



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO**



**DIRECCION ACADEMICA  
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES  
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES**

**BALANCE DE NUTRIENTES, FLUJOS ENERGÉTICOS Y VALORACIÓN  
ECONÓMICA DE LAS OPCIONES PASTORIL, SILVÍCOLA Y  
SILVOPASTORIL, EN LAS CHOAPAS, VERACRUZ**

**TESIS**

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROFORESTERIA PARA EL DESARROLLO  
SOSTENIBLE**

**PRESENTA:**

**RICARDO MALAGÓN MANRIQUE**

**Chapingo, Estado de México**

**1999**

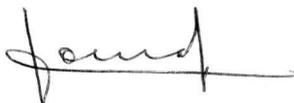
880721

**BALANCE DE NUTRIENTES, FLUJOS ENERGÉTICOS Y VALORACIÓN  
ECONÓMICA DE LAS OPCIONES PASTORIL, SILVÍCOLA Y  
SILVOPASTORIL, EN LAS CHOAPAS, VERACRUZ**

Tesis realizada por Ricardo Malagón Manrique bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROFORESTERIA PARA EL DESARROLLO  
SOSTENIBLE**

DIRECTOR: \_\_\_\_\_



**Dr. JOSE LUIS ROMO LOZANO**

ASESOR: \_\_\_\_\_



**Dr. DIODORO GRANADOS SÁNCHEZ**

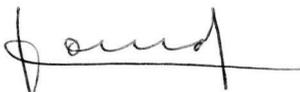
ASESOR: \_\_\_\_\_



**Dr. QUITO LÓPEZ TIRADO**

**BALANCE DE NUTRIENTES, FLUJOS ENERGÉTICOS Y VALORACIÓN  
ECONÓMICA DE LAS OPCIONES PASTORIL, SILVÍCOLA Y  
SILVOPASTORIL, EN LAS CHOAPAS, VERACRUZ**

El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de RICARDO MALAGÓN  
MANRIQUE autor de la presente tesis de Maestría en Ciencias en  
Agroforestería Para El Desarrollo Sostenible estuvo constituido por:

PRESIDENTE:  \_\_\_\_\_

**Dr. JOSE LUIS ROMO LOZANO**

ASESOR :  \_\_\_\_\_

**Dr. DIODORO GRANADOS SÁNCHEZ**

ASESOR :  \_\_\_\_\_

**Dr. QUITO LÓPEZ TIRADO**

## **DEDICATORIA**

**“De Dios es la tierra y su plenitud;  
El mundo, y los que en él habitan”.**

**Salmo 24:1**

**A Amanda Triana:  
Buena esposa y madre.  
Por su amor y comprensión.**

**A mis hijitos David y Estéban:  
Saetas en manos del valiente.**

**A mis padres Samuel e Inés:  
Por su gran amor.**

**Al Dr. L. Krishnamurthy:  
Hombre bondadoso e inteligente.**

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), por darme la oportunidad de formarme en su Alma Mater y a la Universidad Nacional de Colombia, sus directivas y profesores de la Sede de Palmira, Valle, por su apoyo y colaboración.

Al Dr. Enrique Leff, coordinador de UCORED, PNUMA, Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe.

A la Subdirección General de Investigaciones y Servicios de la UACH, a través del Programa Universitario de Investigaciones en Agroforestería Para el Desarrollo Sostenible, coordinado por el Dr. L. Krishnamurthy .

Al Dr. José Luis Romo Lozano, por su amistad, sencillez y apoyo en todo momento que necesité de su ayuda y a mi Consejo Particular, constituido por los Doctores Diodoro Granados S., y Quito López T., por su amistad, colaboración y aportes al conocimiento durante el desarrollo del presente trabajo.

Al M.C. Jaime Rey Contréras, por su desinteresado apoyo a la presente investigación.

A la M.S. Nancy Barrera, por darme la oportunidad de realizar mis estudios de maestría.

A PLANFOSUR, al ofrecer parte de la información requerida.

Al Dr. Aurelio M. Fierros G. y al Ing. Saúl Monreal R. por la colaboración con información relacionada con Plantaciones Comerciales.

## **DATOS BIOGRÁFICOS**

El autor nació el 6 de enero de 1957, en la ciudad de Santiago de Cali, Colombia. Realizó sus estudios profesionales en la Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira, obteniendo el título de Zootecnista en el año de 1984. Su desempeño profesional inicial lo realizó en la costa norte de Colombia con Word Vision International, trabajando en el área de desarrollo de comunidades rurales, hasta el año de 1988. A partir de la fecha se desempeñó en la prestación de servicios técnicos en la región de Boyacá, ingresando en el año de 1991 a SERPROAGRO, donde ejerció el cargo de director técnico pecuario de las Unidades de Asistencia Técnica (UMATAS), para los municipios de la Provincia de Márquez, en Boyacá. Es a partir del año de 1994 cuando ingresa a la Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira como director de la granja de producción animal, y como profesor en el área de producción de pastos y forrajes, actividad que complementó con las asignaturas Sistemas de producción Pecuaria y Sistemas de producción de ganado de leche para el trópico colombiano. Durante dicho período ha dirigido 5 trabajos de investigación y publicado un Manual para el Estudio de los Sistemas de Producción Pecuaria, y participado en equipos de investigación de la sede en el desarrollo pecuario de la zona.

