.
- Dos mapas temáticos de profundidad correspondientes a las hojas anteriores a escala 1:250000, obtenidos del Departamento de Edafología, INETER.
- Un mapa de clasificación de suelos a nivel de subgrupo taxonómico, correspondiente a la IV región, a escala 1:25000, obtenido del Departamento de Edafología, INETER.
- Dos mapas de uso del suelo. Estos corresponden a la hoja NC 16-3 (Granada), ND 16-15 (Managua), a escala 1:250000 obtenidos del Departamento de Cartografía, INETER.

---

\* INETER: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales.

- Registros de parámetros agrometeorológicos como precipitación y temperatura promedio anual, humedad relativa y velocidad del viento los cuales están basados en 15 años de registros. Estos fueron obtenidos del Departamento de Meteorología de INETER y Salinas, (1992).
- Costos de producción para el cultivo del café, con diferentes niveles de tecnología obtenidos del Banco Nacional de Desarrollo (1992).
- Ficha tecnológica del café en la región IV, obtenidos del Ministerio de Desarrollo Agropecuario y Reforma Agraria (1985).
- Estimaciones de cosecha y manejo del cultivo de café. Comisión Nacional del Café, (1992).
- Precios de los productos. Los precios fueron obtenidos por las Comisiones Agropecuarias y Banco Central de Nicaragua.
- Identificación de los expertos. Para este tipo de uso de la tierra fungieron como expertos Ing. Edgardo Mejía (1992) y la Comisión Nacional del Café (1992). Por la parte de suelo Ing. Felipe Ortiz (Departamento de Edafología, INETER).

#### 5.4.3 Definición de las características, cualidades, requisitos de uso y clases de aptitud de la tierra

Esta etapa consiste en la definición de las características y requerimientos de uso y clases de aptitud de la tierra. Con base al análisis de la información disponible de acuerdo a la metodología de evaluación de

tierras de la FAO (1976); y consultas con los expertos. Se consideraron 11 requisitos de uso, determinados, por 14 características de la tierra.

Para representar el aporte del árbol, en los sistemas asociados fueron considerados adicionalmente dos requisitos: Aporte del árbol a las condición física y El efecto de la sombra del árbol. Resultando un total de 13 requisitos de uso, determinados por 14 características.

Para el requisito, aporte del árbol a las condiciones físicas se consideraron las características erosión observada, pendiente y textura, indicando, en función de la combinación que resultase de estas características, la necesidad, de estar presente el componente arbóreo. Permitiendo al evaluador reducir los niveles de severidad en aquellas características factibles a modificaciones, observando una mejora en la aptitud física de la unidad de tierra evaluada.

Los niveles de severidad para estos requisitos fueron dados por lo tanto en función de la presencia del árbol, utilizando los siguientes niveles de severidad:

1- Indiferente, 2- Sugerido, 3- Necesario y 4- Imprescindible.

En el siguiente cuadro se presentan las cualidades de la tierra y las características que los determinan.



Cuadro 5. Cualidades y características de la tierra evaluada en la IV Región, Nicaragua, 1992.

Cualidades	Característica de la tierra	Unidad
Condición de enraizamiento	Profundidad efectiva del suelo	cm
Condición de caminos	Accesibilidad	nivel
Riesgo de erosión	Pendiente Erosión observada	% nivel
Requerimiento de temperatura	Altitud	m.s.n.m
Fósforo disponible	Fósforo pH	ppm pH
Potasio disponible	Potasio de suelo pH	meq/100 gr pH
Nitrógeno disponible	Materia orgánica	%
Humedad del suelo	Precipitación Textura Profundidad efectiva del suelo	mm clase cm
Oxígeno del suelo	Drenaje Textura	clase clase
Posibilidad de mecanización	Pendiente Pedregosidad	% %
Capacidad de laboreo	Textura	clase
Aporte del árbol a la condición física.	Erosión observada Textura Pendiente	nivel clase %
Efecto de la sombra del árbol	Altitud Materia orgánica	m.s.n.m %

Los requisitos de uso para estos tipo de utilización de la tierra fueron definidos con base en una revisión de literatura y los conocimientos de expertos (Cuadros 6, 7 y 8).

Cuadro 6. Requisitos de uso de la tierra para café monocultivo con dos niveles de tecnología. Región IV, Nicaragua, 1992.

Cualidad de la tierra	Característica de la tierra	Unidad	Clasificación					
			Apta		No apta			
			1	2	3	4	5	
<b>FISIOLOGICOS:</b>								
Humedad del suelo	Precipitación media anual	mm	1200-1500	1500-2000	>2000	1000-1200	>2500	<1000
	Textura del suelo	clase	Fco. Lim.	Fco. Arc.	Arcc.	Fco. Aren.	Arenoso	
	Profundidad efectiva del suelo	cm	>60	60	40-60	25-40	<25	
Requerimiento de temperatura	Altitud	m.s.n.m.	1000-1300	1000-1300	700-1000 1300-1500	300-700 1500-1700	<300 y >1700	
Oxígeno del suelo	Drenaje	clase	Bueno	Bueno	Mod. Buen	Mod. Exes	Exes-Imper	
	Textura	clase	Fco. Lim.	Fco. Lim.	Fco. Aren.	Aren	Arcc-Aren	
Condiciones de enraizamiento	Profundidad efectiva del suelo	cm	>60	>60	40-60	25-40	<25	
Fósforo disponible	Fósforo	ppm	>35	20-35	12-20	2-12	<2	
	pH	pH	6.3-7	6-6.3	5.7-6	5-5.7	<5 y >7	
Potasio disponible	Potasio	me100-1g de suelo	>0.6	0.35-0.6	0.2-0.35	0.05-0.2	<0.05	
	pH	pH	6.3-7	6-6.3	5.7-6	5-5.7	<5 y >7	
Nitrógeno disponible	Materia orgánica	%	>10	5-10	2-5	1-2	<1	
<b>MANEJO:</b>								
Capacidad de laboreo del suelo	Textura superficial	clase	Fco	F. arc	F. lim	F. lim y Arc	Arc Aren	Arcc
Posibilidad de mecanización	Pendiente	%	4-15	4-15	4-15	15-30	>30	
	Pedregosidad	%	<1 sin pied.	1-5 pocas	5-20 abund.	20-50 muy ab	50	
<b>CONSERVACION:</b>								
Condicón de caminos	Accesibilidad	nivel	Muy accesib.	Accesib	Poco acces	Accesible	No acces. con reparación	
Riesgo de erosión	Krosion observada	nivel	Leve	Leve Moderada	Moderada Fuerte	Fuerte Severa	Severa- Muy severa	
	Pendiente	%	4-15	4-15	15-30	30-75	>75	

Cuadro 7. Requisitos de uso de la tierra para el sistema agroforestal café con sombra dos niveles de tecnología. Región IV, Nicaragua, 1992.

Cualidad de la tierra	Característica de la tierra	Unidad	Clasificación					
			Apta		No apta			
			1	2	3	4	5	
<b>FISIOLOGICOS:</b>								
Humedad del suelo	Precipitación media anual	mm	1200-1500	1500-2000	>2000	1000-1200	>2500	<1000
	Textura del suelo	clase	Fco. Lim.	Fco Arc.	Arcc.	Fco. Aren.	Arenoso	
	Profundidad efectiva del suelo	cm	>60	60	40-60	25-40	<25	
Oxígeno del suelo	Drenaje	clase	Bueno	Bueno	Mod. Buen	Mod. Exes	Exes-Imper	
	Textura	clase	Fco. Lim.	Fco.Lim.	Fco.Aren.	Aren	Arcc-Aren	
Condiciones de enraizamiento	Profundidad efectiva del suelo	cm	>60	>60	40-60	25-40	<25	
Requerimiento de temperatura	Altitud	msnm	1000-1300	1000-1300	700-1000	300-700	<300	>1700
					1300-1500	1500-1700		
Fósforo disponible	Fósforo	ppm	>35	20-35	12-20	2-12	<2	
	pH	pH	6.3-7	6-6.3	5.7-6	5-5.7	<5 y >7	
Potasio disponible	Potasio	me100-1g de suelo	>0.6	0.35-0.6	0.2-0.35	0.05-0.2	<0.05	
	pH	pH	6.3-7	6-6.3	5.7-6	5-5.7	<5 y >7	
Efecto de la sombra del árbol	Altitud	msnm	700-1000	300-700	<300 ó >1700	1300-1500	1000-1300	1500-1700
	Materia orgánica	%	5-10	2-5	1-2	<1		
<b>MANEJO:</b>								
Capacidad de laboreo del suelo	Textura superficial	clase	Fco	F.arc	F.lim	F.lim y Arc	Arc Aren	Arcc
Posibilidad de mecanización	Pendiente	%	4-15	4-15	4-15	15-30	>30	
	Pedregosidad	%	<1 sin pied.	1-5 pocas	5-20 abund.	20-50 muy ab	50	
Aporte del árbol a la condición física	Erosión observada	nivel	Moderada	Moderada	Fuert-Moder	Fuert-Moder	Severa	
	Textura	clase	Franco	F.arc,F.lim	F.lim,Arcc	Arcc,Aren	Arcc,Aren	
	Pendiente	%	4-15	15-30	15-30	30-75	>75	
<b>CONSERVACION:</b>								
Riesgo de erosión	Erosión observada	nivel	Leve	Leve	Moderada	Fuerte	Severa	Severa
	Pendiente	%	4-15	4-15	15-30	30-75	>75	
Condición de caminos	Accesibilidad	nivel	Muy accesib.	Accesib	Poco acces	Accesible	No acces.	

Cuadro 8. Requisitos de uso de la tierra para una plantación forestal de *G. sepium* ó *C. alliodora*. Región IV, Nicaragua, 1992.

Cualidad de la tierra	Característica de la tierra	Unidad	Clasificación		
			Apta		No apta
			1	2	3
<b>FISIOLOGICOS:</b>					
Humedad del suelo	Precipitación media anual 2),4)	mm	785-1600	1600-3500	>3500
	Textura del suelo 2)	clase	Arcilloso	F.lim,F.arcc	Arenoso
	Profundidad efectiva 1) del suelo	cm	F.lim,F.arcc >50	F.are, Are 25-50	0-25
Requerimiento de temperatura	Altitud 3) y 4)	m.s.n.m.	500-800	1600-3500	>3500
Condiciones de enraizamiento	Profundidad efectiva del suelo	cm	>50	25-50	0-25
Fósforo disponible	Fósforo 1)	ppm	>15	5-15	12-20
	pH	pH	5.6-7.3	4.5-5.5 7.4-8.4	5.7-6 <4.5 ó >8.5
Potasio disponible	Potasio 1)	meq100/100g de suelo	>0.6	0.35-0.6 4.6-5.5	0.2-0.35 <4.5 ó >8.5
	pH	pH	5.6-7.3	7.4-8.4	5.7-6
<b>MANEJO:</b>					
Capacidad de laboreo del suelo	Textura	clase	Arcilloso F.lim-F.arr	F.lim-F.arc F.are-Are	Arenoso
Posibilidad de mecanización	Pendiente	X	4-15 y 15-30	15-30	>30
	Pedregosidad	X	1-5 pocas	5-20 abund.	20-50 muy abund.
<b>CONSERVACION:</b>					
Condición de caminos	Accesibilidad	nivel	Muy accesib. Accesible	Accesib Poco Acce	Arenoso
Riesgo de erosión	Erosión observada	nivel	Moderada	Fuerte	Severa
	Pendiente	X	4-15	15-30	15-30 ó >75

Fuentes: 1) Parent, 1989.  
2) CATIE, 1991.  
3) CATIE, 1984.  
4) Lamprecht, 1990.

Para determinar los requisitos, las cualidades de la tierra fueron divididas en cinco clases.

**La clasificación fue la siguiente:**

1. Altamente apta: Mayor del 80% del rendimiento óptimo.
2. Moderadamente apta: 60-80% del rendimiento óptimo.
3. Marginalmente apta: 30-60% del rendimiento óptimo.
4. No apta actualmente: menor que 30% del rendimiento óptimo, pero puede mejorarse la clase de tierra.
5. No apta permanentemente: menor que 30% del rendimiento óptimo, pero no puede corregirse la clase de tierra.

**Descripción de las clases de aptitud de la tierra:**

**Clase 1. Altamente apta:** mayor del 80% del rendimiento óptimo. Estas tierras no presenta limitaciones para una aplicación de un uso determinado en una forma permanente, o con limitaciones de menor grado que no reducen la productividad o los beneficios, ni permiten el aumento de los insumos por encima del nivel aceptable para la tecnología del tipos de uso de la tierra.

**Clase 2. Moderadamente apta:** 60-80% del rendimiento óptimo. Tierras con limitaciones que en conjunto son moderadamente graves para la aplicación de un uso determinado. Tales limitaciones reducen la productividad o los beneficios, aumentando los insumos al grado que el uso aplicado es todavía atractivo. Sin embargo, inferior a las obtenidas en las tierras de la clase 1.

**Clase 3. Marginalmente apta:** 30-60% del rendimiento óptimo. Tierras con limitaciones que en conjunto son graves para la aplicación de un uso determinado y reducen la productividad o los beneficios, o incrementan los

insumos necesarios, de manera que los costos son marginalmente justificados.

**Clase 4. No apta actualmente:** menos del 30% del rendimiento óptimo. Tierras con limitaciones que pueden ser mejoradas en el tiempo; estas limitaciones son tan graves que no permiten la aplicación de un uso determinado en forma satisfactoria.

**Clase 5. No apta permanentemente:** menos del 30% del rendimiento óptimo. Tierras con limitaciones tales que no permiten la aplicación del uso determinado.

#### 5.4.4 Determinación y delimitación de unidades de mapeo de la tierra

El proceso de delimitación de las unidades de mapeo fue mediante construcción y sobreposición de mapas. Para esto se utilizó mapas geomorfológicos a escala 1:250000 el cual describe la altura del terreno, el origen del material y la forma de la tierra. Permitiendo eliminar aquellas áreas cuya limitación geomorfológica no permite la aplicación del uso de la tierra agroforestal. Por ejemplo áreas pantanosas, deltas, calderas (parte de un volcán) ó origen del material (marino, lacustre).

Posteriormente se utilizó un mapa temático de pendientes a escalas 1:250000 con los siguientes rangos:

a:0-4%, b:4-15%, c:15-30%, d:30-75% y e:mayores del 75%

Para los fines de este trabajo se utilizó los rangos b, c y d. Pues, se consideró que pendientes del 0-4% son aptas para la agricultura y las mayores a 75% para un uso de bosque de protección.

Teniendo de base las características topográficas (pendientes), se ajustaron el número y tamaño de las unidades, utilizando un mapa temático de profundidad a escala 1:250,000, cuyos rangos son: P1: > 90 cm, P2: 60-90 cm, P3: 40-60 cm y P4: 25-40 cm y P5: < 25 cm; y un mapa de clasificación de suelo a nivel de subgrupo taxonómico.

Por la información secundaria disponible y el área en estudio; la escala de trabajo definida fue de 1:250,000. Sin embargo, en la determinación de las características de la tierra se utilizó información del estudio de levantamientos de suelo de la región del pacífico (Catastro e Inventario de Recursos Naturales, 1971, 1972), además de verificaciones en el campo (descripción de perfiles).

En el Cuadro 9 se muestran las unidades de mapeo resultantes, sus áreas y el subgrupo taxonómico de suelo. La información presentada en este cuadro se obtuvo del mapa de unidades de tierras homogéneas (mapa final obtenido de la sobreposición de los mapas antes señalados). La simbología utilizada en los subgrupos taxonómicos se describe de la siguiente manera: ejemplo A1L3 en donde la letra A es el orden de los suelos (Alfisoles), el número 1 representa al subgrupo taxonómico, la letra L representa el origen del material y el número 3 representa el drenaje.

Cuadro 9. Unidades de mapeo resultantes, sus áreas.  
Región IV, Nicaragua, 1992.

LOCALIDAD	UNIDAD DE MAPEO	SUBGRUPO TAXONOMICO	AREA (Ha)	% Area Total
El Empalme (EE)	1	E2B3	3,873.61	4.11%
	2	I1C3	518.95	0.55%
	3	I1C3	968.08	1.03%
	4	M1S3	257.06	0.27%
	5	M9C3	171.17	0.18%
	6	I3/C3	631.65	0.67%
Mombacho (MB)	1	I1C3	846.98	0.90%
	2	E2B3	4,878.59	5.17%
	3	V1T5	293.15	0.31%
	4	I1C3	1,885.48	2.00%
	5	M9C3	376.81	0.40%
Granada (Gr)	1	I3/C3	601.61	0.64%
	2	M9C3	444.36	0.47%
	3	E2B3	867.13	0.92%
	4	V1T5	63.91	0.07%
Diriomo (DR)	1	M9C3	2,506.84	2.66%
	2	I3/C3	688.90	0.73%
	3	I3/C3	892.01	0.95%
Masatepe (MS)	1	E2B3	604.64	0.64%
	2	I3/C3	845.76	0.90%
	3	M10/C3	708.07	0.75%
	4	M9C3	487.50	0.52%
La Reforma (LR)	1	M9P3	976.01	1.03%
Laguna de Apoyo (LA)	1	M9P3	437.70	0.46%
	2	E2B3	1,136.28	1.20%
	3	I3/C3	149.19	0.16%
	4	M9C3	94.76	0.10%
Masaya (MY)	1	M10C3	3,490.31	3.70%
	2	E2B3	152.01	0.16%
La Concha (LC)	1	I3/C3	660.55	0.70%
	2	E2B3	514.92	0.55%
Volcán Masaya (VM)	1	E2B3	1,727.62	1.83%
	2	I1C3	823.99	0.87%



LOCALIDAD	UNIDAD DE MAPEO	SUBGRUPO TAXONOMICO	AREA (Ha)	% Area Total
San Juan de la Concha (SJ)	1	E2B3	367.34	0.39%
	2	I3/C3	1,179.00	1.25%
	3	I3M5/C3	702.42	0.74%
	4	M1C3	27.42	0.03%
Guanacaste (GN)	1	M9C3	10,050.16	10.65%
	2	A1L3	3,663.46	3.88%
	3	E2B3	183.67	0.19%
	4	M1C3	2,924.80	3.10%
	5	V1T5	523.79	0.56%
	6	I3/C3	356.85	0.38%
Los Guerreros (LG)	1	A1L3	8,574.18	9.09%
	2	M1C3	4,023.53	4.26%
	3	E2C3	2,007.40	2.13%
Diriamba (DI)	1	I3/C3	1,680.24	1.78%
	2	E2C3	226.41	0.24%
	3	M1C3	1,001.81	1.06%
Jinotepe (JI)	1	I3/C3	1,535.01	1.63%
	2	M30/C3	1,046.76	1.11%
	3	E2C3	227.22	0.24%
Los Terreros (LT)	1	M1C3	1,845.16	1.96%
	2	E2B3	3,913.91	4.15%
	3	E2C3	3,868.54	4.10%
Diria (D)	1	M9C3	9,539.10	10.11%
	2	I3/C3	675.82	0.72%
	3	E2B3	77.22	0.08%
	4	I3/C3	560.48	0.59%
<b>TOTAL</b>	<b>59</b>		<b>94,357.30</b>	<b>100.00%</b>

#### 5.4.5 Determinación de las características de la tierra en las unidades de mapeo

Las características de la tierra fueron determinadas a través de mediciones en el campo, estimaciones y información secundaria. Se evaluaron en todas las unidades de mapeo. En

el Cuadro 10 se presenta como fue determinada cada características de la tierra.

Cuadro 10. Procedimiento empleado en la determinación de las características de la tierra. Región IV, Nicaragua, 1992.

Característica de la tierra	Procedencia de la información	Fuente secundaria
1. Pendiente	Cartografía y Corroborada en el campo	Dpto. Edafología, INETER. 1:25000
2. Profundidad efectiva del suelo	Fuente secundaria y Campo	Dpto. Edafología, INETER. 1:25000
3. Textura del suelo	Fuente secundaria y campo	Dpto. Edafología, INETER. 1:25000
4. Drenaje	Fuente secundaria y campo	Dpto. Edafología, INETER. 1:25000
5. Pedregosidad	Fuente secundaria y campo	Dpto. Suelo, MIDINRA. 1:50000
6. Altitud	Fuente secundaria	Dpto. Ordenamiento Territorial, INETER. 1:50000
7. Precipitación media anual	Fuente secundaria y Estimada	Dpto. Meteorología, INETER.
8. Nitrógeno	Fuente secundaria y Estimado	Parent, G. 1989.
9. Fósforo	Laboratorio	
10. Potasio	Laboratorio	
11. Materia Orgánica	Laboratorio	
12. pH	Laboratorio	
13. Erosión observada	Campo	
14. Accesibilidad	Campo	

#### 5.4.5.1 Descripción de las características de la tierra

1. Pendiente (%) Se determinó por interpretación del mapa temático de pendiente, y en la mayoría de los casos se realizaron verificaciones en el campo. Se utilizó una escala de valores: Tomadas del mapa temático de pendiente a escala 1:250000.

1. 4 -15%, 2. 15-30%, 3. 30-75% 4. > 75%

2. Profundidad efectiva del suelo (cm). Esta característica se obtuvo de interpretaciones del mapa temático de

profundidad (1:250000), además de comprobaciones en el campo y de información secundaria obtenida del estudio de levantamiento de suelos de la región pacífica de Nicaragua (Catastro e Inventario de Recursos Naturales, 1971). Se utilizó la escala siguiente:

- |                 |                        |
|-----------------|------------------------|
| 1. Más de 90 cm | Profundo               |
| 2. 60-90 cm     | Moderadamente profundo |
| 3. 40-60 cm     | Poco profundo          |
| 4. 25-40 cm     | Superficial.           |
| 5. < 25 cm      | Muy superficial.       |

3. **Textura del suelo.** Esta característica fue determinada directamente en el campo, se utilizaron las siguiente clases: (Catastro e Inventario de Recursos Naturales, 1971; Departamento de Edafología, 1990; FAO, 1990).

1. Muy gruesa a gruesa: arena gruesa, arena muy fina, arena fina, arena media y arenoso franco, exceptuando arena franca muy fina.
2. Moderadamente gruesa: arena franca muy fina y franco arenoso, exceptuando franco arenoso muy fino.
3. Media: franco arenoso muy fino, franco, franco limoso y limo.
4. Moderadamente fina: franco arcillo arenoso, franco arcilloso y franco arcilloso limoso.
5. Fina: arcillo arenoso, arcillo limoso y arcillo con menos del 60% de arcilla.

4. **Drenaje.** Determinado por interpretación del mapa de clasificación de suelos a nivel de subgrupo taxonómico; por información secundaria obtenida de los perfiles descritos en el levantamiento de suelos de la región pacífico de Nicaragua y observaciones en el campo. Se

utilizó las clases presentadas por Parent, (1989) la cual consiste en:

1. Excesivo. La evacuación del agua se hace muy rápidamente, proporcional al aporte de agua. El agua desaparece en profundidad muy rápidamente si el estrato inferior es permeable. En suelos de textura gruesa, escarpados y/o pocos profundos.
  2. Moderadamente excesivo. La evacuación del agua se hace con rapidez. El agua desaparece en profundidad si el estrato inferior es permeable. Son suelos porosos de textura habitualmente gruesa y/o pocos profundos.
  3. Bueno. El agua del suelo se evacúa con facilidad pero no con rapidez. El excedente de agua desaparece fácilmente en profundidad si el estrato inferior es permeable, o por escurrimiento lateral.
  4. Moderadamente bueno. La evacuación del agua es relativamente lenta en proporción al aporte de agua el suelo permanece húmedo por períodos cortos. Son suelos de textura media a fina.
  5. Imperfecto. La evacuación del agua del suelo es suficientemente lenta en relación al aporte de agua, de tal manera que el suelo quede húmedo la mayor parte del año.
5. **Pedregosidad (%)**. Se determinó por interpretación en el mapa de aptitud potencial y alternativas de producción (1:50000) de la región y verificaciones en el campo. Con las clases siguiente:
1. Sin piedras, menos que el 1%,
  2. Pocas, 1-5%,
  3. Abundantes, 5-20%,

4. Pedregoso, 20-50%
5. Muy pedregoso, mayores del 50%.
6. **Altitud (msnm).** Se obtuvo de mapas topográficos escala 1:50000, de las hojas 3051 IV (Granada), 3051 III (Zapatera), 2951 I (Masaya), 2951 II (Nandaime), 2951 III (Trinidad) y 2951 IV (San Rafael del Sur). Utilizando las coordenadas para cada punto y por sobreposición con el mapa de unidades de mapeo de la tierra. Esta característica se utilizó como indicador de la temperatura pues el promedio de ésta refleja la temperatura del lugar donde esta ubicada la estación meteorológica además de ser valores extrapolables.
7. **Precipitación promedio anual (mm).** Se determinó de acuerdo a la estación climática predominante o más cercana, con 15 años de observaciones. Registrados en las estaciones pluviométricas ubicadas en la región IV.
8. **Nitrógeno (%).** Fue determinado por la siguiente relación:  $\% NT = M0/20$  (Parent, 1989).

Para medir las características número 9, 10, 11 y 12 se realizó un muestreo de suelo en cada unidad de mapeo. El muestreo consistió en coleccionar seis submuestras a una profundidad de 20 cms, para hacer una muestra típica o compuesta. Luego fueron llevadas al Laboratorio de Suelos de la Escuela de Suelo y Agua, Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente.

9. **Fósforo en ppm.** Fue determinado mediante el método de Olsen modificado.
10. **Potasio en meq/100 gr de suelo.** Determinado por medio de Olsen modificado.
11. **Materia Orgánica,** está dada en %. Fue determinada mediante el método de Walkley y Black.

12. PH en agua. Fue determinada en la relación 1:2.5 en agua con un potenciómetro (Laboratorio de suelos y agua, Nicaragua).
13. **Erosión observada.** Se estimó a través de observaciones en el campo e interpretación de mapa de aptitud de la tierra y alternativa de producción (1:50000), región IV. Se utilizó la siguiente, clase: (FAO, 1990).
  1. Muy severa, 2. Severa, 3. Fuerte, 4. Moderada, y 5. Leve.
    1. Muy severa: Remoción sustancial de los horizontes subsuperficiales profundos (tierras malas). Las funciones bióticas originales completamente destruidos.
    2. Severa: Horizonte superficial completamente removido y el horizonte subsuperficial expuesto. Las funciones bióticas originales altamente destruidos.
    3. Fuerte: Usado para áreas con fuertes restricciones para el uso y productividad de los suelos debido a la erosión causada por el agua. Las funciones bióticas fuertemente destruidas.
    4. Moderada: Clara evidencia de remoción en el horizonte superficial. Las funciones bióticas parcialmente destruidos.
    5. Leve: Alguna evidencia de daño en la superficie del horizonte. Las funciones bióticas originales altamente intacta. Es considerada normal en la mayoría de los suelos.
14. **Accesibilidad de caminos.** Se realizó mediante visitas al campo en cada unidad de mapeo; observando el estado de los caminos. Se uso la escala: 1. Muy accesible (sin limitación), 2. Accesible, 3. Poco accesible, 4. Accesible con reparación y 5. No accesible.

1. Muy accesible. Presencia de carreteras y caminos. Distancias cortas a pueblos o ciudades vecinas.
2. Accesible. Disponibilidad de carreteras y transporte; con distancias mayores a pueblos o ciudades vecinos.
3. Poco accesible. Poca presencia de carreteras o caminos en buenas condiciones. Poco acceso a transporte y distancias muy largas.
4. No accesible con reparación. Carreteras en mal estado, caminos con nivel de erosión leve; mejoras en los caminos a través de maquinaria.
5. No accesible. Ausencia de carreteras, caminos muy erosionadas cárcavas o muy pedregosos.

#### 5.5 Construcción y manejo del sistema de expertos con el sistema automatizado para evaluación de tierras (ALES)

El instrumento utilizado para la evaluación de tierra de acuerdo al sistema de la FAO (1976); fue el ALES, el cual permite al evaluador construir su propio sistema de expertos.

Se revisó y estudió el ALES, con el fin de conocer la estructura del sistema: construcción de modelos; entrada de datos; procedimiento de evaluación, consultas e informes. La información recopilada fue organizada para la construcción del sistema de experto.

### Estructura del programa ALES:

A- **Modelos.** Es una estructura para la construcción de una base de conocimientos. Es en este módulo del ALES, se representa la experiencia del agricultor o del técnico expresada en aspectos teóricos o conocidos como conocimientos.

Incluye los tipos de uso de la tierra, requisitos de uso, características y cualidades de la tierra También tiene en su estructura la lista de insumos ha utilizar en el sistema de producción: como mano de obra, agroquímicos, transporte etc. Así, como los productos ha obtener para cada tipo de uso en particular. Asimismo, el tipo de uso de la tierra contiene en su estructura elementos de decisión para la evaluación física y económica como: árboles de decisión, factores limitantes y proporcionales al rendimiento.

B- **Datos.** Este módulo lo conforman la base de datos de cada unidad de mapeo descrita mediante sus respectivas características. También permite agrupar las características de la tierra de acuerdo a los requisitos definidos en grupos de manejo, fisiológicos y de conservación.

C- **Evaluaciones.** Con un mecanismo de inferencia relaciona la base de conocimientos (módulo modelos) con los datos (módulo datos) para computar lo físico y económico de un conjunto de unidades de mapeo para un conjunto de usos de la tierra. La evaluación física indica grados de aptitud de la tierra pues, a cada unidad de mapeo es asignada clases de aptitud sobre aspectos de clima, suelo y vegetación; indicando una relativa aptitud desde muy apto hasta no apto.



También la evaluación física permite agrupar unidades de mapeo de acuerdo a sus limitaciones y otras cualidades de la tierra para determinar estrategias de manejo.

La evaluación económica se realiza después de la evaluación física, así, aquella unidad de tierra que no resultase apta físicamente no será evaluada económica. Es necesario que los componentes (precios, rendimiento óptimo, rendimiento marginal, etc.) de la evaluación económica estén completos para poder ser realizada.

EL ALES ejecuta dos clases de evaluación económica:

Análisis de flujo efectivo discontinuo y Análisis bruto marginal.

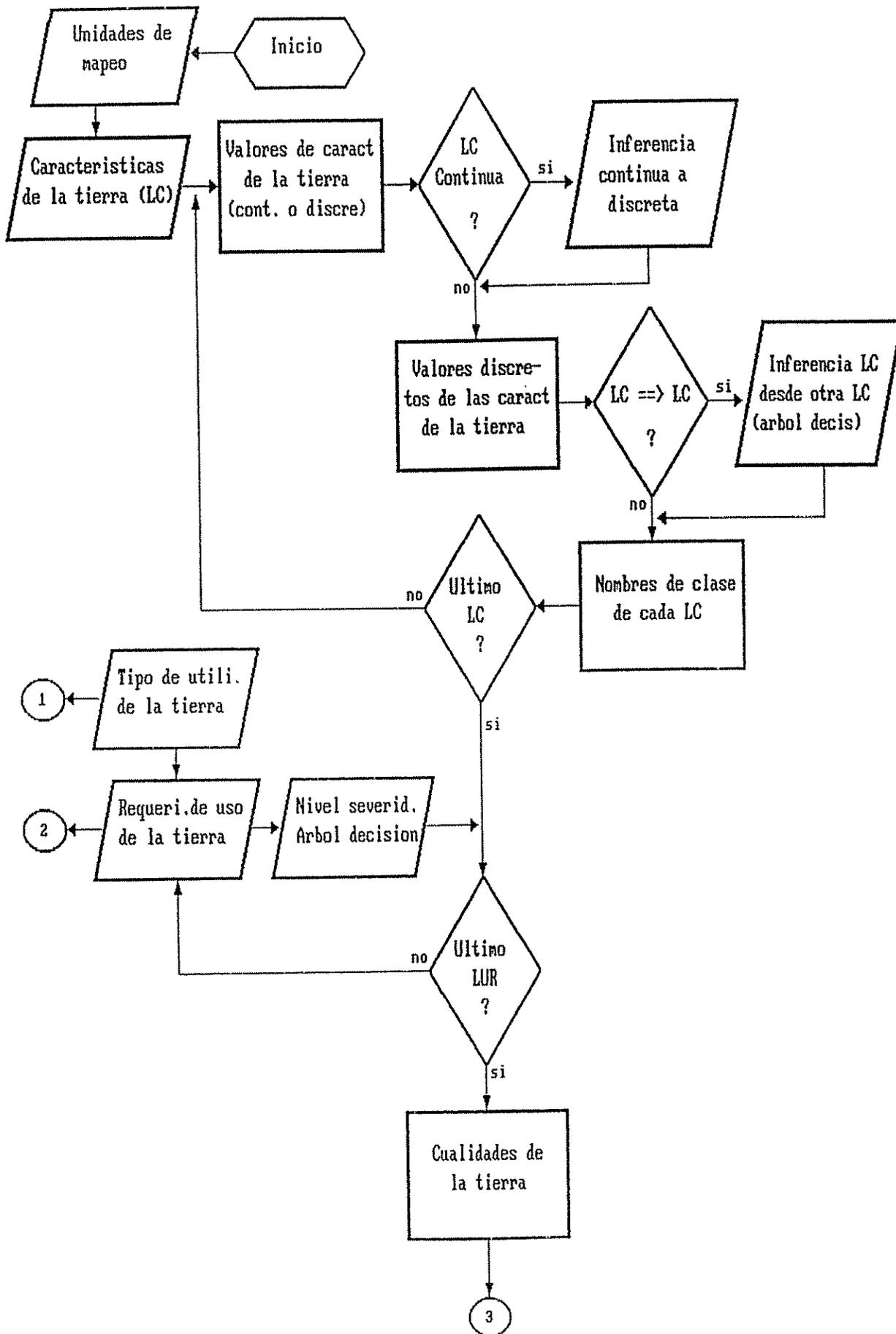
- E- **El por qué?** Facilita al constructor de modelos realizar afinamientos necesarios. Se utiliza una vez realizada la evaluación o corrida del programa y permite entender los modelos. Es decir el ALES tiene la opción, para el usuario, de conocer la lógica y los datos usados en el proceso de evaluación.
- F- **Consulta.** Permite al usuario consultar sobre determinada unidad de tierra y su uso en un determinado momento.
- G- **Reportes.** Facilita escoger el tipo de reporte (ya sea de las características de la tierra, insumos, productos, árboles de decisión, unidades de mapeo requisitos de uso), donde grabarlo o imprimirlo (en la pantalla, impresora, archivo ASCII y puerto de comunicación). Los resultados de la evaluación pueden ser impresos en un formato, muy útil, para los planificadores de uso de la tierra y otros usuarios que necesitan conocer acerca de la aptitud de la tierra.

Los resultados obtenidos son de siete tipos: aptitud física, aptitud económica, rendimientos, cualidad de la tierra, costos, beneficios y margen bruto (Figura 4).

#### 5.5.1 Proceso de cómputo para evaluación de tierra

El procedimiento de cómputo para la evaluación de tierra se llevó a cabo en tres pasos:

1. Cómputo de valores para los requisitos y cualidades de la tierra, obtenidos de los valores de las características de la tierra medidas en cada unidad de mapeo y de los árboles de decisión, construido con las mismas características (Figura 5).
2. Cómputo para predicción del costo, parte de los valores obtenidos para cada cualidad de la tierra y de los parámetros: insumos anuales, insumos anuales adicionales, tasa de interés y rendimiento óptimo, para el tipo de uso en estudio. El costo para producir el rendimiento óptimo más el costo adicional conforman el costo predicho (Figura 6).
3. Cómputo para clase de aptitud física y económica, se basan en los valores de cualidades de la tierra, tipos y requisitos de usos en cada unidad de mapeo, determinando la aptitud física. La aptitud económica utiliza los costos y los ingresos, además, de los anteriores (Figuras 7 y 8).