## CONTENIDO

LISTA DE CUADROS .....	xii
LISTA DE FIGURAS .....	xv
RESUMEN .....	xvi
SUMMARY .....	xvii
I INTRODUCCIÓN .....	1
II SITUACIÓN PROBLEMÁTICA .....	3
2.1 DIMENSIÓN SOCIO-ECONÓMICA DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	3
2.1.1 Dimensión histórica del desarrollo ganadero de la zona .....	3
2.1.2 Antecedentes socio-económicas del uso del suelo.....	4
2.1.3 factores que determinaron a la ganadería de engorda en la zona.....	4
2.1.4 Antecedentes históricos de la producción forestal.....	5
2.2 DIMENSIÓN AGROECOLÓGICA .....	5
2.2.1 Cambios en el uso del suelo .....	5
2.2.3 Cambios socio-económicos.....	6
2.3 DIMENSIÓN TÉCNICO-PRODUCTIVA.....	9
2.3.1 Características de la producción ganadera estatal .....	9
2.3.2 Características del sector forestal .....	11
2.4 DIMENSIÓN POLÍTICO-CULTURAL .....	12
2.4.1 Organización de los productores.....	12
2.4.2 Apoyos a la producción .....	13
2.5 DIMENSIÓN AMBIENTAL .....	15
2.5.1 Deforestación en el estado de Veracruz.....	15

2.5.2 La erosión.....	15
2.5.3 Los incendios forestales.....	16
2.5.4 flora y fauna.....	18
2.5.5 La transformación de los paisajes agrarios.....	18
2.5.6 Las plantaciones forestales.....	19
<b>III MARCO DE REFERENCIA.....</b>	<b>21</b>
<b>3.1 ASPECTOS BIOFÍSICOS .....</b>	<b>21</b>
3.1.1 Localización.....	21
3.1.2 Geomorfología.....	21
3.1.3 Suelos.....	23
3.1.4 hidrología.....	23
3.1.5 Clima .....	23
3.1.6 Vegetación.....	26
3.1.7 Fauna .....	26
<b>3.2 ESTADO Y MOVIMIENTO DE LA POBLACIÓN .....</b>	<b>27</b>
<b>3.3 ASPECTOS TECNOLÓGICOS .....</b>	<b>28</b>
3.3.1 Producción ganadera .....	28
3.3.1.1 Características de la ganadería de productores propietarios .....	28
3.3.1.2 Manejo del ganado .....	29
3.3.2 Producción de eucalipto.....	30
3.3.3 Mercadeo de productos.....	32
3.3.4 Capacidad de gestión de los productores .....	33
<b>IV MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>34</b>
<b>4.1 EL ENFOQUE DE SISTEMAS .....</b>	<b>34</b>
4.1.1 Definición.....	34
4.1.2 Características básicas de los sistemas.....	34
4.1.3 Definición de subsistemas.....	35
4.1.4 Viabilidad de los sistemas .....	35
4.1.5 Elementos de un sistema .....	35

4.1.6 Estructura del sistema .....	36
4.1.7 Función de producción de un sistema.....	36
4.1.8 Jerarquía de los sistemas.....	36
<b>4.2 LOS SISTEMAS AGRÍCOLAS .....</b>	<b>37</b>
4.2.1 Definición.....	37
4.2.2 Los agroecosistemas.....	37
4.2.3 Los sistemas forestales .....	37
4.2.3.1 La silvicultura intensiva.....	38
4.2.3.2 Aprovechamiento intensivo vs. silvicultura intensiva .....	38
4.2.4 Sistemas agroforestales .....	39
4.2.4.1 Definición de agroforestería.....	39
4.2.4.2 Clasificación de los sistemas agroforestales .....	39
4.2.4.3 Sistemas silvopastoriles.....	39
<b>4.3 LA PLANIFICACIÓN DEL USO DE LA TIERRA .....</b>	<b>40</b>
4.3.1 Evaluación de la tierra y de su uso .....	40
4.3.2 Clasificación de suelos.....	40
4.3.3 Clasificación por capacidad de uso de las tierras .....	41
<b>4.4 LA VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS EXTERNALIDADES .....</b>	<b>42</b>
4.4.1 Definición de externalidades .....	42
4.4.2 Las tendencias .....	43
4.4.3 Clasificación de los recursos naturales.....	43
4.4.4 Bienes públicos y bienes privados .....	44
4.4.5 Los derechos de propiedad.....	44
4.4.6 La ineficiencia del mercado con las externalidades .....	45
4.4.7 Medidas para corregir las externalidades .....	45
<b>4.5 VALORACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD .....</b>	<b>46</b>
4.5.1 Definición.....	46
4.5.2 Variables y funciones involucradas en las definiciones de sostenibilidad.....	47
4.5.3 Esquema para la definición de Indicadores .....	47

4.5.4 Elementos de categoría.....	48
4.5.5 Descriptores e indicadores.....	48
4.5.5.1 Características de los indicadores.....	49
4.5.5.2 Tipos diferentes de indicadores.....	49
4.5.6 El balance de nutrientes.....	50
4.5.7 Los flujos energéticos.....	52
<b>4.6 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE USO DEL SUELO .....</b>	<b>54</b>
4.6.1 Evaluación de la productividad.....	55
4.6.1.1 Concepto de producción y productividad.....	55
4.6.2 Análisis económico y financiero .....	55
4.6.3 Criterios de evaluación.....	56
<b>V. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>57</b>
<b>VI OBJETIVOS .....</b>	<b>59</b>
<b>VII HIPÓTESIS.....</b>	<b>61</b>
<b>VIII METODOLOGÍA.....</b>	<b>62</b>
8.1 EL MÉTODO .....	62
8.2 FASES DE LA INVESTIGACIÓN .....	62
<b>IX RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>65</b>
9.1 EVALUACIÓN DE LA TIERRA EN FUNCIÓN DE SU USO .....	65
9.1.1 Descripción del suelo .....	65
9.1.1.1 Propiedades físicas.....	65
9.1.1.2 Propiedades químicas .....	65
9.1.2 Erodabilidad del suelo.....	67
9.1.3 Capacidad Agrológica de los suelos .....	69
9.2 BALANCE DE NUTRIENTES MINERALES .....	69
9.2.1 Sistema de Ganadería Extensiva .....	69
9.2.1.1 Entradas, salidas, carga y descarga.....	69