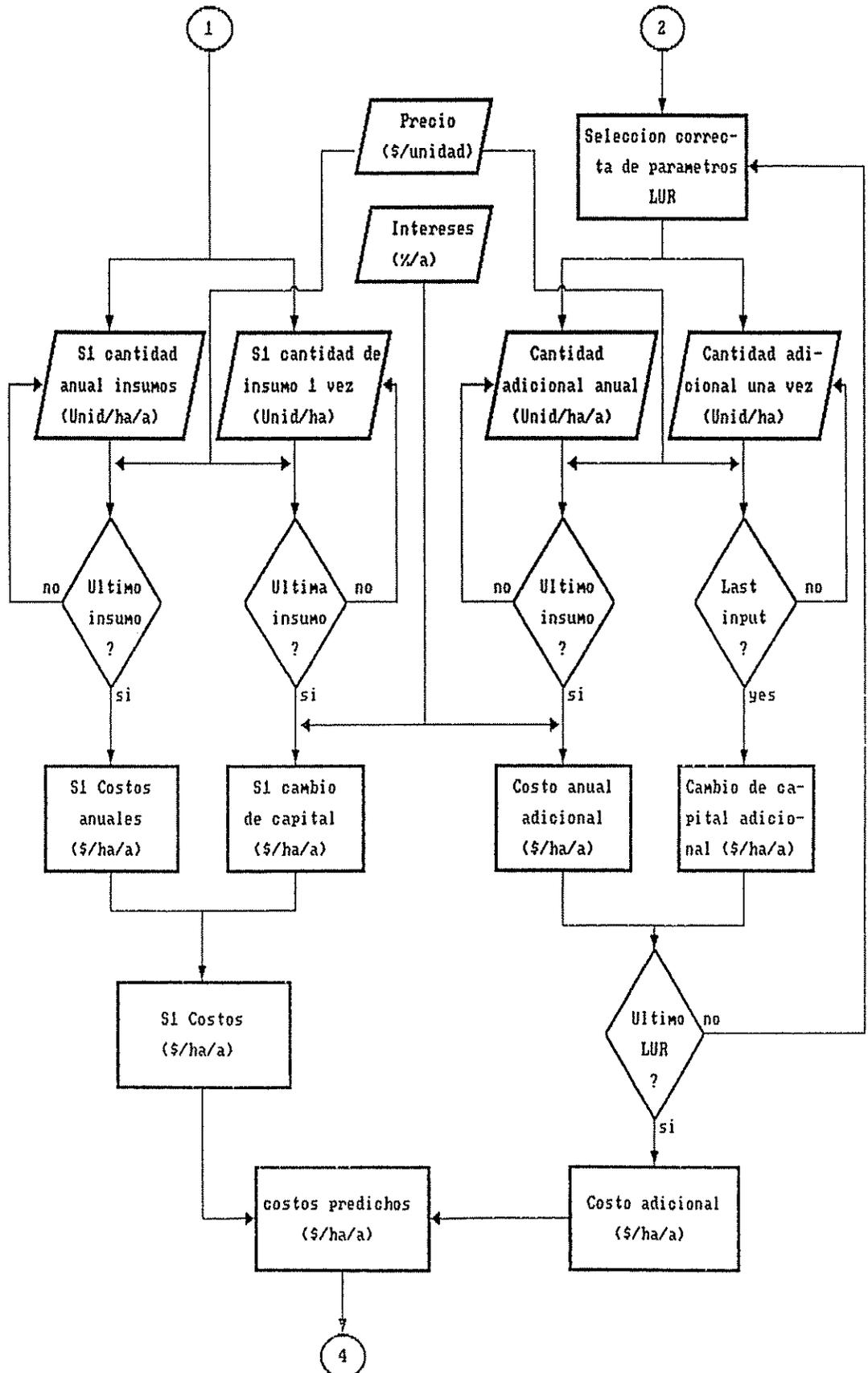


Figura 6. Determinación de Costos de Producción

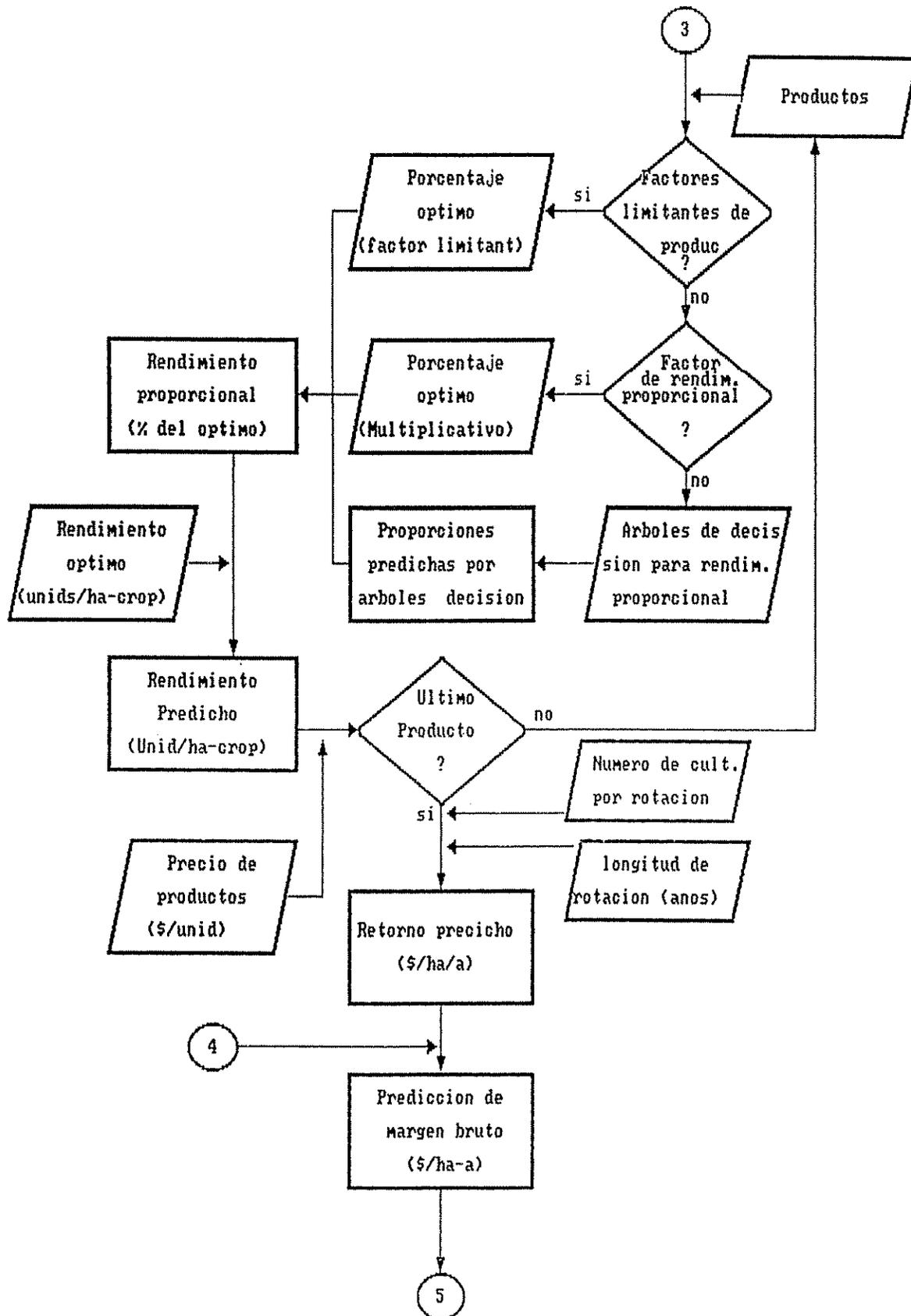


Figura 7. Determinación del Margen Bruto.

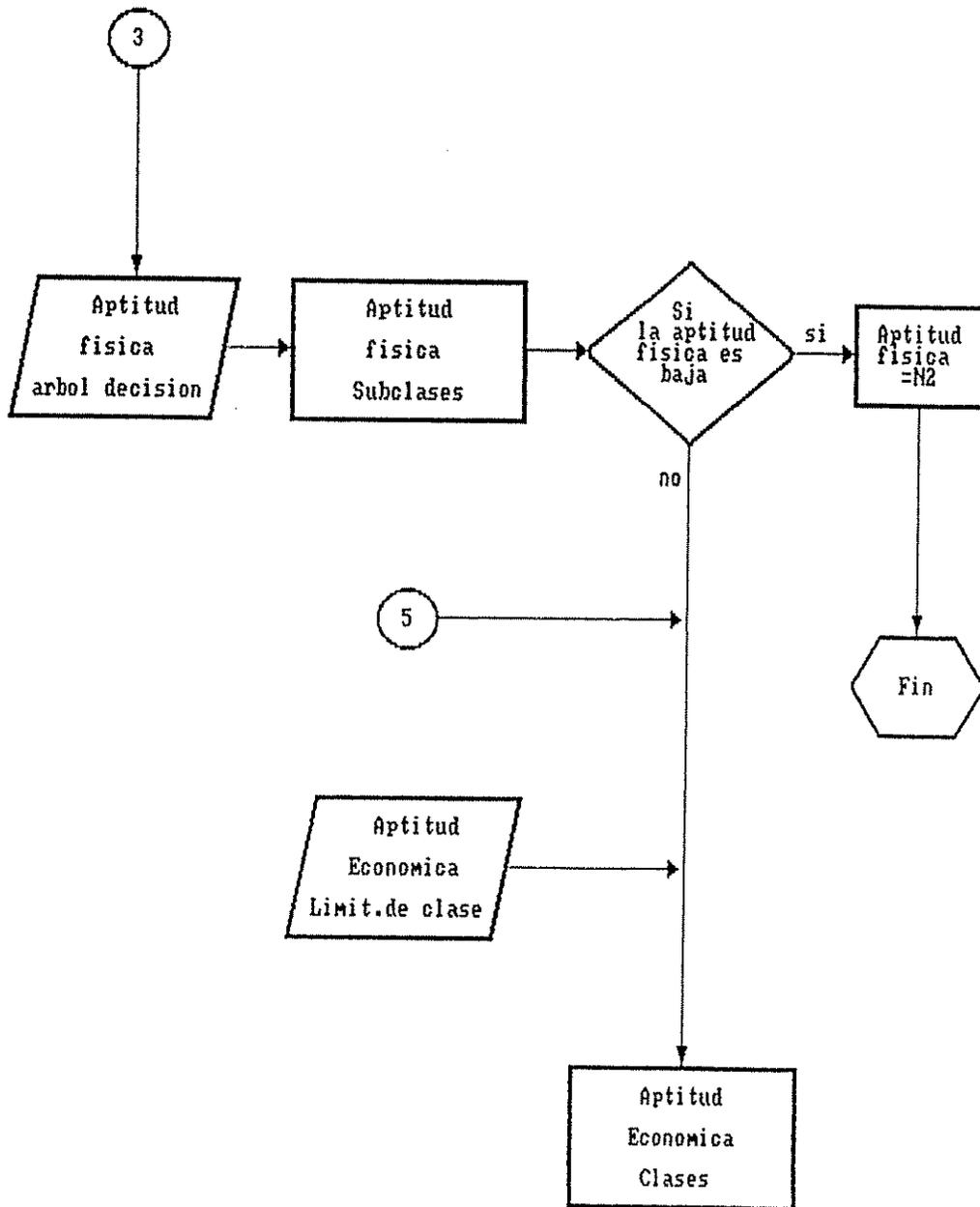


Figura 8. Determinación de las Aptitudes Físicas y Económica

## 6. RESULTADOS Y DISCUSION

### 6.1 Características generales de la región

La actividad agrícola, en la región IV, está orientada a la producción de granos básicos (Cuadro 11)

Cuadro 11. Porcentaje de la producción de grano básicos.

Cultivos	%
<i>Zea mays</i> L. (Maíz)	30.8
<i>Phaseolus vulgaris</i> L. (Frijol)	8.4
<i>Oriza sativa</i> L. (Arroz)	31.4

Otros cultivos de importancia son: el sorgo (*Sorghum* spp.), yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y quequisque (*Xanthosoma* spp).

Los cultivos anuales asociados fueron: maíz-frijol-arroz; maíz-frijol; sorgo-frijol; maíz-frijol-trigo; yuca-frijol; y quequisque-frijol.

De los cultivos perennes el café (*Coffea arabica* L.) es uno de los cultivos de importancia en la región IV, genera el 26% de divisas. También los frutales son de importancia para los agricultores, fueron encontrados bajo diferentes modalidades: dispersos, en asociaciones con cultivos anuales o perennes, en plantaciones, como cerca viva y como componente fundamental en los huertos caseros.

## 6.2 Sistemas Agroforestales

De acuerdo al inventario realizado en la región IV, se identificaron sistemas agroforestales del tipo simultáneos, como expresión del tradicional uso de los SAF en la región. Sin embargo, no se encontró asociaciones del componente arbóreo con cultivos anuales, pese a las condiciones de mal manejo de los suelos.

Según respuesta del agricultor, sobre la presencia del árbol en sus cultivos, no existe una aplicación o interés por el componente arbóreo como parte de los cultivos practicado en su finca ó parcela. Aunque, se encontró árboles dentro de la finca obteniendo de éstos productos como leña, postes, delimitación de áreas, madera, medicina, producción de semilla y sombra para cultivos y animales. El 42% de éstos árboles deben su origen en forma natural y un 24% son plantados.

En el cuadro siguiente se presenta los sistemas agroforestales identificados en la región IV.

**Cuadro 12. Sistemas agroforestales tradicionales por departamento. Región IV, Nicaragua, 1992.**

Sistemas Agroforestales	Departamento	%
Huertos Caseros	Masaya	25
	Carazo	24
	Granada	22
	Rivas	19
Cercas Vivas	Masaya	62
	Carazo	57
	Granada	35
	Rivas	44
Café con sombra	Masaya	5
	Carazo	8
	Granada	7
Taungya	Granada	1



## Huertos caseros

Conocidos como huertos mixto ó patio. Definidos como un complejo de plantas perennes o semiperennes presentes en los alrededores de la casa de los agricultores integrando la producción agrícola-ganadera (animales menores) y forestal (OTS, 1986; Fassbender, 1987). Este sistema se encontró con mayor frecuencia en Carazo, Masaya y Granada (Cuadro 12), sobre todo en áreas donde hay mayor concentración de la población y característico en fincas de tamaño a 5 mz aproximadamente a 3.5 ha.

Se encontró en su estructura y composición, una alta diversidad de especies y por ende de producción, como: anuales, perennes, hortalizas, maderables y frutales en arreglos espaciales de acuerdo a las necesidades y facilidades del agricultor.

Dentro las razones de los agricultores para establecer un huerto en su finca están: el autoabastecimiento y comercialización de frutas en las temporadas de la cosecha, principalmente, de cítricos y otros frutales, cucurbitáceas además, de la leña obtenida de los árboles más viejos. Se encontró el importante rol de la mujer en los SAF, ellas son en su mayor parte la mano de obra familiar para la recolecta y venta de los productos (diciembre-julio). Estos huertos en realidad no presentaron un arreglo espacial definido entre las especies, así como un manejo o técnica de aprovechamiento, se caracterizan por ser complejos al presentar estratos con gran variedad de árboles cultivos anuales y perennes. La diversidad de especies varía de huerto a huerto además de la variación en las densidades de plantas;

posiblemente determinada por factores socioeconómicos y ecológicos.

En algunos casos aplican abono y fertilizantes completos (10-30-10) a razón de dos veces al año y fertilizantes nitrogenado como urea, en dependencia de las condiciones económicas del agricultor.

En un estudio de caso en el huerto casero **Quinta Tina** en Nicaragua se estudió aspectos de manejo del huerto, encontrando, prácticas de eliminación de los árboles más viejos y poda de algunos cultivos perennes como *Persea americana* *Citrus* spp. *Manguifera indica* con el fin de disminuir el exceso de sombra permitiendo mayor entrada de luz a los estratos inferiores. Los productos de la poda son utilizados como leña y como fertilizantes (Chavarría, 1987; Obando, 1989).

Prado y Andrade (s.f) reportan en un estudio de caso en dos huertos caseros en la región IV en Nicaragua, algunas prácticas culturales realizadas por los agricultores como: chapeo ocasional, drenajes, manejo de hojarasca, compost, uso del estiércol y desrame. También señalan el papel participativo y activo de la mujer principalmente en el mercadeo del producto; en cuanto a la generación de ingresos en uno de los huerto el 70% era por comercialización de las frutas en cambio para el otro huerto los ingreso eran de un 40%.

La presencia de este sistema es un potencial agroforestal en la región, pues es el sistema además de las cercas vivas en el cual el componente arbóreo juega un papel muy importante tanto en la estructura del sistema como en la función de éste.

En el anexo 2. se presenta una lista de las principales especies arbóreas, frutales y cultivos perennes que componen un huerto casero.

### **Cercas Vivas**

El uso de árboles como cerca viva es una técnica muy difundida en el sector rural (Fassbender, 1987; Otárola, 1985).

De acuerdo a los criterios utilizados en la identificación de los sistemas agroforestales (Cuadro 4), la cerca viva resultó ser uno de los sistemas de uso tradicional con mayor frecuencia en la región. Para los departamentos de Masaya, Carazo, Rivas y Granada la presencia de este sistema, representa, 62%, 57%, 44% y 35% respectivamente.

La función de este SAF, principalmente, es la delimitación de fincas; como barrera protectora; para obtención de leña, postes y frutos; también la utilizan como forraje aunque, éste solamente resultó en 1%. Las especies utilizadas con mayor frecuencia como cerca vivas son: *Gliricidia sepium*, *Bursera simaruba*, *Spondia* sp. En el cuadro 13 se presentan las especies más comunes utilizadas como cercas vivas así como los diferentes usos que cumple este sistema. (Anexo 1. Especies arbóreas encontradas en el sistema cercas vivas).

Cuadro 13. Principales especies y sus usos en las cercas vivas. Región IV, Nicaragua, 1992.

Especies más frecuentes	<p><i>Gliricidia sepium</i>  <i>Bursera simarouba</i>  <i>Cordia</i> sp.  <i>Ficus</i> sp.  <i>Spondia</i> sp.  <i>Simarouba glauca</i>  <i>Mangifera indica</i>  <i>Delonix regia</i></p>
Principales usos	<p>Delimitación de fincas u área  Protección  Producción de leña  Obtención de postes  Producción de frutos  Forraje</p>

#### Café con sombra

El cultivo del café, se encontró como el cultivo perenne de mayor importancia, pues es uno de los rubros de exportación que contribuye con un 26.1% a la economía nacional. Este cultivo se encuentra bajo diferentes niveles: manejo tecnificado, semitecnificado y tradicional.

El cultivo del café considerado como sistema agroforestal café con sombra, se encontró bajo el nivel de manejo tradicional con aproximadamente 500 árboles/mz (730 árboles/ha) (Anexo 3).

Las especies presentes como árbol de sombra varían desde musáceas, frutales hasta maderable; los productos obtenidos, además, del grano del café son: frutos y leña. Todos estos productos no se obtienen bajo ningún plan de aprovechamiento si no más bien como beneficio indirecto obtenido del árbol.

Entre las especies maderables se encuentran: *Cordia alliodora*, *Simarouba glauca*, *Ficus* sp. como frutales se identificaron *Persea americana*, *Citrus* sp. y *Gliricidia sepium*, *Inga* sp. y otras leguminosas.

El café con sombra en relación a los sistemas cercas vivas y huertos caseros se presentó solamente en un 2.6%, pero dada la importancia del cultivo y el uso tradicional en la región; fue evaluado este SAF como tipo de uso de la tierra.

Además, las bajas en los rendimientos del cultivo: por encontrarse en muchos casos en áreas marginales, (como Santa Teresa, Cárdenas y cerca del Mombacho); y por sensibles variaciones climáticas, producto de la deforestación (por aparición de la roya en el café); indica la necesidad de determinar la aptitud de la tierra para la aplicación de este sistema.

En el anexo 3. Se presenta las especies utilizadas como sombra en los cafetales.

### Sistema Taungya

Los sistemas basados en plantaciones forestales asociados con rotaciones de cultivos temporales con la finalidad de producción de madera en su etapa final han sido descritos como sistemas Taungya (Fassbender, 1987).

Este sistema se encontró con menor frecuencia (1%); el agricultor lo practica en plantaciones de *Citrus* sp., *Persea americana*, aprovechando el espacio entre hileras para la siembra de *Phaseolus vulgaris*, *Manihot esculenta*, *Oriza sativa* entre otros cabe señalar que estos sistemas ocupan áreas muy pequeñas de 0.69 Ha, se practican principalmente en

los municipios de Diría y Diriomo en el departamento de Granada.

### 6.3 Unidades de tierras homogéneas

Como resultado de sobreponer los mapas temáticos de pendiente, profundidad, mapa geomorfológico y mapa de clasificación de subgrupos taxonómicos se determinó un total de 59 unidades de tierra, para los diferentes rangos de pendientes y profundidad, para la zona de estudio, la cual representa un 23% de la región IV.