9.2.2 Sistema de Plantación de eucalipto .....	73
9.2.2.1 Entradas, salidas, carga y descarga.....	73
9.2.3 Sistema Silvopastoril .....	77
9.2.3.1 Entradas, salidas, carga y descarga.....	77
9.2.4 Discusión.....	83
9.3 FLUJOS DE ENERGÍA .....	90
9.3.1 Sistema de Ganadería Extensiva.....	90
9.3.1.1 Entradas, salidas, carga y descarga.....	90
9.3.2 Sistema de Plantación de eucalipto .....	97
9.3.2.1 Entradas, salidas, carga y descarga.....	97
9.3.3 Sistema Silvopastoril .....	102
9.3.3.1 Entradas, salidas, carga y descarga.....	102
9.3.4 Discusión.....	106
9.4 PROCESO DE TOMA DE DECISIONES .....	110
9.4.1 Análisis financiero .....	110
9.4.2 Análisis económico.....	116
9.5 ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD.....	124
X CONCLUSIONES .....	128
XI RECOMENDACIONES .....	131
XII LITERATURA CITADA .....	132
APÉNDICE.....	143

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1	Contenido de nutrientes presentes en los perfiles de los suelos de unPastizal, una Plantación de Eucalipto y un Acahual, - correspondientes a la zona de Las Choapas, Veracruz.....	24
Cuadro 2	Normales climáticas de la estación meteorológica 30-117 Tancochapan, localizada en Las Choapas, Veracruz (INEGI, 1995 )......	25
Cuadro 3	Principales entradas de nutrientes minerales, anuales y por ciclo de 7 años, para el sistema de ganadería de tipo extensivo, en las Choapas, Veracruz. ....	71
Cuadro 4	Principales salidas de nutrientes minerales, anuales y por ciclo de 7 años, del sistema de ganadería de tipo extensivo, en Las Choapas, Veracruz.....	72
Cuadro 5	Balance de nutrientes minerales, anual y por ciclo de siete años, para el sistema de ganadería de tipo extensivo, localizado en Las Choapas, Veracruz. ....	74
Cuadro 6	Flujo de nutrientes minerales para las principales entradas del sistema de Plantación de eucalipto, en Las Choapas, Veracruz. ....	75
Cuadro 7	Flujo de nutrientes para las principales salidas del sistema de Plantación de Eucalipto, en Las Choapas, Veracruz. ....	76
Cuadro 8	Balance de nutrientes minerales, por ciclo de siete años, para el sistema de plantación de eucalipto, localizada en Las Choapas, Veracruz. ....	78
Cuadro 9	Flujo de nutrientes de las principales entradas del sistema silvopastoril (Eucalipto y ganado de engorda), en Las Choapas, Veracruz. ....	80

Cuadro 10 Valor del flujo de nutrientes de las principales salidas del sistema silvopastoril (Eucalipto y ganado de engorda), en Las Choapas, Veracruz.....	81
Cuadro 11 Balance de nutrientes minerales, anual y por ciclo de siete años, para el sistema silvopastoril (Eucalipto y ganado de engorda), localizado en Las Choapas, Veracruz. ....	82
Cuadro 12 Valor energético de las principales entradas anuales, y para un ciclo de 7 años, del sistema de ganadería de tipo extensivo, en Las Choapas, Veracruz. ....	92
Cuadro 13 Valor energético de las principales salidas anuales, y para un ciclo de 7 años, en 80 ha, del sistema de ganadería de tipo extensivo en Las Choapas, Veracruz.....	93
Cuadro 14 Valor energético de las principales entradas para el sistema de Plantación de Eucalipto, en Las Choapas, Veracruz. ....	98
Cuadro 15 Valor energético de las principales salidas para el sistema de Plantación de Eucalipto, en Las Choapas, Veracruz. ....	100
Cuadro 16 Valor energético de las principales entradas y salidas para el sistema silvopastoril (Eucalipto y ganado de engorda), en Las Choapas, Veracruz.....	103
Cuadro 17 Valor energético de las principales salidas para el sistema silvopastoril (Eucalipto y ganado de engorda), en Las Choapas, Veracruz. ....	103
Cuadro 18 Indicadores de energía para un sistema de Ganadería de tipo extensivo, una Plantación de Eucalipto y un sistema Silvopastoril, localizados en Las Choapas, Edo de Veracruz. ....	107
Cuadro 19 Estimación financiera del Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de retorno (TIR) y relación Beneficio-Costo (B/C), para un programa de ganadería extensiva, en las Choapas, Veracruz. ....	112

Cuadro 20 Estimación financiera del Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de retorno (TIR) y relación Beneficio-Costo (B/C), para un programa de Plantación de Eucalipto, en las Choapas, Veracruz.....	113
Cuadro 21 Estimación financiera del Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de retorno (TIR) y relación Beneficio-Costo (B/C), para un programa Silvopastoril (Eucalipto y ganado de engorda), en las Choapas, Veracruz.....	114
Cuadro 22 Balance económico, con inclusión de externalidades, para un sistema de Ganadería de tipo extensivo, en Las Choapas, Veracruz.....	117
Cuadro 23 Balance económico, con inclusión de externalidades, para un sistema de Plantación de Eucalipto, en Las Choapas, Veracruz.....	118
Cuadro 24 Balance económico, con inclusión de externalidades, para un sistema de Silvopastoril (Eucalipto y ganado de engorda), en Las Choapas, Veracruz.....	119
Cuadro 25 Estimación económica del Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Relación Beneficio-Costo (B/C), para un sistema de Ganadería de tipo extensivo, en Las Choapas, Veracruz.....	120
Cuadro 26 Estimación económica del Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Relación Beneficio-Costo (B/C), para un sistema de Plantación de Eucalipto, en Las Choapas, Veracruz.....	122
Cuadro 27 Estimación económica del Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Relación Beneficio-Costo (B/C), para un sistema Silvopastoril (Eucalipto y ganado de engorda), en Las Choapas, Veracruz.....	123

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Estado actual del uso del suelo para la zona de Las Choapas, Veracruz. Escala 1: 250,000. Fuente INEGI ( 1993 ).	7
Figura 2 Transformación de acahuales a pasturas naturales para ganadería extensiva, en Las Choapas, Veracruz.	17
Figura 3 Desarrollo actual de las plantaciones de eucalipto para la región de Las Choapas, Veracruz.	17
Figura 4 Localización geográfica del municipio de Las Choapas, Veracruz. (INEGI, 1995 )	22
Figura 5 Climograma de la estación meteorológica 30-117 Tancochapan, localizada en Las Choapas, Veracruz (INEGI 1995).	25
Figura 6 Tipo racial y condiciones corporales de ganado de engorde para la zona de Las Choapas, Veracruz.	31
Figura 7 Estado actual de las plantaciones de eucalipto, en Las Choapas, Veracruz.	31
Figura 8 Desarrollo metodológico de la presente investigación sobre la toma de decisiones con respecto al uso del suelo, en Las Choapas, Veracruz.	64
Figura 9 Perfil del suelo de la zona de estudio, mediante corte por construcción de una carretera.	66
Figura 10 Modelo del flujo de energía para el sistema de ganadería extensiva, en Las Choapas, Veracruz.(Odum, 1981)	109
Figura 11 Modelo de flujo de energía para los sistemas Plantación comercial de Eucalipto y Silvopastoril, en Las Choapas, Veracruz. (Odum, 1981).	109

## **RESUMEN**

**RICARDO MALAGÓN MANRIQUE**

**Balance de nutrientes, flujos energéticos y valoración económica de las opciones pastoril, silvícola y silvopastoril, en Las Choapas, Veracruz**

**Chapingo, México, enero de 1999**

**(Bajo la dirección del Dr. José Luis Romo L.)**

Con el propósito de determinar la mejor opción de inversión económica, para un agroecosistema localizado en Las Choapas, Veracruz, se evaluaron las alternativas ganadería extensiva, plantación forestal de eucalipto y un sistema silvopastoril (eucalipto con inclusión de ganado de engorda). La metodología consideró el análisis del balance de nutrientes, flujos energéticos, análisis financiero y análisis económico (con la inclusión de las externalidades captura de carbono, nutrientes minerales y compactación del suelo). Los resultados mostraron balances negativos de nutrientes minerales para todas las opciones especialmente con el Ca, el P, el K y el Mg. Para los flujos energéticos, el rendimiento global presentó un valor de 119.01 para la plantación, seguida del sistema silvopastoril 116.11 y finalmente la ganadería 114.02. Con respecto al análisis financiero y económico ambos presentaron al sistema silvopastoril como la mejor opción, concluyéndose que la mejor opción de inversión corresponde al sistema silvopastoril.

**Palabras claves: ganadería, silvopastoreo, eucalipto, energía, nutrientes y economía**

## **SUMMARY**

**RICARDO MALAGÓN MANRIQUE**

**Balance of nourishments, energetic flow and economic appraisal for three land options: cattle raising , eucalyptus forest plantation and forestry cattle raising, in las Choapas, Veracruz**

**Chapingo, México, enero de 1999**

**(Under the direction of Dr. J.L.Romo L.)**

**This work was carried out to evaluate three land use options in Las Choapas, Veracruz: cattle raising, eucalyptus forest plantation and a forestry cattle raising system. Balance of nourishments, energetic flow, and financial and economic appraisal were analyzed in order to determine the best investment option. The economic appraisal included externalities as capture of carbon, mineral nourishments and soil compactness. Results showed negative balance for mineral nourishments on all the options, specifically in Ca, P, K and Mg. Total return of global energetic flows were 119.01 for the plantations, 116.11 for forestry cattle raising system and 114.02 for cattle raising. Results of both financial and economic analysis showed that the forestry cattle raising system was the best option.**

**Ky words: cattle raising, forestry cattle raising, eucalyptus, energy, nourishments, and economy**

## I INTRODUCCIÓN

El desarrollo de cualquier actividad productiva en el sector agropecuario implica, además de los recursos económicos y tecnológicos, el uso de importantes recursos naturales y servicios ambientales asociados. Como resultado de este proceso, se derivan productos y algunos residuos que pueden mejorar o deteriorar el medio ambiente y afectar importantes flujos, interviniendo sobre la calidad del entorno.

Para el caso de un aprovechamiento ganadero, forestal o silvopastoril, la valoración de la productividad puede ser estimada por medio de un análisis financiero o económico que tome dentro de los criterios de evaluación indicadores tales como la TIR, el VPN y la relación B/C que determinen, en el tiempo, la mejor alternativa de inversión y su costo de oportunidad para una zona determinada.

No obstante, un hecho importante para determinar la productividad real de una actividad propuesta, se da cuando se incorporan los valores de las externalidades surgidas en el ejercicio de producción, por cuanto permite asignar valores económicos a aquellos bienes sin mercado, los cuales, pueden generar indicadores económicos más acertados que servirán para la toma de decisiones relacionadas con el uso alternativo del suelo con carácter sostenible.

Sin embargo, este tipo de estudios tropieza con dificultades metodológicas para su valoración tanto cualitativa como cuantitativamente, como resultado de la naturaleza de los indicadores y del tiempo involucrado, además de la asignación de un valor económico para los mismos porque, en general, como recursos de producción, no se tienen derechos de propiedad claramente

establecidos y las medidas legislativas para su regulación distan de ser aplicables a todas las situaciones, dada la complejidad en su valoración, no obstante que las externalidades sean tangibles, además de la falta de información relacionada con el tema.

Es en este sentido que un planteamiento comparativo de nuevas opciones de producción en Las Choapas, Edo. de Veracruz, debe garantizar un desarrollo equilibrado entre el cumplimiento de la legislación y el uso de prácticas de producción sostenible, por lo que es necesario una valoración cabal de cualquier actividad productiva en el mismo contexto donde se realice, máxime al tratarse de una zona catalogada como de alta biodiversidad.

Por consiguiente, el abordar este tipo de investigaciones ambientales con sus correspondientes indicadores económicos, además de los resultados encontrados, se espera sirva de base para el desarrollo de nuevas investigaciones relacionadas con la planeación y toma de decisiones en torno al uso del suelo y a derivar prácticas con criterios de sostenibilidad para cualquier zona, los que sin duda constituyen un reto de alta dificultad, siendo necesarios para el entendimiento del tema en cuestión.