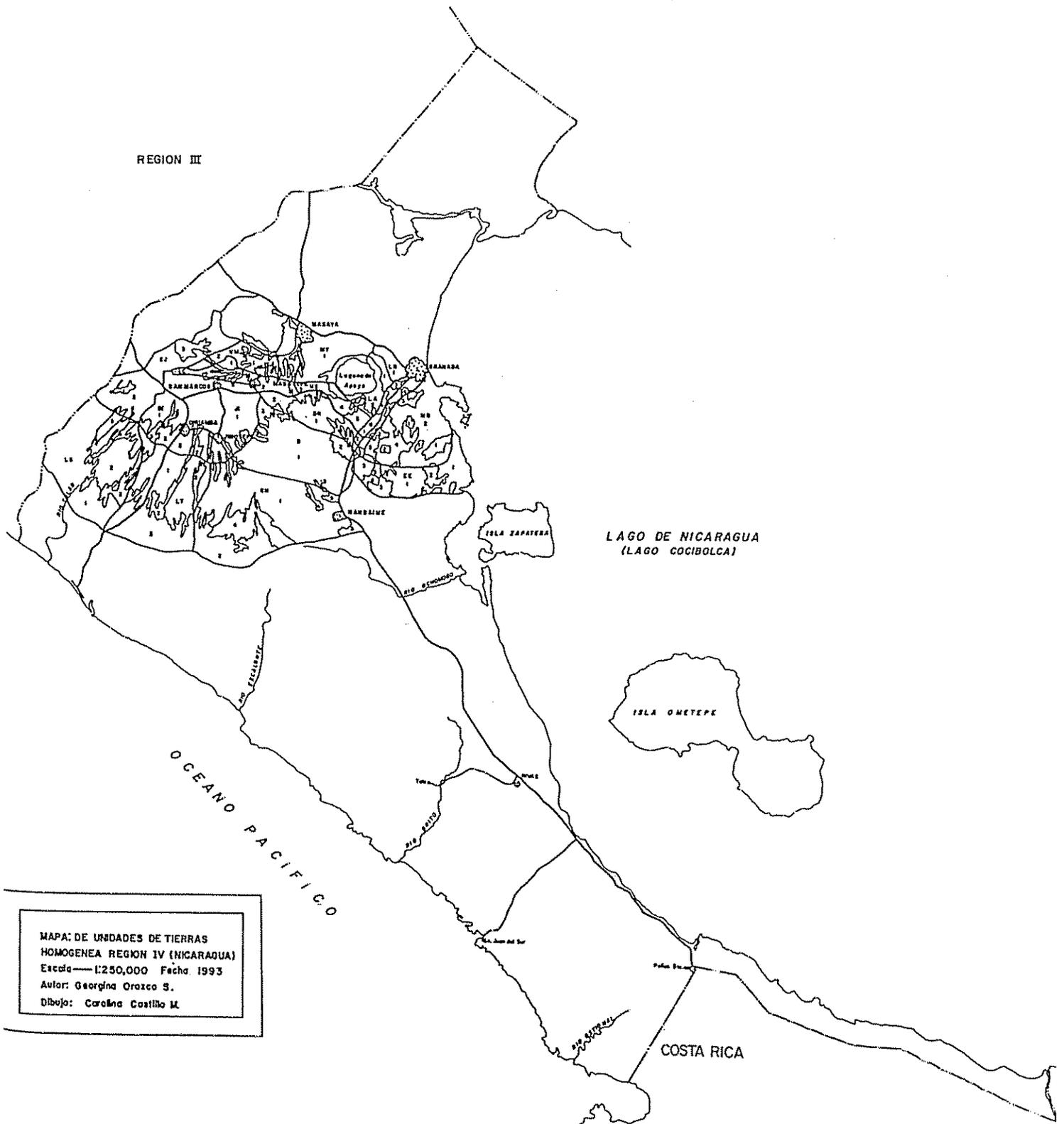
Sin embargo, para la base de datos del sistema de expertos se utilizaron 51 unidades de tierra para un área de 77217.85 ha (siendo está el 80% del área de la zona en estudio), ya que para el resto (ocho unidades) no se contaba con información de análisis químico y en algunos caso de información física como ocurre en las unidades de mapeo de la localidad Diría.

Las unidades definidas en el estudio se ubican en las unidades geomorfológicas 2Vj, 2Vf y 3Vo. Según, la leyenda del mapa geomorfológica escala 1:250000. Significa que las unidades se encuentran en terrenos intermedios (2) y alto (3); el origen material es volcánico (V) y la forma de la tierra es cuesta (j), plano (f) ó cono (o). Fueron determinadas a partir de criterios topográficos (pendientes) y propiedades del suelo como la profundidad, además de ser considerados los diferentes subgrupos taxonómicos de suelos.

La Figura 9, corresponde al mapa de unidades de tierras homogéneas. Cada unidad esta representada por un número y en la leyenda del mapa se describe la localidad, el subgrupo taxonómico, el orden del suelo y las características edáficas

(profundidad, textura, drenaje, pendiente, erosión y pedregosidad).

La descripción de las unidades de tierra homogéneas se realizaron de acuerdo a las características de los subgrupos taxonómicos (Figura 9), y corroboradas con las determinadas y observadas en el campo, las diferencias entre las unidades es debido al conjunto de valores que toman cada característica de la tierra por cambios en la topografía y profundidades.



MAPA DE UNIDADES DE TIERRAS  
 HOMOGENA REGION IV (NICARAGUA)  
 Escala—1:250,000 Fecha 1993  
 Autor: Georgina Orozco S.  
 Dibujo: Carolina Castillo M.

- Figura 9. Mapa de unidades de mapeo



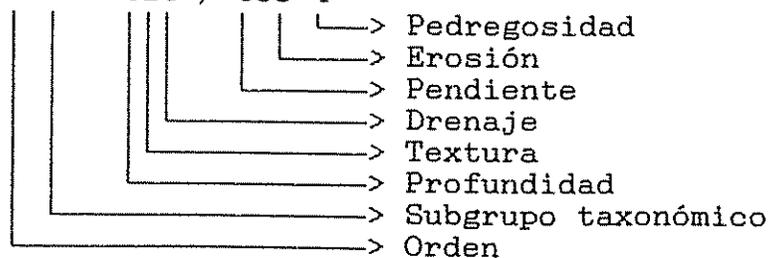
Leyenda. Mapa de unidades de tierra homogénea. Región IV,  
Nicaragua, 1992.

LOCALIDAD	UNIDAD DE MAPA	SUBGRUPO TAXONÓMICO	CLASES DE TIERRA
El Empalme (RE)	1	Lithic Ustorthents	Elu = 323 / Cee 4
	2	Mollic Vitrandepts	Imv = 323 / Cee 4
	3	Mollic Vitrandepts	Imv = 233 / Dee 3
	4	Udic Haplustolls	Muh = 243 / Cee 3
	5	Udic Argiustolls	Mua = 343 / Ce 3
	6	Typic Durandepts	ItD = 233 / Ce 3
Mombacho (MB)	1	Mollic Vitrandepts	Imv = 423 / Dee 4
	2	Lithic Ustorthents	Elu = 323 / Dee 4
	3	Typic Pellusterts	Vtp = 255 / Dee 2
	4	Mollic Vitrandepts	Imv = 333 / Dee 2
	5	Udic Argiustolls	Mua = 343 / De 2
Granada (G)	1	Typic Durandepts	ItD = 233 / Be 2
	2	Udic Argiustolls	Mua = 343 / Be 2
	3	Lithic Ustorthents	Elu = 333 / Be 4
	4	Typic Pellusterts	Vtp = 355 / Be 2
Diriomo (DR)	1	Udic Argiustolls	Mua = 343 / Be 2
	2	Typic Durandepts	ItD = 233 / Ce 1
	3	Typic Durandepts	ItD = 233 / Ce 1
Masatepe (MS)	1	Lithic Ustorthents	Elu = 3 / Ce 2
	2	Typic Durandepts	ItD = 3 / Ce 2
	3	Pachic Argiustolls	Mpa = 3 / Ce 2
	4	Udic Argiustolls	Mua = 3 / Ce 2
La Reforma (LR)	1	Udic Argiustolls	Mua = 243 / Be 1
Laguna de Apoyo (LA)	1	Udic Argiustolls	Mua = 333 / Be 2
	2	Lithic Ustorthents	Elu = 333 / Be 2
	3	Typic Durandepts	ItD = 233 / Be 2
	4	Udic Argiustolls	Mua = 343 / Be 2
Masaya (MY)	1	Udic Argiustolls	Mua = 243 / Ce 2
	2	Lithic Ustorthents	Elu = 233 / Be 2
La Concha (LC)	1	Typic Durandepts	ItD = 233 / Be 2
	2	Lithic Ustorthents	Elu = 223 / Be 2
Volcán Masaya (VM)	1	Lithic Ustorthents	Elu = 323 / Be 3
	2	Mollic Vitrandepts	Imv = 223 / Be 3

LOCALIDAD	UNIDAD DE MAPEO	SUBGRUPO TAXONOMICO	CLASES DE TIERRA
San Juan de la Concha (SJ)	1	Lithic Ustorthents	Klu = 323 / Dee 3
	2	Typic Durandepts	Itd = 233 / Dee 3
	3	Typic Durandepts + Duris Haplustolls	Itd = 253 / De 2
	4	Udic Haplustolls	Muh = 253 / Ce 2
Guanacaste (GN)	1	Udic Argiustolls	Mua = 243 / Be 3
	2	Udic Haplustalfs	Auh = 243 / Be 2
	3	Lithic Ustorthents	Klu = 243 / Be 3
	4	Udic Haplustolls	Muh = 253 / Be 2
	5	Typic Pellusterts	Vtp = 255 / Be 2
	6	Typic Durandepts	Itd = 233 / Be 2
Los Guerreros (LG)	1	Udic Haplustalfs	Auh = 443 / Ce 2
	2	Udic Haplustolls	Muh = 353 / Ce 3
	3	Lithic Ustorthents	Klu = 343 / Be 2
Diriamba (DI)	1	Typic Durandepts	Itd = 133 / Be 1
	2	Lithic Ustorthents	Klu = 233 / Ce 1
	3	Udic Haplustolls	Muh = 243 / Be 2
Jinotepe (JI)	1	Typic Durandepts	Itd = 133 / Be 1
	2	Typic Durostolls	Mtd = 143 / Be 1
	3	Lithic Ustorthents	Klu = 233 / Bee 3
Los Terreros (LT)	1	Udic Haplustolls	Muh = 353 / Bee 3
	2	Lithic Ustorthents	Klu = 343 / Bee 3
	3	Udic Haplustalfs	Auh = 343 / Cee 2
Diria (D)	1	Udic Haplustolls	
	2	Typic Durandepst	
	3	Lithic Ustorthents	
	4	Typic Durandepts	
TOTAL	59		

Ejemplo:

Elu = 323 / Cee 4



- 1- UDIC HAPLUSTOLLS (M1). Presentan una secuencia de horizontes A-B-C-R; tienen color pardo, poseen textura moderadamente fina (franco arcillo arenoso, franco arcilloso y franco arcillo limoso). La estructura es de bloques subangulares. El contenido de materia orgánica es de bajo a muy bajo (2-5% a < 2%), la reacción es muy ligeramente ácido (6.6-6.8), la capacidad de intercambio catiónico es alta (40.80). El drenaje es bueno.
- 2- UDIC ARGIUUSTOLL (M9). Poseen textura de moderadamente fina a fina; la estructura es de bloques subangulares; el contenido de materia orgánica es de medio a muy bajo; la reacción es medianamente a ligeramente ácido; el contenido de fósforo asimilable es bajo y el potasio es de alto a bajo. Son bien drenados.
- 3- PACHIC ARGIUUSTOLLS (M10). Presentan una textura moderadamente fina; la estructura es de granular a bloques subangulares; el contenido de materia orgánica es de alto a bajo ; la reacción es medianamente ácido; el contenido de fósforo asimilable es de alto a medio y el contenido de potasio asimilable es alto. Son suelos bien drenados.
- 4- MOLLIC VITRANDEPTS (I1). Son de textura media; la estructura es granular; el contenido de materia orgánica es de medio a muy bajo; la reacción es de ligeramente ácido a neutro; el contenido de fósforo es alto al igual que el potasio; son suelos de profundos a moderadamente profundos y bien drenados.
- 5- TYPIC DURANDEPTS (I3). Son suelos con textura medias; la estructura es de granular a bloques subangulares y masivo. El contenido de materia orgánica es de alto a bajo; la reacción es de medianamente ácido a neutro; el

contenido de fósforo asimilable es bajo y el potasio es de alto a bajo; con un buen drenaje.

- 6- TYPIC DURANDEPTS + TYPIC HAPLUSTALFS (I3M5). Poseen textura moderadamente fina; estructura granular a bloques subangulares; son suelos bien drenados y de relieve fuertemente ondulado.
- 7- TYPIC PELLUSTERTS (V1). Con textura moderadamente fina; estructura de bloques subangulares medias gruesas; el contenido de materia orgánica es de bajo a muy bajo; la reacción es muy ligeramente ácido; el contenido de fósforo es bajo y el potasio es de alto a medio. Con drenaje imperfecto.
- 8- UDIC HAPLUSTALFS (A1). Textura fina; la estructura es granular a bloques subangulares finos y muy finos. La materia orgánica es de baja a media y la reacción del suelo es fuertemente ácida a neutra; el contenido de fósforo es de medio a bajo y el de potasio es de alto a medio; con un buen drenaje.

#### 6.4 Sistema de experto

Se construyeron cinco modelos correspondientes a 5 tipos de uso de la tierra. Cada modelo de evaluación contiene una base de conocimientos y una base de datos para toda el área en estudio, la primera es obtenida de los expertos y revisión de literatura; permitiendo conformar un grupos de parámetros para evaluar las características, cualidades de la tierra, niveles de severidad para los diferentes requisitos de uso y árboles de decisión; para inferir y clasificar en clases de aptitud física y económica a las unidades de tierra.

La base de datos esta construidas por 51 unidades de mapeo, 14 característica de la tierra y 13 requisitos de uso (Cuadros 6, 7 y 8). Asimismo, se presentan los productos para cada tipo de uso de la tierra (Anexo 5); los insumos correspondientes al tipo de uso y al nivel tecnológico (Anexo 4).

Moncada, 1990 desarrolló un sistema de expertos considerando únicamente monocultivos, obteniendo resultados satisfactorios y recomienda desarrollar modelos que integren más de un cultivo (asociaciones, relevo etc.).

Con el sistema de expertos sé logró desarrollar modelos, además, de monocultivo (café), sistemas asociados, como café con sombra, obteniendo resultados satisfactorio. Esto indica que mediante la integración de conocimientos es posible predecir el comportamiento de los sistemas agroforestales. Por lo tanto, es factible mediante los sistemas de expertos integrar diferentes tipos de uso de la tierra para realizar el proceso de evaluación.

Sin embargo, se encontraron limitaciones en la definición y/o determinación de requisitos de uso de la tierra, en los tipos de uso café con sombra, resaltando la necesidad de contar con un grupo de expertos en las diferentes disciplinas, así como un mayor tiempo disponible entre el evaluador y el experto.

Referente a las características utilizadas para determinar las cualidades de la tierra, resultaron ser en su mayoría adecuadas. Sin embargo, el sistema de experto permité considerar otras características más específicas como: retención de humedad, consistencia del suelo, ó frecuencia de plagas y enfermedades, entre otras. Para el caso de los árboles características como altura, diámetro, patrón de sombra e índices de sitios etc.; en evaluaciones posteriores

a un nivel de detalle y/o utilizando otros sistema agroforestales como árbol-cultivo anual, árbol-pasto.

Se construyeron 250 árboles de decisión correspondientes a características de la tierra, requisitos de uso, aptitud física y rendimiento proporcional.

A manera de ejemplo se presenta un árbol de decisión construido para el requisito "riesgo de erosión", las características consideradas fueron erosión observada y pendiente, se observa como cada valor de la característica "erosión observada" es ubicado en los niveles de severidad del requisito "riesgo de erosión", determinando de esta manera la cualidad de la tierra. Esto se realiza para las diferentes clases de las características utilizadas.

Nivel de la cualidad	CMT,REr
<i>Pen (Pendiente del suelo)</i>	
<i>Pla (Plano) [0-4 %] &gt; EOs (Erosión Observada)</i>	
MuS (Muy Severa).....	: 4 (Alto)
Se (Severa).....	: 4 (Alto)
Fue (Fuerte).....	: 4 (Alto)
Mo (Moderada).....	: 3 (Medio)
Le (Leve).....	: 2 (Bajo)
?.....	: ?
<i>LiI (Ligeramente Inclinado) [4-15 %] &gt; EOs (Erosión Observada)</i>	
MuS (Muy Severa).....	: 5 (Muy Alto)
Se (Severa).....	: 4 (Alto)
Fue (Fuerte).....	: 4 (Alto)
Mo (Moderada).....	: 3 (Medio)
Le (Leve).....	: 3 (Medio)
?.....	: ?
<i>Inc (Inclinado) [15-30 %] &gt; EOs (Erosión Observada)</i>	
MuS (Muy Severa).....	: 5 (Muy Alto)
Se (Severa).....	: 5 (Muy Alto)
Fue (Fuerte).....	: 4 (Alto)
Mo (Moderada).....	: 4 (Alto)
Le (Leve).....	: 3 (Medio)
?.....	: ?
<i>Muy Inc (Muy Inclinado) [30-75 %] &gt; EOs (Erosión Observada)</i>	
MuS (Muy Severa).....	: 5 (Muy Alto)
Se (Severa).....	: 5 (Muy Alto)
Fue (Fuerte).....	: 5 (Muy Alto)
Mo (Moderada).....	: 4 (Alto)
Le (Leve).....	: 3 (Medio)
?.....	: ?
<i>Esc (Escarpado) [75-85 %] &gt; EOs (Erosión Observada)</i>	
MuS (Muy Severa).....	: 5 (Muy Alto)
Se (Severa).....	: 5 (Muy Alto)
Fue (Fuerte).....	: 5 (Muy Alto)
Mo (Moderada).....	: 4 (Alto)
Le (Leve).....	: 3 (Medio)
?.....	: ?
?.....	: ?

## 6.5 Evaluación física y económica

Se evaluó la aptitud física y económica en 51 unidades de tierra en 77218 Ha, de las 59 unidades de tierra de la zona de estudio, esto representa el 82% del área; para los siguientes tipos de uso de la tierra: café monocultivo semitecnificado (CMSt), café monocultivo tecnificado (CMT), café con sombra semitecnificado (CMSt), café monocultivo tradicional (CMTr) y plantación forestal (PLF).

La aptitud física es evaluada en 5 clases numeradas de muy aptas (1) a no aptas (5), a excepción del tipo de uso plantación forestal (PLF), para el cual fueron consideradas 3 clases: de muy aptas (1) a no aptas (3); la evaluación económica se expresa por margen bruto (\$/ha/año) para los tipos café monocultivo semitecnificado (CMSt) y café monocultivo tecnificado (CMT), con producciones anuales y por valor presente neto (\$/ha) para café con sombra (CSSt y CStr) y plantaciones forestales (PLF), usos de la tierra con producciones de 8 a 12 años.

Los resultados de la evaluación física para los tipos de uso de la tierra café monocultivo (CMSt y CMT) y café con sombra (CSSt y CStr), clasifican a las unidades de mapeo en clases de aptitud 3, 4, y 5. De un 63-68% de las 51 unidades son clasificadas como clase 4; del 33% al 25% corresponden a la clase 5 y un 4% a 7% son clase 3. Para el tipo de uso "plantación forestal" (PLF), las unidades de mapeo fueron clasificada como clase 1 (22%), 2 (66%) y 3 (12%). De acuerdo a los recursos físicos disponibles en el área, la mejor aptitud física de uso es para forestal, mientras los tipos de uso asociados al café se encuentran relativamente bajos.

En el cuadro 14 se presentan los resultados de la evaluación física de la unidades de tierra, para los diferentes tipos de uso asociados al café, y los factores limitantes en la aptitud; siendo la disponibilidad de fósforo

el factor más limitante. En un estudio sobre un levantamiento de suelos en la región pacífica de Nicaragua, también se encontraron contenidos de fósforo bajos (Catastro e Inventario de los Recursos Naturales y Desarrollo, 1971).

Esta limitante de fósforo puede ser corregida con aplicación de mulch, en este sentido el tipo de uso café con sombra presenta ser una ventaja en comparación con el café monocultivo, por la producción y utilización de los residuos vegetales como mulch.