## **II SITUACIÓN PROBLEMÁTICA**

Se describe la problemática general que enfrenta el uso del suelo a nivel histórico, para la región, desde las dimensiones socio-económica, agroecológica, técnico-productiva, político-cultural y ambiental.

### **2.1 DIMENSIÓN SOCIO-ECONÓMICA DE LA ZONA DE ESTUDIO**

#### **2.1.1 Dimensión histórica del desarrollo ganadero de la zona**

Según Revel (1972), citado por López (1990), la ganadería en el sureste se inicia cuando la reforma agraria propone el aprovechamiento de los terrenos nacionales, perteneciendo a la línea de colonización iniciada en el siglo pasado, encaminada a desarrollar espacios marginales mediante la producción agrícola, provocada por la gran fertilidad de sus tierras y la posibilidad de especular con la explotación forestal y cultivos varios.

Entre los principales factores que señala Revel (1972) para el período de 1940 a 1964, se destacan, la presión demográfica, la cual proveyó a las fincas pioneras de mano de obra, estimulando la migración debido a la disponibilidad de tierras, a la estructura agraria, a partir de las reformas del artículo 27 del 31 de diciembre de 1946, la cual declara la colonización por utilidad pública, tanto de terrenos privados como nacionales, abriendo la posibilidad de crear nuevas explotaciones y pequeñas propiedades de hasta 300 ha, como lo manifiesta Fernández (1976), y a la revolución agrícola, que permite a la ganadería se extiende horizontalmente, con técnicas de producción animal que dan inicio cambios importantes, de acuerdo con Ortiz (1982).

### **2.1.2 Antecedentes socio-económicas del uso del suelo**

La consolidación del Estado durante los años 30, repercute sobre toda la región costera del golfo, observándose un fuerte proceso de cambio en el uso del suelo, como lo señala Luc Cambrezy (1992), citada por Boege y Rodríguez (1992), impactada por una vasta infraestructura de vías de comunicación y acondicionamientos hidráulicos, así como de dispositivos necesarios para potenciar la industria petrolera, lo cual produjo un acelerado proceso de industrialización y urbanización.

En el caso de Las Choapas dió lugar a un manejo inadecuado de los recursos existentes que derivó en alteraciones irreversibles de la flora y fauna terrestre, y por consiguiente en la vida social y económica, orientándose su patrón productivo hacia el ganado y los productos agrícolas comerciales, en donde, entre un 70 y 90% de los predios han ejercido cambios en el patrón productivo, no solamente hacia la ganadería, sino también a la sustitución de cultivos como el maíz y frijol, y hacia productos agrícolas de tipo comercial como es el caso de los cítricos (Carrillo, 1992).

Sin embargo, añade, también el ejido y la comunidad han modificado su patrón de producción hacia el ganado y productos agrícolas comerciales, como un mecanismo de sobrevivencia, es decir, como formas específicas de organización de la producción, en tanto que se mantiene una relación permanente con la tierra, existiendo por lo tanto, una fracción de ellos inmersa en un proceso de descomposición - supervivencia.

### **2.1.3 factores que determinaron a la ganadería de engorda en la zona**

Entre los principales factores están los naturales, como la temperatura, las lluvias presentes en la mayor parte del año, el suelo de mediana fertilidad y un buen drenaje, fundamentales en el establecimiento de pastizales, y entre los factores sociales, la regulación de la tenencia de la tierra, lo cual dió lugar a

figuras asociativas para poder recibir la ayuda económica para la compra de herramientas, el desmonte y pago de mano de obra (López 1990). Al respecto, Moguel (1982) explica que la producción de becerros se localizaba preferencialmente sobre terrenos planos, donde también se practicaba la ganadería de doble propósito.

#### **2.1.4 Antecedentes históricos de la producción forestal**

De acuerdo con la SARH (1980) la producción forestal proviene luego del proceso de independencia y hasta el porfirismo, donde se afianza el mercado; sin embargo, el verdadero desarrollo de la industria forestal, tiene sus bases en las reformas establecidas en los años sesenta con el fortalecimiento de la industrialización mediante políticas económicas, dejándose ver un incremento notable, de un 100% en las unidades productivas de plantas de celulosa a partir de maderas, y de un 75% de las de triplay, de la instalación de plantas de aglomerados y unidades de aserríos.

El propósito de aprovechar los bosques, de acuerdo con SARH (1980), situados en terrenos nacionales y el apoyo a la industria, fundamentalmente la del aserrío, impulsó la creación de un gran número de ejidos forestales, financiados y dirigidos por los grupos industriales y en muchos casos por comerciantes e intermediarios. La experiencia de la zona, según Boeger y Rodríguez (1992), ha sido el saqueo de zonas completas, con una impunidad legal, social y política que repercutió indudablemente en el futuro del Estado; las vedas, lejos de proteger, solaparon talas clandestinas por la vía del saqueo hormiga efectuado por la población y algunos funcionarios.