Al comparar, café monocultivo con café con sombra se encontró similitud en cuanto a las clases de aptitud física, ambos, modelos se encuentran en la 3, 4, y 5. Sin embargo, el modelo café con sombra presentó un porcentaje mayor en el número de unidades clasificadas en clase 3 (7%) y en clase 4 (68%) atribuyéndose a la presencia del árbol. Por ejemplo, la unidad de tierra LG1 (Cuadro 14) es clase 4 limitada por condición de caminos (CCa), fósforo disponible (FoD), humedad del suelo (HSu) y riesgo de erosión (REr), para café monocultivo (CMT y CMSt); en cambio para café con sombra (CSSt y CStr) aunque son igualmente clasificadas no presenta limitaciones por riesgo de erosión; asumiendo reducción de riesgos de erosión, debido a la presencia del árbol, esto permite al evaluador disminuir los niveles de severidad de los requisitos de uso de la tierra, dados por las características modificable debida a la presencia del árbol, efecto parecido puede verse en la unidad MS3, donde pasa de clase 4 a 3; debido a la presencia del árbol en el asocio.

Al evaluar, el tipo de uso "café monocultivo semitecnificado" la evaluación física se presentó en clases de aptitud 3, 4 y 5 (Cuadro 14).



Cuadro 14. Aptitud física para los diferentes tipos de uso de la tierra, por unidad de mapeo, en el área seleccionada de la región IV, Nicaragua. <sup>92</sup>

Unidad de Mapeo	CMSt	CMT	CSSt	CSTr	PLF
DI1	4FoD	4FoD	4FoD	4FoD	2
DI2	5FoD	5FoD	5FoD	5FoD	2
DI3	4FoD	4FoD	4FoD	4FoD	2
DR1	4FoD/REr	4FoD/REr	4FoD	4FoD	2
DR2	4FoD/REr	4FoD/REr	4FoD	4FoD	2
DR3	4FoD/REr	4FoD/REr	4FoD	4FoD	2
RE1	5FoD/PoM	5FoD/PoM	5FoD/PoM	5FoD/PoM	2
RE2	5FoD/PoM	5FoD/PoM	5FoD/PoM	5FoD/PoM	1
RE3	5REr	5REr	4CCa/CRAC/PoM/REr	4CCa/CRAC/PoM/REr	2
RE4	4FoD/PoM/REr	4FoD/PoM/REr	4FoD/PoM	4FoD/PoM	2
RE5	4FoD/PoM/REr	4FoD/PoM/REr	4FoD/PoM	4FoD/PoM	2
RE6	4FoD/PoM/REr	4FoD/PoM/REr	4FoD/PoM	4FoD/PoM	2
GN1	4FoD	4FoD	4FoD	4FoD	2
GN2	4FoD	4FoD	4FoD	4FoD	2
GN3	4CLS/FoD	4CLS/FoD	4CLS/FoD	4CLS/FoD	1
GN4	5OSu	5OSu	5OSu	5OSu	2
GN5	4CCa/FoD	4CCa/FoD	4CCa/FoD	4CCa/FoD	1
GR1	4FoD	4FoD	4FoD	4FoD	2
GR2	4FoD	4FoD	4FoD	4FoD	2
GR3	4FoD	4FoD	4FoD	4FoD	2
GR4	4CLS/FoD	4CLS/FoD	4CLS/FoD	4CLS/FoD	1
J11	4FoD	4FoD	4FoD	4FoD	1
J12	5FoD	5FoD	5FoD	5FoD	2
LA1	3OSu/REr	3OSu/REr	3OSu	3OSu	2
LA2	4FoD	4FoD	4FoD	4FoD	2
LA3	4FoD	4FoD	4FoD	4FoD	2
LA4	4FoD	4FoD	4FoD	4FoD	2
LC1	4FoD	4FoD	4FoD	4FoD	2
LC2	4CCa/FoD	4CCa/FoD	4CCa/FoD	4CCa/FoD	1
LG1	4CCa/FoD/HSu/REr	4CCa/FoD/HSu/REr	4CCa/FoD/HSu	4CCa/FoD/HSu	3
LG2	4CCa/FoD/PoM/REr	4CCa/FoD/PoM/REr	4CCa/FoD/PoM	4CCa/FoD/PoM	2
LR1	3HSu/OSu/REr	3HSu/OSu/REr	3CRAC/HSu/OSu	3CRAC/OSu	2
LT1	5RTp	5RTp	5RTp	5RTp	3
LT2	5RTp	5RTp	5RTp	5RTp	3
MB1	5FoD/PoM/REr	5FoD/PoM/REr	5FoD/PoM	5FoD/PoM	3
MB2	5PoM/REr	5PoM/REr	5PoM	5PoM	1
MB3	5OSu/REr	5OSu/REr	5OSu	5OSu	3
MB4	5REr	5REr	4CCa/CRAC/REr	4CCa/CRAC/REr	2
MB5	4CCa/FoD/REr	4CCa/FoD/REr	4CCa/CRAC/FoD	4CCa/CRAC/FoD	2
MS1	4FoD/REr	4FoD/REr	4FoD	4FoD	2
MS2	4FoD/REr	4FoD/REr	4FoD	4FoD	2
MS3	4REr	4REr	3CRAC/FoD/HSu/OSu/PoM	3CRAC/FoD/OSu/PoM	2
MS4	4FoD/REr	4FoD/REr	4FoD	4FoD	2
MY1	5RTp	5RTp	5RTp	5RTp	2
MY2	5RTp	5RTp	5RTp	5RTp	2
SJ1	5REr	5REr	4CCa/FoD/PoM/REr	4CCa/FoD/PoM/REr	3
SJ2	5REr	5REr	4CCa/CRAC/FoD/PoM/REr	4CCa/CRAC/FoD/PoM/REr	2
SJ3	4CCa/CLS/FoD/REr	4CCa/CLS/FoD/REr	4CCa/CRAC/CLS/FoD	4CCa/CRAC/CLS/FoD	1
SJ4	5RTp	5RTp	5RTp	5RTp	1
VM1	4CCa/FoD	4CCa/FoD	4CCa/FoD	4CCa/FoD	1
VM2	4CCa	4CCa	4CCa	4CCa	1

De las 51 unidades, 32 unidades son clasificadas en la clase de aptitud 4 representando el 64% (49767 Ha) del área considerada para la evaluación de tierras (77218 Ha); siendo cualificada, principalmente, por limitaciones en la disponibilidad de fósforo y en algunos casos por riesgo de erosión. El 34% (26037 Ha) son clasificadas en clase 5 correspondiendo a 17 unidades de tierra; limitadas por requerimiento de temperatura y riesgo de erosión.

Solamente el 2% (1413.7 Ha) son clasificadas como clase 3, presentando limitaciones en las cualidades oxígeno del suelo y riesgo de erosión. Se presentaron resultados similares para el café monocultivo tecnificado (Cuadro 14). Las diferencias será expresada en la rentabilidad de cada uno de ellos por las diferencias en manejo.

Al evaluar, entre tipos de uso de café con sombra (CSSt y CStr), de las 51 unidades 35 (68%) son clasificadas clase 4; 13 unidades (25%) son clase 5 y el 7% restante se encuentran en clase 3. Aunque no existió diferencias muy marcadas, la ventaja de ambos modelos está en el aporte del árbol a las mejoras en aptitud física de algunas de las unidades de tierra, en el cuadro 14 se observa, en varias unidades de las clases 4 y 3, la presencia de la cualidad "aporte del árbol a la condición física" (CEAC) y "efecto de la sombra del árbol" (ESA) considerándose como factores favorables tanto como regulador de erosión como por el aporte del árbol a la estabilidad térmica y materia orgánica disponible.

En las unidades de mapeo con aptitud menor de 5, los resultados muestran mayor rendimiento para el producto grano de café en el monocultivo tecnificado (CMT) (1498 a 740 kg/ha)

94  
Cuadro 15. Rendimientos de café (kg/ha), leña (\* marca/ha), abono verde (kg/ha) y madera (m³/ha) para los diferentes tipos de uso de la tierra, por unidad de napeo.

UNIDAD DE MAPPO	CMSt Café	CMSt Leña	CMT Café	CMT Leña	CSSt AbV	CSSt Café	CSSt Leña	CSSt Madera	CSTr AbV	CSTr Café	CSTr Leña	CSTR Madera	PLF Madera
DI1	735.0	916.3	1348.2	916.3	8041.7	484.2	791.3	1486.2	8409.6	322.8	791.3	2510.9	6952.5
DI2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6566.3
DI3	735.0	916.3	1348.2	916.3	7639.6	460.0	791.3	1486.2	8064.0	306.7	791.3	2510.9	6566.3
Dr1	690.9	770.0	1192.8	770.0	7509.8	407.0	831.4	1314.9	7509.8	286.4	831.4	2221.4	6952.5
Dr2	708.0	770.0	1298.6	770.0	8409.6	506.4	837.9	1748.5	8409.6	337.6	837.9	2658.6	6952.5
Dr3	708.0	770.0	1298.6	770.0	8409.6	506.4	791.3	1651.3	8064.0	306.7	791.3	2510.9	6952.5
EE1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5253.0
EE2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6180.0
EE3	0.0	0.0	0.0	0.0	8409.6	379.0	665.0	1431.0	8409.6	253.2	665.0	2418.0	6952.5
EE4	694.2	770.0	1198.4	770.0	6790.8	408.9	791.3	1321.1	6790.8	272.6	791.3	2231.9	6952.5
EE5	690.9	770.0	1192.8	770.0	7509.8	407.0	831.4	1314.9	7509.8	286.4	831.4	2221.4	6952.5
EE6	708.0	770.0	1298.6	770.0	8409.6	506.4	791.3	1651.3	8064.0	306.7	791.3	2510.9	6952.5
GN1	694.2	916.3	1198.4	916.3	6790.8	408.9	791.3	1321.1	6790.8	272.6	791.3	2231.9	6566.3
GN2	653.4	862.4	1127.9	862.4	5382.1	324.1	744.8	1398.8	4709.4	216.1	744.8	2100.6	6566.3
GN3	694.2	916.3	1198.4	916.3	6790.8	408.9	791.3	1321.1	6790.8	272.6	791.3	2231.9	5253.0
GN4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5253.0
GN5	404.6	825.0	1484.1	825.0	8409.6	474.8	665.0	1636.0	8409.6	295.4	712.5	2510.9	6952.5
Gr1	816.7	916.3	1498.0	916.3	8409.6	511.1	791.3	1651.3	8064.0	306.7	791.3	2510.9	6952.5
Gr2	690.9	935.0	1192.8	935.0	7509.8	407.0	831.4	1314.9	7509.8	286.4	831.4	2221.4	6952.5
Gr3	661.5	870.5	1213.4	870.5	7639.6	414.0	751.8	1337.6	8064.0	291.4	751.8	2259.8	6952.5
Gr4	824.8	870.5	1078.6	870.5	6790.8	388.0	751.8	1189.0	6790.8	259.0	751.8	2008.7	5562.0
JI1	735.0	916.3	1348.2	916.3	7639.6	460.0	791.3	1486.2	8064.0	306.7	791.3	2510.9	8755.0
JI2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6566.3
LA1	778.3	935.0	1427.5	935.0	8409.6	487.1	855.0	1573.6	8409.6	342.8	855.0	2658.6	7725.0
LA2	661.5	870.5	1213.4	870.5	7639.6	414.0	751.8	1337.6	8064.0	291.4	751.8	2259.8	6952.5
LA3	816.7	916.3	1498.0	916.3	8409.6	511.1	791.3	1651.3	8064.0	306.7	791.3	2510.9	6952.5
LA4	690.9	935.0	1192.8	935.0	7509.8	407.0	831.4	1314.9	7509.8	286.4	831.4	2221.4	6952.5
LC1	778.3	935.0	1427.5	935.0	8409.6	512.7	837.9	1573.6	8409.6	341.8	837.9	2658.6	6952.5
LC2	404.6	825.0	1484.1	825.0	8409.6	474.8	665.0	1636.0	8409.6	295.4	712.5	2764.0	8755.0
LG1	404.6	770.0	740.2	770.0	4709.4	212.7	665.0	979.1	3532.0	170.2	670.3	1470.4	0.0
LG2	404.6	770.0	1213.4	770.0	7639.6	414.0	665.0	1337.6	8064.0	291.4	712.5	2259.8	6566.3
LR1	816.7	935.0	1409.9	935.0	7989.1	481.1	855.0	1554.2	7989.1	320.7	855.0	2625.8	7725.0
LT1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
LT2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MB1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MB2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5562.0
MB3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MB4	0.0	0.0	0.0	0.0	7639.6	379.8	665.0	1337.6	8409.6	253.2	665.0	2418.5	6952.5
MB5	404.6	770.0	1192.8	770.0	7509.8	379.8	665.0	1314.9	7509.8	253.2	712.5	2221.4	6952.5
Mb1	708.0	770.0	1268.9	770.0	7568.6	455.8	837.9	1398.8	7568.6	303.8	837.9	2363.2	6952.5
Mb2	708.0	770.0	1298.6	770.0	8409.6	506.4	791.3	1651.3	8409.6	322.8	791.3	2510.9	6952.5
Mb3	708.0	770.0	1298.6	770.0	7829.3	471.5	855.0	1523.1	7989.1	314.3	855.0	2573.3	7725.0
Mb4	708.0	770.0	1298.6	770.0	7509.8	452.2	855.0	1460.9	7509.8	301.5	855.0	2468.3	6952.5
My1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6952.5
My2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6952.5
SJ1	0.0	0.0	0.0	0.0	7639.6	414.0	665.0	1337.6	8064.0	291.4	665.0	2259.8	0.0
SJ2	0.0	0.0	0.0	0.0	8041.7	379.8	665.0	1431.5	8409.6	253.2	665.0	2418.5	6952.5
SJ3	404.6	770.0	1142.0	770.0	7568.6	379.8	665.0	1258.9	7568.6	253.2	712.5	2126.9	5562.0
SJ4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5562.0
VM1	404.6	825.0	1341.8	825.0	8448.5	457.9	665.0	1479.2	8917.9	295.4	712.5	2499.1	5562.0
VM2	404.6	825.0	1484.1	825.0	8514.7	474.8	665.0	1573.6	9586.9	295.4	712.5	2764.0	6180.0

\*Marca= 2 metros estéreos.

en comparación con el café monocultivo semitecnificado (CMSt) (816 a 404 kg/ha) (Cuadro 15); tales diferencias se atribuyen al nivel de tecnología aplicadas, específicamente, a la cantidad de insumos utilizados y al rendimiento potencial estimado para ambos usos de la tierra.

Dentro de los usos de la tierra café con sombra el semitecnificado (CSSt) obtiene mejores rendimientos (512 a 212 kg/ha) que el tradicional (CSTr) (342 a 170 kg/ha). Si se comparan los rendimientos entre café monocultivo y café con sombra, los tipos de uso sin sombra (CMT y CMSt) presentan los mejores rendimientos; en los usos con sombra no se expresa un aporte directo del árbol en los rendimientos del café, las diferencias son más bien debido al nivel de tecnología empleado y al rendimiento potencial estimado para cada tipo de uso. Sin embargo en los usos de la tierra con árboles (sombra), se presentan rendimientos de productos adicionales al grano de café, como: abono verde, leña y madera, influyendo posteriormente en las evaluaciones económicas.

En el cuadro 16 se presenta la evaluación económica expresada en margen bruto (\$/ha/año) y aptitud económica (clases) para los tipos de uso café monocultivo (CMSt y CMT).

Los límites definidos del margen bruto para la aptitud económicas fueron:  $S_1 = 1034.3$  \$/ha/año;  $S_2 = 827.4$  \$/ha/año y  $S_3 = 310$  \$/ha/año. La tasa de interés fue del 6%. Estos límites corresponden al 80%, 60% y 30% respectivamente, del margen bruto de utilidad (1293 \$/ha/año), correspondiente a la mejor condición de rendimiento.

Cuadro 16. Margen bruto anual (\$/ha/año) y Clases económica para los tipos de uso café monocultivo<sup>96</sup> tecnificado (CMT) y semitecnificado (CMSt), por unidad de mapeo.

Unidad de Mapeo	CMSt	CMSt	CMT	CMT
D11	371.4	s3	812.8	s3
D12	0.0	n2	0.0	n2
D13	371.4	s3	812.8	s3
DR1	289.1	n1	541.2	s3
DR2	318.1	s3	721.1	s3
DR3	318.1	s3	721.1	s3
EE1	0.0	n2	0.0	n2
EE2	0.0	n2	0.0	n2
EE3	0.0	n2	0.0	n2
EE4	294.6	n1	550.8	s3
EE5	289.1	n1	541.2	s3
EE6	318.1	s3	721.1	s3
GN1	302.0	n1	558.1	s3
GN2	229.8	n1	435.6	s3
GN3	302.0	n1	558.1	s3
GN4	0.0	n2	0.0	n2
GN5	-195.0	n1	1039.2	s1
GR1	510.2	s3	1067.4	s1
GR2	297.3	n1	549.5	s3
GR3	244.1	n1	581.3	s3
GR4	181.7	n1	352.1	s3
JI1	371.4	s3	812.8	s3
JI2	0.0	n2	0.0	n2
LA1	445.8	s3	948.5	s2
LA2	244.1	n1	581.3	s3
LA3	510.2	s3	1067.4	s1
LA4	297.3	n1	549.5	s3
LC1	445.8	s3	948.5	s2
LC2	-195.0	n1	1039.2	s1
LG1	-197.7	n1	-228.1	n1
LG2	-197.7	n1	576.3	s3
LR1	511.1	s3	918.6	s2
LT1	0.0	n2	0.0	n2
LT2	0.0	n2	0.0	n2
MB1	0.0	n2	0.0	n2
MB2	0.0	n2	0.0	n2
MB3	0.0	n2	0.0	n2
MB4	0.0	n2	0.0	n2
MB5	-197.7	n1	541.2	s3
MS1	318.1	s3	670.6	s3
MS2	318.1	s3	721.1	s3
MS3	318.1	s3	721.1	s3
MS4	318.1	s3	721.1	s3
MY1	0.0	n2	0.0	n2
MY2	0.0	n2	0.0	n2
SJ1	0.0	n2	0.0	n2
SJ2	0.0	n2	0.0	n2
SJ3	-197.7	n1	454.9	s3
SJ4	0.0	n2	0.0	n2
VM1	-195.0	n1	797.4	s3
VM2	-195.0	n1	1039.2	s1

En el cuadro 16 para el café monocultivo semitecnificado (CMSt) se observa menor rentabilidad (-197.74 a 511.14 \$/ha/año) en todas las unidades usadas, en comparación con el tipo de uso café monocultivo tecnificado (CMT) (352 a 1067.44 \$/ha/año). El 29% de las unidades de mapeo para el café monocultivo semitecnificado es económicamente clasificado como marginalmente aptas (S<sub>3</sub>) y el resto (71%) como no aptas. También se observan unidades de mapeo con valores del margen bruto negativo, por lo tanto, el tipo de uso de la tierra café monocultivo semitecnificado (CMSt) evaluado en esas unidades no es el adecuado.

Para el café monocultivo tecnificado (CMT) se presentan clases económicas que varían desde sumamente aptas (S<sub>1</sub>) hasta no aptas permanentemente (N<sub>2</sub>). El 16% de las unidades de mapeo son clasificadas como clase S<sub>1</sub> y S<sub>2</sub>. Debido al rendimiento máximo (1855 kg/ha) de este tipo de uso con mejor rentabilidad.

Se observa en la unidad de mapeo Laguna de Apoyo (LA3) clasificada en clase 4 para aptitud física (Cuadro 14), un cambio en las clases económicas (Cuadro 16) de marginalmente apta (S<sub>3</sub>) en café monocultivo semitecnificado (CMSt) a sumamente apta (S<sub>1</sub>) en café monocultivo tecnificado (CMT), debido a las diferencias en manejo, esta condición permite una expresión mayor en el rendimiento y mayor rentabilidad, debido a los márgenes logrados entre costos (insumos) e ingresos (producción).

Para los tipos de uso café con sombra (CSTr y CSSt) y plantación forestal (PLF), la evaluación económica, se expresa mediante el valor presente neto y la relación beneficio-costos (Cuadro 17). La tasa de interés utilizada para plantaciones forestales fue de 6% en un horizonte productivo de 8 años, en estos tres últimos tipos de uso de la tierra.

Cuadro 17. Valor presente neto (\$/ha), clase económica neta y relación beneficio-costo para el café con sombra <sup>98</sup>  
semitecnificado y tradicional y plantaciones forestales, por unidad de mapeo.

Unidad de mapeo	CSSt	CSTr	PLF	CSSt	CSTr	PLF	CSSt	CSTr	PLF
DI1	3646.7	4235.2	1677.1	s2	s1	s2	2.0	3.6	3.7
DI2	0.0	0.0	1549.7	n2	n2	s2	0.0	0.0	3.5
DI3	3663.7	4041.2	1549.7	s2	s2	s2	1.9	3.5	3.5
DR1	2786.2	3740.2	1677.1	s3	s2	s2	1.7	3.4	3.7
DR2	4052.9	4499.2	1677.1	s2	s1	s2	2.2	3.8	3.7
DR3	3962.0	4041.2	1677.1	s2	s2	s2	2.1	3.5	3.7
ER1	0.0	0.0	1116.4	n2	n2	s3	0.0	0.0	2.8
ER2	0.0	0.0	1422.2	n2	n2	s2	0.0	0.0	3.3
ER3	2393.7	3311.7	1677.1	s3	s2	s2	1.6	3.0	3.7
ER4	2709.8	3499.4	1677.1	s3	s2	s2	1.7	3.2	3.7
ER5	2786.2	3740.2	1677.1	s3	s2	s2	1.8	3.3	3.7
ER6	3962.0	4041.2	1677.1	s2	s2	s2	2.1	3.5	3.7
GN1	2709.8	3499.4	1549.7	s3	s2	s2	1.7	3.2	3.5
GN2	1886.8	2857.8	1549.7	s3	s3	s2	1.5	2.6	3.5
GN3	2709.8	3499.4	1116.4	s3	s2	s3	1.7	3.2	2.8
GN4	0.0	0.0	1116.4	n2	n2	s3	0.0	0.0	2.8
GN5	3465.7	3847.7	1677.1	s2	s2	s2	1.9	3.4	3.7
GR1	4012.1	4041.2	1677.1	s2	s2	s2	2.0	3.5	3.7
GR2	2786.2	3740.2	1677.1	s3	s2	s2	1.8	3.3	3.7
GR3	2778.2	3744.6	1677.1	s3	s2	s2	1.8	3.3	3.7
GR4	2184.0	3230.3	1218.3	s3	s2	s3	1.6	3.0	2.9
J11	3363.7	4041.2	2271.8	s2	s2	s1	1.9	3.5	4.6
J12	0.0	0.0	1549.7	n2	n2	s2	0.0	0.0	3.5
LA1	3810.7	4575.0	1932.0	s2	s1	s1	2.0	3.8	4.1
LA2	2778.2	3744.6	1677.1	s3	s2	s2	1.8	3.4	3.7
LA3	4012.1	4041.2	1677.1	s2	s2	s2	2.1	3.5	3.7
LA4	2786.2	3740.2	1677.1	s3	s2	s2	1.7	3.4	3.7
LC1	4060.2	4543.8	1677.1	s1	s1	s2	2.2	3.8	3.7
LC2	3465.7	3933.9	2271.8	s2	s2	s1	1.9	3.4	4.6
LG1	222.7	1785.4	0.0	n1	s3	n2	1.0	2.1	0.0
LG2	2670.4	3695.8	1549.7	s3	s2	s2	1.7	3.3	3.5
LR1	3711.9	4302.4	1932.0	s2	s1	s1	2.0	3.7	4.1
LT1	0.0	0.0	0.0	n2	n2	n2	0.0	0.0	0.0
LT2	0.0	0.0	0.0	n2	n2	n2	0.0	0.0	0.0
MB1	0.0	0.0	0.0	n2	n2	n2	0.0	0.0	0.0
MB2	0.0	0.0	1218.3	n2	n2	s3	0.0	0.0	2.9
MB3	0.0	0.0	0.0	n2	n2	n2	0.0	0.0	0.0
MB4	2309.1	3311.7	1677.1	s3	s2	s2	1.6	3.0	3.7
MB5	2292.5	3242.1	1677.1	s3	s2	s2	1.6	3.0	3.7
MS1	3341.7	3984.8	1677.1	s2	s2	s2	1.9	3.5	3.7
MS2	3962.0	4235.2	1677.1	s2	s1	s2	2.1	3.6	3.7
MS3	3588.8	4216.8	1932.0	s2	s1	s1	2.0	3.6	4.1
MS4	3342.7	4012.8	1677.1	s2	s2	s2	1.9	3.5	3.7
MY1	0.0	0.0	1677.1	n2	n2	s2	0.0	0.0	3.7
MY2	0.0	0.0	1677.1	n2	n2	s2	0.0	0.0	3.7
SJ1	2670.4	3636.8	0.0	s3	s2	n2	1.7	3.2	0.0
SJ2	2368.6	3311.7	1677.1	s3	s2	s2	1.6	3.0	3.7
SJ3	2277.5	3213.9	1218.3	s3	s2	s3	1.6	3.0	2.9
SJ4	0.0	0.0	1218.3	n2	n2	s3	0.0	0.0	2.9
VH1	3236.7	3878.4	1218.3	s2	s2	s3	1.9	3.4	2.9
VH2	3451.7	4014.3	1422.2	s2	s2	s2	1.9	3.5	3.3

En la evaluación del tipo de uso de la tierra "Plantación forestal", se aprovechan las ventajas del sistema automatizado de evaluación de tierras (ALES), en el módulo "modelos", donde están previstas: listas de requisitos y características, rendimientos de la especie, ciclos de producción, costos de establecimientos, manejo y aprovechamiento, precios y productos, mediante los cuales el evaluador puede obtener resultados satisfactorios en la evaluación física y económica. Según, Alfaro (1990), estas condiciones son necesarias para evaluar la rentabilidad de la inversión en plantaciones forestales.

Los resultados del cuadro 17 muestran para el café con sombra tradicional (CSTr) mayor rentabilidad que los otros tipos de uso, con valor presente neto (VPN) de 1785 \$/ha a 4575 \$/ha. La aptitud económica para éste sistema se presenta desde clases no aptas permanentemente hasta sumamente aptas. El 74% de las unidades resultan ser aptas económicamente, esto se debe a las diferencias de los costos incurridos en comparación a los otros tipos de uso de la tierra.

Para mostrar las variaciones del VPN en los usos de la tierra de café con sombra se toman unidades de mapeo representativas; la Figura 10 corresponde a la unidad Diriamba 1 (DI1) para el tipo de uso "café con sombra tradicional" donde se observa el comportamiento del valor presente neto durante ocho años, de acuerdo a los gastos realizados y productos obtenidos anualmente y valores anuales netos al VPN. Se observa, disminución en el VPN en los tres primeros años, incrementándose en el cuarto año, ya que para ese año además de los ingresos por grano de café, leña y abono verde, fue considerado el ingreso por madera debido a la cosecha de los árboles de sombra. Al final del período el VPN de 4235 \$/ha, con una relación beneficio-costos de 3.6 (Cuadro 17); considerándose por lo tanto, como el tipo de uso más rentable para esta unidad de tierra.



Resultados similares, en cuanto al comportamiento del valor presente neto, se presentan en la unidad LA1 (Laguna de Apoyo 1) (Figura 11). Sin embargo, el VPN para esta unidad fue mayor (4575 \$/ha) y la relación beneficio-costos de 3.8 (Cuadro 17), esto se debe a los rendimientos obtenidos en leña (855 m<sup>3</sup>/ha) y madera (2658 m<sup>3</sup>/ha) (Cuadro 15).

Al evaluar el tipo de uso café con sombra semitecnificado (CSSt), se reportaron valores del VPN de 222 \$/ha hasta 4060 \$/ha, resultando ser menos rentable del café con sombra tradicional (CSTr). Solamente el 2% de las unidades son clasificadas en la clase sumamente aptas (S<sub>1</sub>), el 72% se clasifican en clases de moderadamente aptas (S<sub>2</sub>) a marginalmente aptas (S<sub>3</sub>) y el resto (26%) son clasificadas como no aptas.

En la Figura 12 se presenta las variaciones del VPN durante ocho años para el tipo de uso de la tierra café con sombra semitecnificado (CSSt) en la unidad de mapeo Diriomo 2, como un ejemplo representativo, de aquellas unidades de mapeo con una relación beneficio-costos mayor de 2, en donde se observa tendencias similares del VPN a los del café con sombra tradicional (CSTr), obteniéndose al final de los ocho años un VPN de 4052 \$/ha y una relación beneficio-costos de (2.2). Sin embargo, al evaluar y comparar con tipo de uso café monocultivo tradicional (CSTr) con 3.8 de beneficio-costos, resulta ser menos rentable para esta unidad de mapeo (Cuadro 17).

Como ejemplo, de unidades con una relación beneficio-costos menores de 2 para el tipo de uso café con sombra semitecnificado (CSSt), se presenta en la Figura 13 las variaciones del VPN en la unidad de mapeo Los Guerreros (LG1), observándose un comportamiento totalmente diferente al anterior (Figura 12), esto se debe a limitaciones debido a la calidad condición de caminos en la unidad (Cuadro 14),

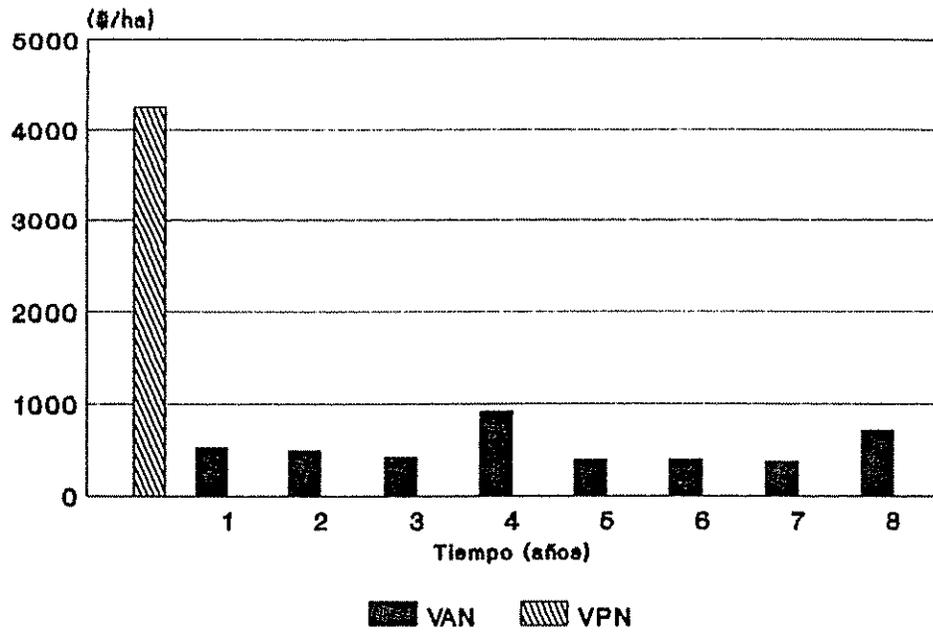


Figura 10. Valor presente neto para el tipo de uso Café con Sombra Tradicional (CSTr) en la unidad de mapeo Dirlamba 1.

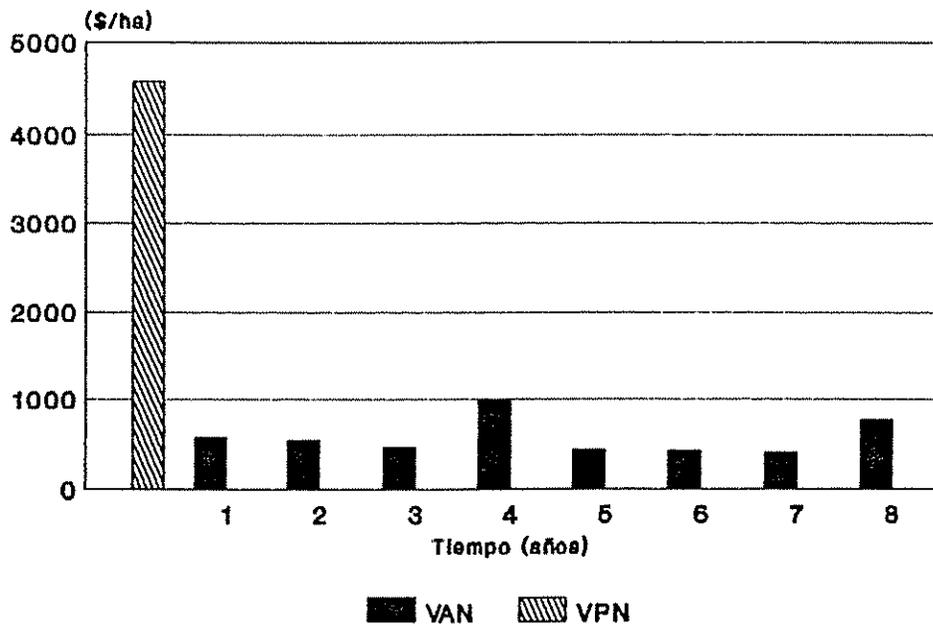


Figura 11. Valor presente neto para el tipo de uso Café con Sombra Tradicional (CSTr) en la unidad de mapeo Laguna de Apoyo 1.

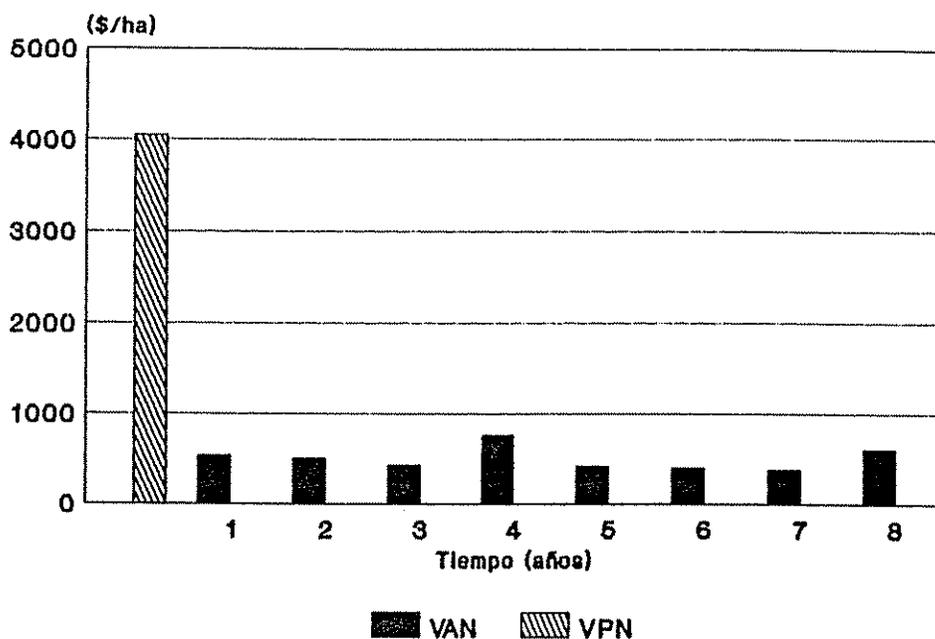


Figura 12. Valor presente neto para el tipo de uso Café con Sombra Semi-Tecnificado (CSSt) en la unidad de mapeo Diríomo 2.

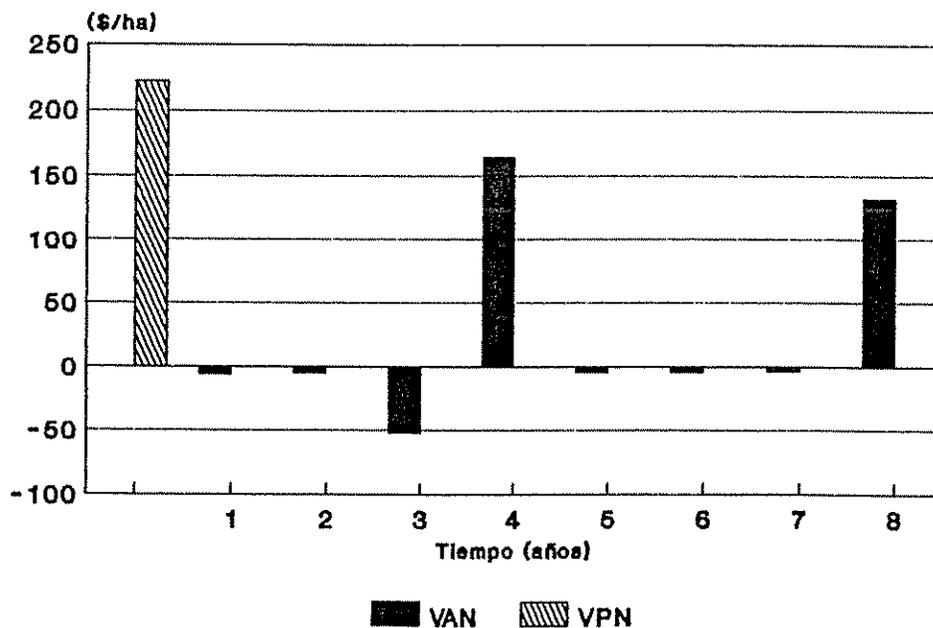


Figura 13. Valor presente neto para el tipo de uso Café con Sombra Semi-Tecnificado (CSSt) en la unidad de mapeo Los Guerreros 1.

incurriendo en mayores gastos al momento del aprovechamiento. Resultando un valor de VPN de 222 \$/ha y una relación beneficio-costo de 1.

El tipo de uso de la tierra, plantación forestal resultó ser el menos rentable de los tres con valores de VPN de 1116.45 \$/ha a 2271 \$/ha, sin embargo, éste uso de la tierra fue clasificado con un 66% en clases de aptitud física apta.

Los límites utilizados en cada clase económica, para cada tipo de uso de la tierra difieren entre sí. Los límites fueron calculados tomando el valor del VPN de unidades de mapeo con limitaciones en el rendimiento de 20 % (0.8) para el límite inferior de la primera clase ( $S_1$ ), similar criterio para las otras clases ( $S_2$ ,  $S_3$ ), considerando límites de rendimiento del 40 y 70% (0.6 y 0.3).

Esto se realizó para cada tipo de uso. Por lo tanto, las diferencias entre clases de aptitud económica, es la razón por la cuál esté sistema resulto ser menos rentable.

En la Figura 14, al inicio, en los tres primeros años, por falta de producción de madera se presentan pérdidas por actividades de manejo (fertilización, mano de obra para la fertilización, podas de formación etc) ocasionando gastos e intereses al capital invertido, sin obtener todavía ingresos pues, el producto se obtiene al 5 y 8 año. Sin embargo, el valor presente neto fue de 1677 \$/ha, con una relación de beneficio costo de 3.7 (Cuadro 17).