## **2.2 DIMENSIÓN AGROECOLÓGICA**

### **2.2.1 Cambios en el uso del suelo**

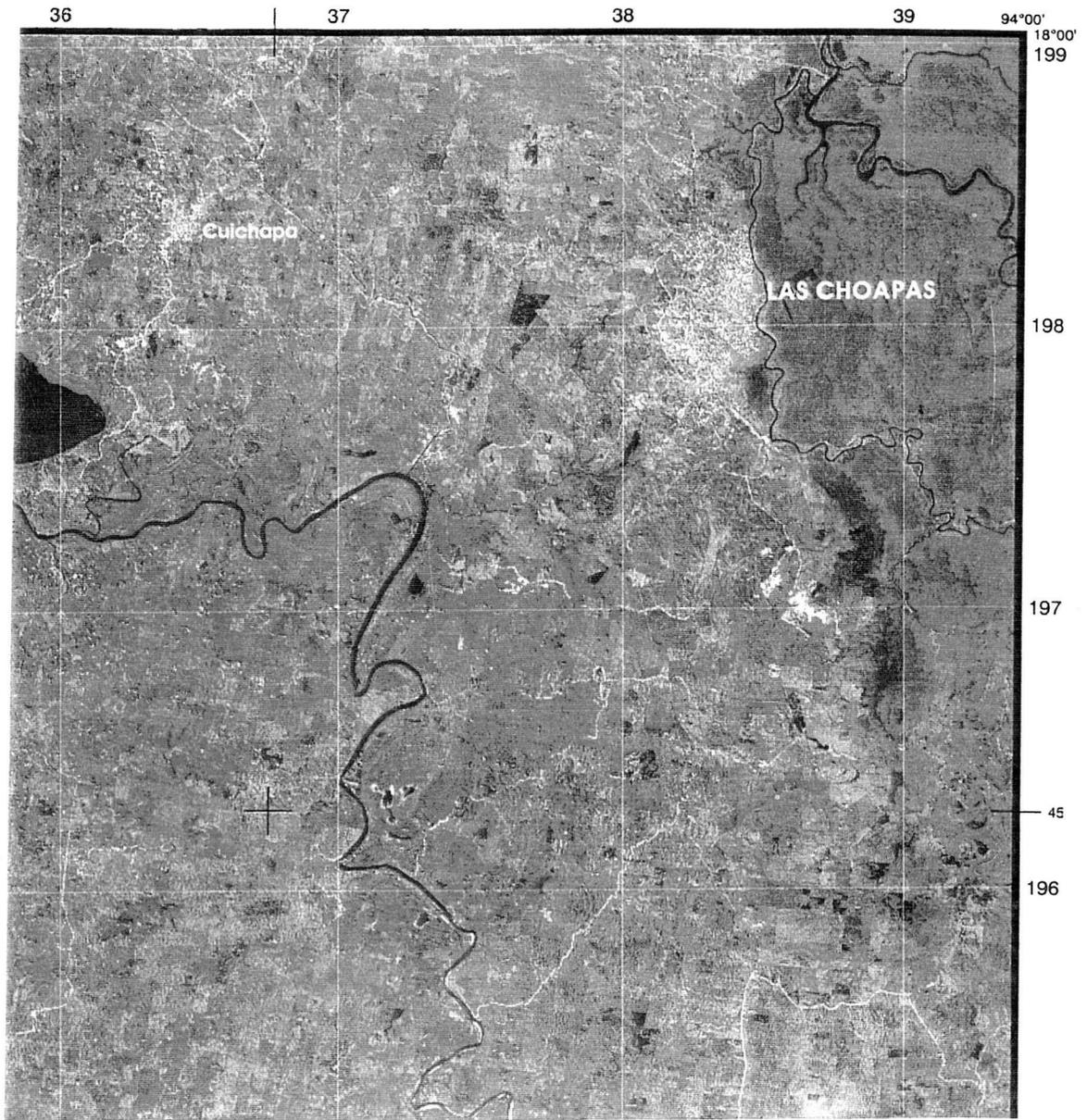
Según estimaciones de Maass y García-Oliva (1992) y de López (1980), citados por Larios y Hernández (1992), en el sur del Estado de Veracruz, tanto

la vegetación original como la secundaria, han sido destruidas aceleradamente en las últimas décadas, quedando solamente un 18% de la vegetación original y un 20% de la vegetación secundaria, predominando las superficies cubiertas con praderas. Esta situación, según Larios y Hernández (1992), que se dio por la ampliación de la frontera ganadera y por la explotación irracional en la extracción de maderas finas, presentó impactos especialmente sobre el uso del suelo.

Al respecto, Castillo (1992) presenta que las actividades agrícolas se han extendido utilizándose como pretexto para ampliar la extensión de la ganadería, la que se desarrolla, tanto en suelos fértiles como en suelos marginales. Igualmente reporta que para el año de 1980, la SARH estimó un 30.8% del territorio del Estado dedicado a la ganadería, un 31.6% a la agricultura y un 37.6% a recursos forestales. Sin embargo, ya para el año de 1987 hubo un desproporcionado incremento de la ganadería, pasando a 46% con un decremento del área agrícola del 16%, manteniéndose casi estable el área forestal, lo cual concuerda con los datos presentados por Barrera y Ortiz (1990). El estado actual del uso del suelo para la zona, puede verse en la figura 1.

### **2.2.3 Cambios socio-económicos**

De acuerdo con Fernández et al (1992), para los años 40, los cultivos básicos no parecían tener un papel relevante ya que únicamente, para éste año representaron el 12.4%, en tanto que los cultivos forrajeros y oleaginosas no pasaron del 0.36%, aunque su producción a nivel nacional era representativa al alcanzar el 6.4% de la producción nacional. Sin embargo, para el año de 1950, los anteriores valores cambiaron, aumentándose las áreas dedicadas a la producción bovina, con incrementos del 110% en la producción, alcanzando el 7.7% de la producción nacional, por lo cual la economía de la zona cambió drásticamente, especialmente por mayores flujos económicos.



RASGOS GEOGRAFICOS SOBRESALIENTES

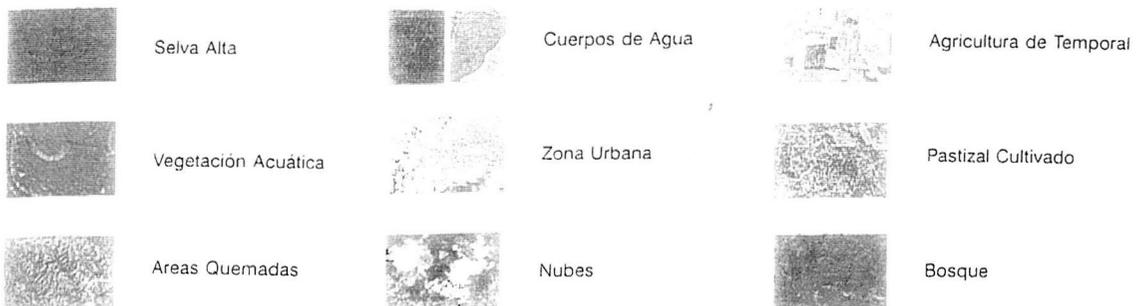


Figura 1 Estado actual del uso del suelo para la zona de Las Choapas, Veracruz. Escala 1: 250,000. Fuente INEGI (1993).

Sin embargo, es a partir de 1965 cuando se presentaron mayores incrementos, tanto en la superficie como en la producción de granos básicos, ocupando con ello casi el 56% de la superficie de labor, lo que se ve reflejado en la producción, cuyo incremento fue del 124%. La ganadería también crece, aunque su tasa de crecimiento se ve disminuida a un 20 % con respecto al período anterior. No obstante lo anterior, es a partir de 1965 cuando tanto la superficie como la producción de granos empieza a descender, presentándose un crecimiento de la superficie en pastos.

A partir del año de 1975 y hasta 1982, las condiciones tanto en la superficie como en la producción de productos básicos se deteriora aún más, con rendimientos globales mínimos, reduciéndose la superficie de labor; contrario a esta situación, la ganadería sigue creciendo, obteniéndose, en efecto, un incremento significativo que coloca al Estado en primer plano a nivel nacional con el 13.7% de dichas existencias.

Dicha investigación presenta que, la situación con respecto a los cultivos básicos se vuelve más crítica a partir de 1975, con una baja considerable del 42% para el año de 1979, situación que se refleja con reducciones en la superficie de labor. En cambio, para la ganadería es totalmente diferente ya que los inventarios se mantienen estables. Esta situación de la ganadería, que se prolongaría hasta 1985, según el Plan de Desarrollo Agropecuario y Forestal del estado de Veracruz (1980-1982), presenta que las posibilidades de expansión de la ganadería, en la zona sur del Estado, seguían siendo consideradas como muy buenas, vista desde la perspectiva económica, a pesar de la crisis económica nacional del año 1983, como lo plantea Barrera (1992), observándose consecuencias negativas en el poder adquisitivo de la zona del Sur de Veracruz, dando como resultado una creciente inestabilidad social en el campo concentrada en dos grupos económicos demandantes de seguridad para la producción de alimentos: los grupos campesinos y los ganaderos organizados.

## **2.3 DIMENSIÓN TÉCNICO-PRODUCTIVA**

El análisis de la situación del sector agropecuario, realizado por la SARH (1980), presenta que, no obstante los ritmos de crecimiento alcanzados, sobre todo en el ramo agrícola, éstos son muy lentos y en algunos casos incluso negativos. Tal comportamiento, en parte obedeció a que el 90% de la superficie se dedicaba a cultivos de temporal, lo que aunado a la falta de rentabilidad y seguridad en los cultivos básicos, propició un cambio en la estructura de la superficie de cultivos, favoreciendo especialmente a los perennes (caña, café y cítricos), y disminuyendo la de los cultivos anuales.

Con relación al sub sector forestal, este tiene poca importancia en cuanto a producción, situación que se explica por la existencia de la veda de 1952 a 1978. Una vez levantada se presentaron incrementos importantes, sobre todo de plantaciones forestales. No obstante, ello presupuso cambios en la legislación forestal para hacerla más expedita, pero sobre todo, de una administración más transparente con relación a los permisos de aprovechamientos, ya que actualmente, por la forma en que se operan, desinsentivan la producción del sector forestal.

### **2.3.1 Características de la producción ganadera estatal**

En un estudio de caracterización de unidades de producción bovina en la zona, Torres (1988) presenta que dentro de la estructura productiva se pueden encontrar los siguientes sistemas:

- Cría y destete ( incluye el doble propósito ).
- Cría y engorda ( incluye el doble propósito ).
- Engorda.

Con relación a la cría y destete, considerado como el sistema más sencillo de todos, se caracteriza porque la alimentación se basa en el pastoreo de praderas con especies forrajeras, especialmente de gramíneas nativas y últimamente con introducidas como el pasto guinea, brachiarias y estrella africana. El sistema consiste en separar el becerro de la vaca madre a una edad de 8 meses, para su posterior venta al mercado.

Al respecto, este sistema corresponde a la ganadería de doble propósito, donde a la producción de carne se le adiciona la producción de leche, especialmente con ganado no especializado, con prácticas de manejo y alimentación extensivas, existiendo en forma natural una época definida de reproducción, que propicia que la producción de leche se presente de manera estacional, como lo menciona Ruiz (1996). Este tipo de actividad ganadera se denomina localmente como de rejeguería (como lo comenta Torres, 1988), siendo practicada por pequeños y medianos productores, con limitados recursos, tales como pequeñas extensiones de tierra, con utilización de pocos insumos y prácticas de manejo tradicionales.

Respecto a los aspectos técnicos-productivos, en el rubro de alimentación y potreros, se detectó un inadecuado manejo de los potreros (presencia de malezas y otras plagas, no se fertiliza y sólo el 50% realiza rotación de potreros), no así para el manejo sanitario donde la vacunación es una práctica muy común entre los productores de la región (94.7%), y donde los baños periódicos se realizan en el 85.4% de los casos, además del combate de endoparásitos, el cual se realiza en un 45.8%, de acuerdo a Rosas (1987).

Con relación a los parámetros productivos, la Secretaría de Agricultura y Ganadería (1968), presenta que la capacidad de carga para la sabana de las Choapas (coeficiente de agostadero) es de 2.67 ha por UA, mientras que la SARH (1980) menciona como promedio una capacidad de carga animal de 1.2 UA por ha, con una producción promedio de leche/ vaca/día de 2 litros como

consecuencia de la escasa capacidad genética, de las deficiencias nutricionales y del manejo ineficiente de los hatos; estos parámetros indican, que si bien la zona es apta para la ganadería, es necesario ejercer mayor influencia técnica a fin de mejorar los rendimientos por área y por animal.