Resultados similares se presentan para la unidad El Empalme 1 (EE1) (Figura 15) con un VPN de 1116 \$/ha, y la relación beneficio-costo de (2.8). La diferencia en el valor presente neto con respecto al anterior es en los costos incurridos para el aprovechamiento. Sin embargo, el tipo de uso de la tierra plantación forestal (PLF) resulta ser el más rentable más rentable para esta unidad de tierra (Cuadro 17).

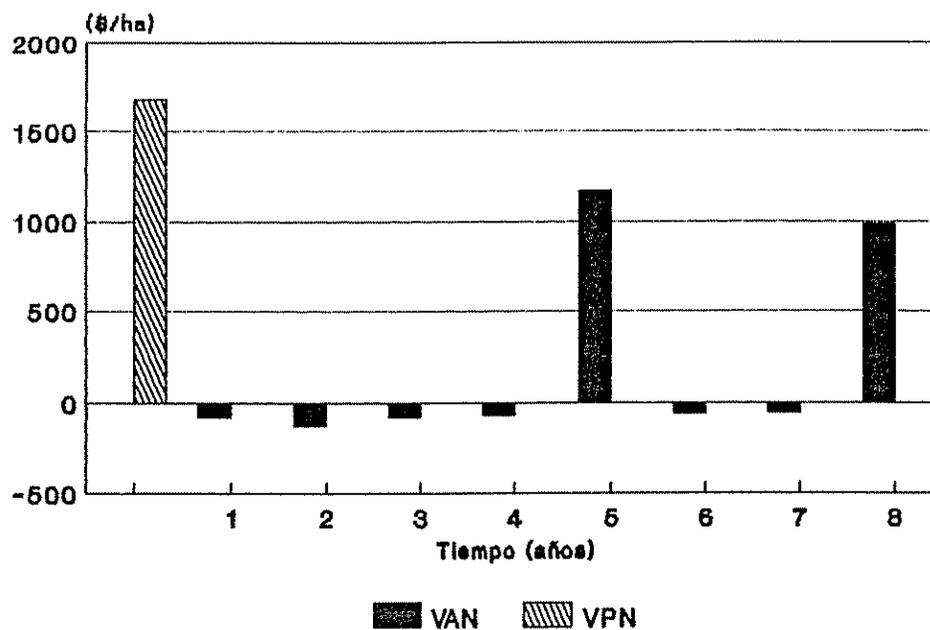


Figura 14. Valor presente neto para el tipo de uso Plantación Forestal (PLF) en la unidad de mapeo Dirlamba 1.

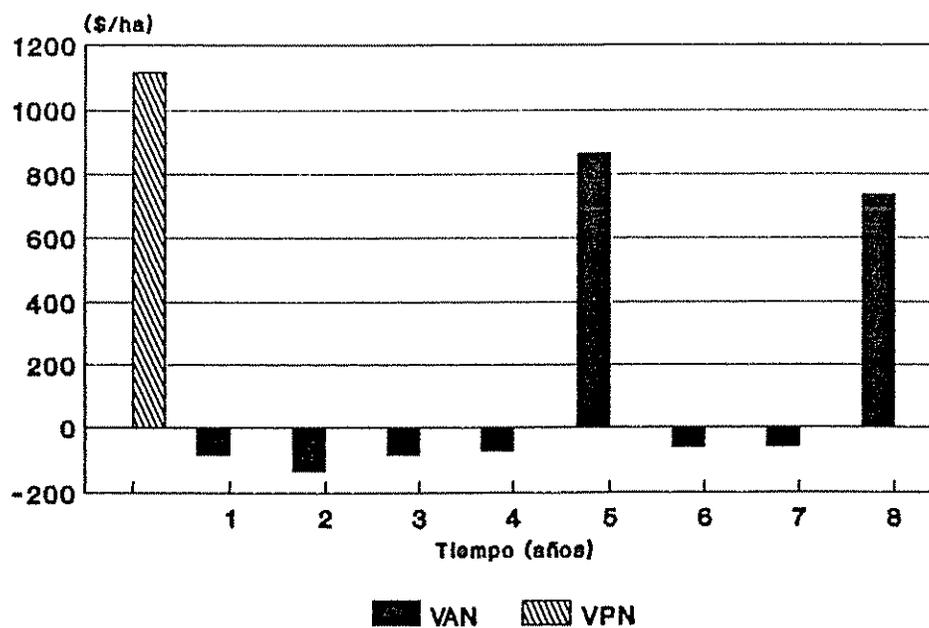


Figura 15. Valor presente neto para el tipo de uso Plantación Forestal (PLF) en la unidad de mapeo El Empalme 1.

Considerando las superficies de tierra representada por cada unidad de mapeo en el área estudiada, el tipo de uso con mayor ingreso neto y consecuentemente más rentable para las unidades de mapeo con clases de aptitud 3 y 4 resultó ser el café monocultivo tradicional cuyo valores van de \$206,461 a \$35,169,669.8 (Cuadro 18), para un total de 55580 has, esto representa el 74% de la unidades de mapeo y el 72 % del área en estudio.

En los cuadros 14, 16 y 17 indican que al evaluar determinada unidad de mapeo puede ser apta físicamente pero no apta económicamente, como se encontró en algunas unidades del tipo de uso plantación forestal. Esto puede deberse a los costos de producción.

El análisis comparativo de la aptitud física (cuadro 14) con los resultados económicos de margen bruto (cuadro 16) y valor presente neto (cuadro 17), para todas la unidades de mapeo y los tipos de uso de la tierra estudiados, permite una clara interpretación del uso racional de los recursos desde un punto de vista físico y económico. Además, el uso del modelo ALES, permite realizar continuas evaluaciones ante posibles modificaciones en insumos, precios, producción y manejo, con posibilidad de comparar y seleccionar las mejores opciones para el uso de la tierra, tanto desde del punto de vista regional (planificación), como a nivel de unidad de producción, dependiendo del nivel de información.

El Modelo para evaluación de tierras en la Región IV de Nicaragua para tipos de uso de tierra con café y plantaciones forestales, con el ALES, permitirá a los usuarios actualizar y mejorar continuamente el modelo inicial para tomar decisiones cada vez mas adecuadas.

Cuadro 18. Rendimiento potencial (\$/unidad de mapeo) para los diferentes tipos de usos de la tierra por la superficie total de las unidades de mapeo en el área de estudio. 106

Unidad de Mapeo	AREA (Ha)	CMSt	CMT	CSSt	CSTr	PLF
DI1	1680.2	623990.7	1365665.5	6127269.4	7116033.4	2817947.4
DI2	226.4	0.0	0.0	0.0	0.0	350854.3
DI3	1001.8	372042.2	814251.1	3369754.7	4048504.2	1552499.5
DR1	2506.8	724677.3	1356751.9	6984546.4	9376159.0	4204279.6
DR2	688.9	219111.5	496765.8	2792070.4	3099554.0	1155388.6
DR3	892.0	283712.7	643228.4	3534130.8	3604777.2	1496017.8
RE1	3873.6	0.0	0.0	0.0	0.0	4324680.7
RE2	519.0	0.0	0.0	0.0	0.0	738163.3
RE3	968.1	0.0	0.0	2317379.7	3206095.5	1623648.9
RE4	257.1	75737.6	141588.6	696707.6	899708.6	431195.3
RE5	171.2	49481.8	92640.6	477004.3	640337.6	287128.1
RE6	631.6	200902.6	455482.8	2502418.1	2552440.9	1059287.9
GN1	10050.2	3034845.8	5609195.3	27234735.5	35170172.4	15574895.4
GN2	3663.5	841973.0	1595729.9	6179884.9	9736886.9	5677362.6
GN3	2924.8	883143.4	1632389.4	7925827.8	10235191.4	3265393.0
GN4	523.8	0.0	0.0	0.0	0.0	584796.5
GN5	356.9	-69582.2	370845.7	1236926.2	1373254.8	598574.8
GR1	601.6	306947.4	642182.6	2413715.5	2431204.0	1008973.4
GR2	444.4	132121.6	244182.5	1238205.1	1662184.9	745325.5
GR3	867.1	211683.8	504054.0	2409046.6	3246986.0	1454256.8
GR4	63.9	11609.3	22502.7	139558.9	206421.3	77855.1
JI1	1535.0	570056.7	1247625.4	5163279.5	6203288.1	3487243.7
JI2	1046.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1622236.4
LA1	437.7	195131.0	415171.6	1667982.8	2002512.5	845640.8
LA2	1136.3	277388.7	660508.2	3156959.6	4255045.8	1905745.5
LA3	149.2	76118.2	159251.4	598614.3	602951.5	250230.8
LA4	94.8	28175.0	52067.8	264135.6	354579.5	158993.8
LC1	660.5	294479.8	626551.5	2681768.7	3001206.3	1107757.6
LC2	514.9	-100404.3	535115.2	1784514.7	2025590.9	1169760.1
LG1	8574.2	-1695458.4	-1956113.4	1909903.1	15309148.4	0.0
LG2	4023.5	-795612.8	2318639.6	10744716.5	14870332.9	6235258.2
LR1	976.0	498877.8	896533.5	3622892.5	4199171.7	1885641.8
LT1	1845.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
LT2	3913.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MB1	847.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MB2	4878.6	0.0	0.0	0.0	0.0	5944037.5
MB3	293.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MB4	1885.5	0.0	0.0	4353902.3	6244285.8	3162266.3
MB5	376.8	-74510.4	203937.1	863825.3	1221642.1	631950.1
MS1	604.8	192311.8	405495.8	2020446.2	2409222.2	1014004.9
MS2	845.8	269002.4	609877.5	3351059.6	3582132.2	1418491.2
MS3	708.1	225208.7	510589.3	2541293.0	2985923.2	1368056.3
MS4	487.5	155054.2	351536.2	1629585.8	1956264.4	817610.6
MY1	3490.3	0.0	0.0	0.0	0.0	5853756.6
MY2	152.0	0.0	0.0	0.0	0.0	254926.8
SJ1	367.3	0.0	0.0	980871.0	1335818.7	0.0
SJ2	1179.0	0.0	0.0	2792591.2	3904541.5	1977359.9
SJ3	702.4	-138896.5	319551.9	1599723.0	2257492.5	855797.1
SJ4	27.4	0.0	0.0	0.0	0.0	33383.9
VH1	1727.6	-336868.6	1377656.0	5591878.4	6700375.7	2104890.6
VH2	824.0	-160669.8	856306.9	2844200.8	3307857.4	1171958.7

## 7. CONCLUSIONES

- 1- Los sistemas agroforestales tradicionales identificados en la región IV de Nicaragua corresponden a sistemas agroforestales del tipo simultaneos como: huertos caseros, cercas vivas y café con sombra.
- 2- De acuerdo a los sistemas agroforestales identificados el sistema con mayor potencial para el área en estudio, resulto ser el café con sombra.
- 3- Se desarrollaron modelos agroforestales para evaluación de tierras para los tipos de uso "café con sombra tecnificado", "café con sombra semitecnificado" "café monocultivo" y "plantación forestal".
- 4- De los tipos de uso evaluados en un área de la Región IV de Nicaragua, el más rentable fue el café con sombra tradicional, en 55580 ha, representando el 72% del área en estudio y el 74% de las unidades de mapeo, con un ingreso total anual de \$187,335,298. Sin embargo, el manejo en los sistemas café con sombra pueden ser mejorados para aumentar los beneficios netos.



- 5- Para los tipos de uso de la tierra café monocultivo tecnificado y semitecnificado se obtuvieron los mayores rendimientos en grano de café, sin embargo, resultaron ser los menos rentables, debido a los altos costos de producción.
- 6 Para los tipos de uso café monocultivo (CMSt y CMT) y café con sombra (CSSt y CStr), las unidades de mapeo se clasificaron como clases 3, 4 y 5. Para el tipo de uso plantación forestal (PLF), las unidades se clasificaron como clases 1, 2 y 3.
- 7 El sistema de experto construido con ALES permitió realizar evaluaciones, de tipos de uso de la tierra en monocultivo y asociados, efectuando comparaciones entre las unidades de mapeo y los tipos de utilización de tierra estudiadas, con el fin de racionalizar el uso de los recursos físicos con ventajas económicas.

## 8. RECOMENDACIONES

- 1.- Estructurar una base de datos para características físicas, biológicas y económicas, para permitir la construcción rápida de modelos de expertos para evaluación de tierras.
- 2.- Validar el modelo agroforestal, con información de campo, a nivel experimental y de los agricultores.
- 3.- Utilizando el prototipo agroforestal, mejorar su nivel de precisión, incorporando información en la base de datos con una escala más detallada.

## 9. BIBLIOGRAFIA

- ALFARO, M.A. 1990. Estudio de caso sobre la rentabilidad y uso óptimo de recursos en plantaciones forestales en Costa Rica. Tesis Mag. Sc., Turrialba, C.R., CATIE. 181 p.
- ALPIZAR, L. et al. 1985. Sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica*) con laurel (*Cordia alliodora*) y café con poró (*Erythrina poeppigiana*) en Turrialba, C.R. 35(3):233-242 p.
- ALVIM, P. 1959. Recientes progresos en nuestro conocimiento del árbol del café. 1. Fisiología. In. Progresos en la técnica de la producción de café. Traducción de la edición especial de *Coffea and Tea Industries and the flavor field*. Nº11. Vol. 81:11-23 pp.
- ARZE, J.A. 1989. Desarrollo de modelos para transferencia de agrotecnología en el Altiplano Peruano. Turrialba, C.R., CATIE. 66 p.
- 1991. Apuntes de clase del curso: Dinámica de sistemas de producción. Turrialba, C.R., CATIE.
- BANCO NACIONAL DE DESARROLLO. 1992. Costos de producción del rubro café. Ciclo 91-92. Granada, Nicaragua. 9p.
- BEER, J. 1987. Ventajas, desventajas y características deseables de los árboles de sombra para café, cacao y té. Turrialba, C.R., CATIE. 17 p.
- BEER, J. 1988. Litter production and nutrient cycling in coffee (*Coffea arabica*) or cacao (*Theobroma cacao*) plantations with shade trees. *Agroforestry Systems*. V. 7(2). 103-114 pp.
- C C T. 1985. Sistema para la determinación de la capacidad de uso de la tierra. San José, C.R., 48 p.
- CAMPOS, C.F. 1982. El cultivo del café. San José, C.R., Universidad estatal a distancia. 79 p. Serie:Cultivos Mayores. Nº5.
- CANNELL, M.G. 1976. Crop physiological aspects of coffee bean yield; a review. *Kenya coffee* (Kenya) 41 (484):245-253 pp.
- CARVAJAL, J.F. 1984. Cafeto-cultivo y fertilización. Berna, Instituto Internacional de la Potasa. Segunda edición. 254 p.

- CASTILLO, A.E. 1988. Investigación físico biológica y validación de un modelo de crecimiento desarrollo y rendimiento del maíz (*Zea mays* L.) en Nicaragua. Tesis Mag. Sc., Turrialba, C.R., CATIE. 171 p.
- CATASTRO E INVENTARIO DE RECURSOS NATURALES. 1971. Levantamiento de suelos de la región pacífica de Nicaragua. Parte 2. Descripción de suelos. Volumen I. MAG, Managua, Nicaragua. 591 p.
- 1972. Fotomapas de series y clases de capacidad de uso del suelo.
- CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL Y DE ENSEÑANZA. 1986. Silvicultura de especies promisorias para producción de leña en América central: resultados de cinco años de investigación. CATIE. Depto. de Recursos Naturales Renovables. Turrialba, C.R., CATIE. 220 p. (Serie técnica. Boletín técnico Nº86).
- 1989. Avances en la investigación agroforestal. Eds. Beer, J.W.; Fassbender, H.W.; Heuveldop, J. Turrialba, C.R., CATIE 441 p. (Serie técnica. Informe técnico/CATIE; No 147).
- 1991. Madero negro (*Gliricidia sepium* (Jacquin) Kunth ex Walpers) árbol de uso múltiple en América Central. CATIE. Turrialba, C.R., CATIE 79 p. (Serie técnica. Boletín técnico Nº 180).
- COMBE, J. Y BUDOWSKI, G. 1979. Clasificación de las técnicas agroforestales: una revisión de literatura. In. CATIE: Taller sistemas agroforestales en América Latina. Actas editado por G. de las Salas. Turrialba, C.R. 226 p.
- COMISION NACIONAL DEL CAFE. 1991. Informe del manejo del cultivo de café en la región IV. Managua, Nicaragua 3p.
- 1992. Informe de producción ciclo 1991/1992. Managua, Nicaragua. 6p.
- CHAVARRIA, R. 1987. Los huertos familiares en Nicaragua: Estudio de Caso. IRENA/Proyecto Leña. Managua, Nicaragua 14p.
- DE LEON, ARNOLDO. 1988. Uso actual de la tierra y la aptitud de la tierra con respecto a los sistemas agroforestales en la cuenca del río Gardi Dummat, Kuna Yala, Panamá. Tesis Mag. Sc., Turrialba, C.R. CATIE.

- HART, R. 1979. El papel de los modelos en la investigación y desarrollo agrícola. In. Curso sobre control integrado de plagas en sistemas de producción de cultivos para pequeños agricultores. Turrialba, C.R. CATIE/USAID-OIRSA. 1:86-96.
- HART, R.D. 1985. Conceptos básicos sobre agroecosistemas. Turrialba, C.R., CATIE. 159 p.
- HEUVELDOP, J. Y LAGEMANUN, J. eds. 1984. Agroforestería, actas del seminario realizado en CATIE, Turrialba, C.R.
- HUGHES, C. 1987. Ensayo internacional de procedencias de *Gliricidia sepium*; Procedimiento de ensayos. Instituto Forestal de Oxford. 57 p.
- HUNTER, J.R. 1959. Límites climáticos del cacao, café y hule. Turrialba. C.R., IICA. 9 p.
- ICAFE-MAG 1989. Manual de recomendaciones para el cultivo del café. Programa cooperativo ICAFE-MAG. San José, C.R.
- INTERNATIONAL TRADE DIVISION THE WORLD BANK. 1992. Nicaragua:Coffee subsector study main report. Washington. D.C. 72 p.
- JIMENEZ, J.C. 1991. Inventario de sistemas agroforestales tradicionales en fincas pequeñas de Masaya, Carazo, Nicaragua. Tesis. Escuela de Ciencias Forestales. UNA. Managua, Nicaragua. 44p.
- JORGE, P.S. 1992. Sistemas de expertos para el manejo del cultivo del plátano (*Musa AAB*): Módulos de fertilización y drenaje. Tesis Mag. Sc., Turrialba, C.R. CATIE.
- LAL, R. 1986. Deforestation and soil erosion. In. Land clearing and development in the tropics. Ed. by R. Lal. P.A. Sánchez; R.W. Cummings, and A.A. Balkena. Netherland. 299-315 p.
- LAMPRECHT, H. 1990. Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Trad. de Antonio Carrillo. GTZ. República Federal de Alemania. 335p.
- LEONARD, M.J. 1985. Recursos naturales y desarrollo económico en América Central. Un perfil ambiental regional. Trad. por G. Budowski y T. Maldonado. San José, C.R. CATIE. Informe Técnico N°127. 268 p.
- MAESTRI, M.; VIERA, C. 1958. Movimiento de estomatos en café, sub condicoes naturais. Ceres (Bra.) 10:324-331 p.

- MARIN, E. 1990. Estudio agroecológico y su aplicación al desarrollo productivo agropecuario. Región IV, Managua, Nicaragua. Informe Final. MAG/DGTA/OSPA. 242 p.
- MENAS, T et al. 1978. Fitotecnia del café. Editado por Elsa María Silva. La Habana, Cuba. Editorial Pueblo y Educación. 221 p.
- MINISTERIO DE DESARROLLO AGROPECUARIO Y REFORMA AGRARIA. 1983. Planificación Perspectivas. MIDINRA IV Región.
- 
1985. Carta tecnológica del café en la IV región. Granada, Nicaragua. 13p.
- 
1990. El desafío del sector agropecuario. Lineamientos para la reactivación. Managua, Nicaragua. 12-20 p.
- MOLINAS M, A.S. 1991. Metodología simple y apropiada para establecer capacidad y uso sostenible de la tierra, aplicable a nivel de pequeña finca para la Región II de Nicaragua. Tesis Mag. Sc., Turrialba, C.R., CATIE. 175 p.
- MONCADA S, E.O. 1991. Desarrollo de un modelo automatizado para evaluación de tierras en Pueblo Nuevo, Estelí, Nicaragua. Tesis M. Sc., Turrialba, C.R., CATIE. 156 p.
- MONTALDO, P. 1982. Agroecología del trópico americano. IICA, San José, C.R. Series de Libros y Materiales Educativos. 205 p.
- NAIR, P.K. 1985. Soil productivity aspect of agroforestry. Nairobi, ICRAF. 83 p.
- O.T.S. 1986. Sistemas agroforestales principios y aplicaciones en los trópicos. San José, C.R., 818 p.
- OBANDO, R. 1989. Los huertos caseros en Nicaragua: Estudio de Caso. DIRENA-Departamento Agroforestal y Arboles de Uso Múltiple. Managua, Nicaragua. 13p.
- OCHOA, S. et al., 1990. Proyecto Etnobotánica de las especies forestales de la región IV. Descripción de las especies. Informe final. Universidad Nacional Agraria. Escuela de Ciencias Forestales. Managua. Nic., 277p.
- PRADO, A. Y ANDRADE, E. 1991. Los Huertos caseros. DIRENA-Departamento Agroforestal y Arboles de Uso Múltiple. 17 p.
- PARENT, G. 1989. Guía de reforestación. Bucamaranga, Colombia. 214 p.

- RICHTERS, E. 1985. Introducción al manejo del uso de la tierra y a una de sus actividades principales: la evaluación de tierras. Turrialba, C.R. CATIE. 18 p.
- . 1987. Evaluación de tierras y su uso. El sistema FAO. Memoria del Taller Metodologías de Clasificación de Capacidad de Uso de la Tierra. CATIE/AID/ROCAP. 102-136 p.
- . 1989. Apuntes de clase del curso: Manejo de uso de la tierra. Turrialba, C.R., CATIE. 220 p.
- ROJAS, O. 1987. Estudios agroclimáticos y zonificación agroecológica de cultivos: Metodología y Resultados. Serie Publicaciones Misceláneos. Nº A1/CR-86-006. IICA, C.R. 106 p.
- ROMERO DEL VALLE, J.M. 1988. Investigación físico-biológica y validación de un modelo de crecimiento, desarrollo y rendimiento del maíz (*Zea mays* L.) en Costa Rica y República Dominicana. Tesis Mag. Sc., Turrialba, C.R., CATIE. 159 p.
- ROSSITER, D.G. 1990. ALES: a framework for land evaluation using a microcomputer soil use and management. Vol 6. Nº1.
- RUSSO, R.O.; BUDOWSKI, G. 1986. Effect of pollarding frequency on biomass of *Erythrina poeppigiana* as a coffee shade tree. Agroforestry Systems. Vol. 4(2). 145-162 p.
- SALAZAR F., R. 1984. Producción de leña en árboles de *Gliricidia sepium* usados como sombra en cafetales en Costa Rica. silvoenergía (C.R.) Nº 2:1-4.
- . 1989. Guía para la investigación de especies de uso múltiple. Turrialba, C.R.: CATIE. Programa de Producción y Desarrollo Agropecuario Sostenido. 130p. (Serie técnica. Informe técnico / CATIE; no. 20).
- SALGADO, J. 1987. El sistema Marín y su aplicación en Honduras. Memoria del Taller metodología de clasificación de capacidad de uso de la tierra. Tegucigalpa, Honduras. CATIE/AID/ROCAP.
- SALINAS M, I. 1991. Zonificación agroecológica para el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en Nicaragua. Tesis M. Sc., Turrialba, C.R., CATIE. 93 p.
- SHARMA. P. 1991. Apuntes de clase del curso: Planificación y evaluación del uso de la tierra. Turrialba, C.R., CATIE.

- SHENG, T.C. 1984. Proyecto de clasificación de la capacidad de la tierra orientado hacia su tratamiento. (Para tierras marginales montañosas de los Trópicos Húmedos). PNUD/FAO. 12 p.
- SHENG, T.C. 1986. Watershed conservation, a collection of papers for developing countries. Colorado, EE.UU. The Chinese soil and water conservation society and Colorado state university. 92 p.
- SOMARRIBA, E.; BEER, J. 1986. Dimensiones, volúmenes y crecimiento de *Cordia alliodora* en sistemas agroforestales. Turrialba, C.R., CATIE 23 p. (Serie técnica. Boletín técnico Nº 16).
- SYLVAIN, P.G. 1958. The photosynthesis of *Coffea arabica* L. a review of pertinent literature. Turrialba, C.R., IICA. 14 p.
- TABLAS DUBON, J.M. 1986. Clasificación de tierras por su capacidad de uso. El Salvador, Universidad de El Salvador. 61(3):11-43.
- TORRES, L. 1987. Metodología para la determinación de capacidad de uso de las tierras de Costa Rica. Memoria del Taller de metodología de clasificación de capacidad de uso de la tierra. CATIE/AID/ROCAP. 79-101 p.
- TOSSI, J.A. 1972. Esbozo de una clasificación y metodología para la determinación y el levantamiento de mapas de capacidad de uso de la tierra rural en Colombia. San José, C.R. Centro Científico Tropical. 69 p.
- UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NICARAGUA (UNAM). 1985. Diagnóstico socio-económico de la producción agropecuaria de la región IV, Nicaragua. 60 p.
- WEBB, D.B. 1980. Guía y clave para seleccionar especies en ensayos forestales de regiones tropicales y subtropicales. London, Overseas Development Administration. 110 p.
- YOUNG, A. 1984. Land evaluation for agroforestry for soil conservation. Erosión control. Nairobi, ICRAF. Nº 42. 68 p.
- ZAVALETA, A. 1988. Planificación del uso de la tierra. Turrialba, C.R., CATIE, Proyecto Regional de Manejo de Cuencas. 30 p.



**ANEXOS**

ANEXO 1. Especies Arbóreas Identificadas en el Sistema  
Cercas Vivas.

Nombre Científico	Nombre Común
<i>Albizzia guachapele</i> (H.B.K.) Litte	Gavilán
<i>Anacardium excelsum</i>	Espavel
<i>Bromelia karatas</i> L.	Piñuela
<i>Bombacopsis quinata</i> (Jacq.) Dug.	Pochote
<i>Bursera simarouba</i> (Jacq.) Sarg.	Jiñocuabo
<i>Bursera graveolens</i> (H.B.K.) Tiana.	Caraño
<i>Cassia siamea</i> Lam.	Acasia
<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro
<i>Cecropia peltata</i> L.	Guarumo
<i>Cereus</i> sp.	Cardón
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz y Pav.) Cham.	Laurel
<i>Cordia dentata</i> Poir.	Tiguilote
<i>Crescentia alata</i> H.B.K.	Jícaros
<i>Delonix regia</i> (Bojer) Raf.	Malinche
<i>Diphysa robinoides</i> Benth.	Guachipilín
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Steud.	Guanacaste
<i>Eucaliptus</i> sp.	Eucalipto
<i>Ficus isophlebia</i>	Chilamate
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Steud.	Madero negro
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Guácimo
<i>Lonchocarpus parviflorus</i> Benth.	Chaperno
<i>Lysiloma seemanii</i> Britt y Rose.	Quebracho
<i>Pouteria sapota</i> (Jacq.) H.E. Moore.	Zapote
<i>Simarouba glauca</i> D.C.	Acetuno
<i>Spondia</i> sp.	Jocote
<i>Tecoma stans</i> (L) H.B.K.	Sardinillo
<i>Theyetia peruviana</i> (Pers.) Schumann.	Chilca
<i>Mangifera indica</i> L.	Mango

Fuente: Jiménez, G. 1991.

ANEXO 2. Cultivos Perennes, Frutales y Especies Arbóreas identificadas en el Sistema Huertos Caseros.

Nombre Científico	Nombre Común
<i>Ananas comosus</i> (L) Merr.	Piña
<i>Averrhoa carambola</i> L.	Melocotón
<i>Bixa orellana</i> L.	Achiote
<i>Bursera simaruba</i> (Jacq.) Sarg.	Jiñocuabo
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L)	Nancite
<i>Carica papaya</i>	Papaya
<i>Citrus</i> sp.	Cítricos
<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro
<i>Cereus</i> sp.	Pitahaya
<i>Coffea arábica</i> L.	Café
<i>Cocos nucifera</i> L.	Coco
<i>Crescentia alata</i> H.B.K.	Jícaros
<i>Chrysophyllum cainito</i> L.	Caimito
<i>Diphysa robinoides</i>	Guachipilín
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq) Griseb.	Guanacaste
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Steud.	Madero negro
<i>Inga densiflora</i> Benth.	Guaba
<i>Mangifera indica</i> L.	Mango
<i>Melicoca bijuga</i> L.	Mamón
<i>Musa</i> sp.	Musáceas
<i>Passiflora edulis</i> Sims.	Calala
<i>Passiflora quadrangularis</i> L.	Granadilla
<i>Persea americana</i> Mill.	Aguacate
<i>Pouteria sapota</i>	Zapote
<i>Psidium guajaba</i> L.	Guayaba
<i>Simarouba glauca</i> D.C.	Acetuno
<i>Spondia</i> sp.	Jocote
<i>Tamarindus indica</i> L:	Tamarindo

Fuente: Jiménez, G. 1991.

ANEXO 3. Especies Arbóreas Identificadas en el Sistema Café con Sombra

Nombre Científico	Nombre Común
<i>Cassia siamea</i> Lam.	Casia amarilla
<i>Cassia grandis</i> L.	Carao
<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro
<i>Citrus</i> sp.	Cítricos
<i>Cordia alliodora</i> (Ruíz y Pav.) Cham.	Laurel
<i>Diphysa robinoides</i> Benth.	Guachipilín
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq)	Guanacaste
<i>Ficus isophlebia</i> Standl.	Chilamate
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq) Steud.	Madero negro
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Guácimo ternero
<i>Albizzia saman</i> (Jacq) Benth.	Genízaro
<i>Simarouba glauca</i> D.C.	Acetuno
<i>Muntingia calabura</i> L.	Capulín
<i>Terminalia oblonga</i> (R. & P.) Standl.	Guayabo de monte
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Guapinol
<i>Diospyras nicaraguensis</i> Standl.	Chocoyito

Fuente: Jiménez, G. 1991.

Anexo 4. Lista de referencia de insumos para cada tipo de uso de la tierra.

TIPO DE USO DE LA TIERRA						
ENTRADAS	UNIDAD	CMT	CMST	PF	CSST	CSTR
<b>1. MANO DE OBRA</b>						
Regulación de sombra	D/H/Ha	14	12		7	6
Poda	"	14	10		7	6
Desbejuca	"	9	9			
Deshierba manual	"	14	14		10	9
Resiembra	"	6				
Deshija	"	13	6		2	
Aplicación herbicida	"	11	4		1	
Aplicación fertilizante	"	13	9		4	
Aplicación pesticidas	"	17	9		4	3
Caseo y fertilización	"	13	9		4	
Aplicación nematicida y rastreo de plagas y enfermedades	"	2	2		2	2
Mantenimiento caminos	"					
Suelos, Drenaje	"	14	6		6	6
Alimentación	"	140	90		47	32
Cosecha del árbol	"				15 y 12	14 y 12
Eliminación de los peores rebrotes después de 3 meses de la cosecha	"				6	6
Cosecha, fertilización de árboles (5, 7, 8)	"			10 y 8	2 y 2	2 y 3
Rastreo de plagas y enfermedades (3 y 7)	"			2 y 2		
Chapia o limpia	"			8 y 6		
Raleo (2)	"			4		

TIPO DE USO DE LA TIERRA						
ENTRADAS	UNIDAD	CMT	CMST	PF	CSST	CSTR
<b>2. INSUMOS</b>						
<b>2.1 Fertilizantes</b>						
Completo 18-6-12-4-2	Kg/Ha	789	329			
Nitrogenado Urea 46%	"	395	329			
Foliar Urea 46%	"	16.90	0.26			
Solubor	"	1.30				
ND-Z	"	2.58				
Fertilización al árbol <sup>2</sup> (2)	"			180	203	203
<b>2.2 Herbicidas</b>						
Gramoxone 200	Ltr/Ha	4.3	2.1			
2-4-D	"	3.4	1.4			
Simazina	"	2.86				
<b>2.3 Insecticidas</b>						
Decis	"	0.35				
Lorsban	"	1				
Mirex	Kg/Ha	1.3	2.86			
Malation	Ltr/Ha		1.07			
<b>2.4 Fungicidas</b>						
Oxicloruro de cobre	Kg/Ha	11.05	2.86			
Captatol	"	1.3				
Benlate	"	0.64				
<b>2.5 Nematicida</b>						
Counter	"	72				
<b>2.6 Adherentes</b>						
Arnix	Ltr/Ha	2.86	1.71			
<b>3. SERVICIOS</b>						
Transporte de insumos	Kg/Ha	1266	691			
Transporte de agua	gal/Ha/Año	1144	429			
Asistencia técnica	"					

TIPO DE USO DE LA TIERRA						
ENTRADAS	UNIDAD	CMT	CMST	PF	CSST	CSTR
4. <u>INFRAESTRUCTURA Y DEPRECIACION DE EQUIPOS</u>	VeZ	1	1			
5. <u>REPOSICION DE EQUIPOS E IMPLEMENTACION</u>	"	1	1			
6. <u>PREPARACION DE PLANTAS DE RESIEMBRA</u>	"	1				
7. <u>AGOTAMIENTO DE PLANTACIONES</u>	"	1				
8. <u>COMBUSTIBLE Y LUBRICANTE</u>	Servicios	1	1			
9. <u>CORTE O COSECHA</u>						
Salario de cortadores	Latas/Ha	661	451			
Alimentación	D/H/Ha	110	76			
Canastos	U/Ha	2.38	1.63			
Sacos	"	10.4	8.93			
Transporte de cortadores	Viajes/Ha	4.29	4.29			
Transporte interno	Kg/Ha	7235.8	4934			
Transporte Beneficio Húmedo a Seco	"	2894	1974			
10. <u>PROCESAMIENTO INDUSTRIAL</u>						
Beneficio húmedo	"	2894	1974			
Beneficio seco	"	1447	987			

TIPO DE USO DE LA TIERRA						
ENTRADAS	UNIDAD	CMT	CMST	PF	CSST	CSTR
<b>11. COMERCIALIZACION</b>						
Sacos de exportación	Sacos/Ha	22	14			
Transporte a puerto	Kg/Ha	1447	987			

CMT = Café Monocultivo Tecnificado  
 CMST = Café Monocultivo Semi-Tecnificado  
 CSST = Café con Sombra Semi-Tecnificado  
 CSTR = Café con Sombra Tradicional  
 PF = Plantación Forestal

NOTA: Los números entre paréntesis se refieren a los años cuando se realizarán las actividades y aplicaciones de insumos en las Plantaciones Forestales.

FUENTES:

- (1) Banco Nacional de Desarrollo, 1992. Managua, Nicaragua.
- (2) Alpizar, L.; et al. 1984.



Anexo 5. Lista de referencia de productos para cada tipo de uso de la tierra.

PRODUCTOS	UNIDAD	TIPOS DE USO DE LA TIERRA				PF
		CMT	CMST	CSTr	CSST	
Grano de Café	kg/ha	<sup>2</sup> 1,855.1	<sup>2</sup> 1,011.4	<sup>2</sup> 422	633.1 <sup>2</sup>	
Leña	"	<sup>3</sup> 1,100.0	<sup>3</sup> 1,000.0			
Leña	mst/ha			<sup>1</sup> 475	475 <sup>1</sup>	
Abono verde	kg/ha			<sup>1</sup> 10,512 ( <i>G. sepium</i> )	10,512 <sup>1</sup>	
Madera	m <sup>3</sup> /ha			<sup>*</sup> 869.1	<sup>*</sup> 40.9 <sup>3</sup>	206 <sup>4</sup>

FUENTE: 1) CATIE. 1991.  
 2) Banco Nacional de Desarrollo. 1992.  
 3) CATIE. 1989.  
 4) Alfaro, M.A. 1990.

\* Para edades de 5 y 7 años con densidades de 220 árboles y 170 árboles/ha.

## Anexo 6. Conceptos Basicos

### Uso de la tierra

Es la descripción de las diferentes formas de uso de la tierra y de aquellas características que definan su aptitud (FAO, 1985). Se puede definir también como la actividad desarrollada por el hombre sobre la tierra, para un objetivo específico (De León, 1988).

### Sistema de Uso de la Tierra

Consiste de un tipo específico de utilización practicado sobre una unidad de tierra determinada, incluyendo sus entradas y salidas. Este concepto sirve para referirse a la combinación de los tipos de utilización de la tierra, con la unidad de tierra (FAO, 1985).

### Clase principal de uso

Es una subdivisión principal del uso de tierras, tales como agricultura de secano, agricultura de regadío, forestales, pastizales y agroforestal (FAO, 1976).

### Tipo de utilización de la tierra

Se refiere a cualquier uso definido por debajo del nivel de la clase primordial de empleo, y con un grado de detalle mayor. Está formado por especificaciones técnicas expuestas en términos físicos, económicos y sociales (FAO, 1976).

### Requisitos de uso de la tierra

Los requisitos o requerimientos de uso de la tierra representan las condiciones deseables, para el éxito de un tipo de utilización de la tierra (FAO, 1976; 1985). Se expresan en términos de unidades de tierra para confrontarlos en el proceso de armonización. Se clasifican en tres grupos: a) Fisiológicos, b) manejo, y c) de conservación.

### Característica de la tierra

Es un atributo de la tierra que puede medirse o estimarse y describir una cualidad de la tierra (FAO, 1976). Por ejemplo profundidad efectiva del suelo y precipitación promedio anual.

### Cualidad de la tierra

Es un atributo complejo de la tierra que actúa de manera distinta en su influencia sobre la adaptabilidad de la tierra para un uso concreto (FAO, 1976, 1985). La cualidad de la tierra es deducida por un grupo o subgrupo de valores de características de la tierra. Ejemplo riesgo de erosión o las condiciones de enraizamiento. Son expresadas en los mismos términos que los requisitos para poder confrontarlos.

### Unidad de mapeo de la tierra

Es un área de la tierra mapeada con características específicas, la cual es utilizada como base para la evaluación (Richters, 1985; Moncada, 1991). Estas unidades deben ser lo más homogéneas posibles; deben ser definidas en base a propiedades estables del suelo y de la superficie de la tierra como geomorfología, topografía, clima, etc.

### Definición de agroforestería

Los sistemas de producción agroforestal han sido definidos como una serie de sistemas y tecnologías del uso de la tierra para combinar árboles con cultivos agrícolas y/o pastos en función del tiempo y espacio para incrementar y optimizar la producción en forma sostenida.