### **2.3.2 Características del sector forestal**

Estudios de la SARH (1980) y (1992), afirman que las actividades forestales en el Estado de Veracruz, a la fecha mostraron una evolución distinta al resto de las de tipo primario; a pesar del enorme potencial forestal con que cuenta, si se considera que el 35% de la superficie está cubierta de bosques (2.5 millones de hectáreas), la silvicultura ha mantenido una participación relativamente pequeña en la economía del Estado, la que para 1970, y según estimaciones de la Universidad Veracruzana, contribuía sólo con el 0.1% del producto territorial bruto, representando el 4% de la producción nacional.

En este sentido, la producción maderable en el Estado ha sido tradicionalmente representada por las llamadas maderas corrientes tropicales (ceiba, barí, chaca, etc.), por las maderas preciosas tropicales (caoba, cedro rojo, primavera, etc.) y por las maderas provenientes de las pináceas y otras hojosas de clima templado. Dicha producción ha mantenido en los últimos 35 años tendencias sumamente inestables. Así, la SARH (1980) presenta que para el año de 1940 se produjeron en la entidad 197 mil m<sup>3</sup> de madera en rollo, la que para 1945 descendió, mostrando en 1952 una nueva recuperación al generarse 93 mil m<sup>3</sup>. Es a partir de este año, cuando las autoridades estatales y forestales promovieron el decreto de la veda forestal de recuperación y servicio para los bosques veracruzanos. Con ello se prohibió todo tipo de explotación con fines netamente comerciales, situación que significó nuevamente una caída de la producción, hasta que tal acción vuelve a ser modificada en el año de 1958, la que dura hasta el año de 1965, dando como resultado cambios en el uso del suelo.

Si bien los recursos forestales han sido sobre explotados, como lo comenta Chapela (1992), la producción actual de los bosques y selvas, al ser el resultado de un proceso natural espontáneo, está muy por debajo de los 3-10 m<sup>3</sup> / año / ha de países que si cultivan sus bosques, a pesar de tener terrenos de mala calidad y climas muy adversos, lo cual muestra el estado de desarrollo de la industria forestal, donde sólo la extracción abarca entre un 40 a 60% de los costos de producción. Sin embargo, con la nueva legislación forestal del año xxx esta inversión, para Las Choapas, se ha realizado con el complemento de grandes compañías forestales concesionarias (como Smurfit Cartón de México y La Simpson), las cuales se ha acogido a los beneficios que la misma otorga, como son los estímulos socio-políticos y económicos creados a fin de fortalecer el sector.

## **2.4 DIMENSIÓN POLÍTICO-CULTURAL**

### **2.4.1 Organización de los productores**

Dentro de los mecanismos legales, que han permitido el crecimiento de la ganadería veracruzana, en opinión de Barrera (1992) está el decreto de "certificado de inafectabilidad ganadera" promulgado por Cárdenas en 1937, y el de Alemán en 1947, definido por la "pequeña propiedad ganadera" los cuales dotaron de concesiones de hasta por 25 años, dando lugar a la creación de la "Ley de Asociaciones Ganaderas" en 1936 y al "Reglamento de la Ley de Asociaciones Ganaderas", con lo cual se otorga la exclusividad a estos organismos para poder promover el desarrollo de la ganadería a nivel nacional y regional, dando origen organizaciones a nivel municipal (como las Asociaciones Ganaderas Locales), siendo éstos los únicos organismos legalmente establecidos para recibir los subsidios federales y estatales para el fomento ganadero, permitiendo a la postre, ser los instrumentos para la lucha organizada contra el reparto agrario de tierras ganaderas.

La organización de productores pecuarios del Estado desde entonces es sólida y compleja. Según los datos obtenidos por Barrera (1992), la Confederación Nacional Ganadera se encuentra representada aquí por tres Uniones Regionales y 137 asociaciones locales, siendo el número de afiliados a esta estructura organizativa, para el año de 1987 de 101,510 socios, que corresponden al 43.6% del total de los productores primarios registrados en la entidad.

Al respecto, Veracruz es el fiel reflejo de la política crediticia desplegada a nivel nacional por las agencias gubernamentales encargadas del desarrollo agropecuario; sin embargo, al considerar los problemas de mercadeo originados por el desarrollo agropecuario, nuevas alternativas surgieron, las que fortalecieron el proceso ganadero, como es el caso de las plantas procesadoras de leche.

#### **2.4.2 Apoyos a la producción**

El auge del plan Chontalpa, dado desde 1972, juntamente con la participación de los productores de la zona, tuvieron fuertes reparos debido a las bajas condiciones técnicas y económicas, lo cual frenó el desarrollo de la producción, lo que juntamente con los procesos de mercadeo, propiciaron un estancamiento en el plan, de acuerdo al FIRA (1993). Sin embargo, la construcción de la planta ultra pasteurizadora de leche en la ciudad de Villahermosa, se constituye en el mas fuerte aliciente para el frenado desarrollo de la lechería en la zona, como era el acopio y mercadeo, aunque aún no se consolida, apoyándose solamente en un 35% de la leche producida en la zona, como lo comenta Ruiz (1996).

Con relación a la parte forestal, la SARH (1986) plantea que la problemática de la reforestación, y por lo tanto de los apoyos a la misma se han visto frenados debido principalmente a la insuficiencia presupuestal para realizar trabajos de regeneración de suelos con vocación forestal, como también en la

descordinación entre las diferentes dependencias federales y estatales para la realización de aprovechamientos forestales, de fomento y de protección. Por otro lado, añade, que los cambios en el uso del suelo con base en razones socio económicas, sin tomar en cuenta los aspectos ecológicos y técnicos y la falta de compromiso de los usufructuarios del bosque, tanto los que utilizan la madera como los que disfrutan de los beneficios asociados al árbol, son factores que restan posibilidades al desarrollo organizado de la industria forestal de la zona y del país.

No obstante lo anterior, surge la nueva ley forestal (1997), la cual plantea incentivos económicos para los productores y al desarrollo forestal, mediante la regulación respecto a las plantaciones forestales comerciales y a sus efectos ambientales, estableciendo requisitos y procedimientos para tales fines. Igualmente se da inicio al programa de apoyos a las plantaciones forestales comerciales (PRODEPLAN, 1997), como puede verse en SEMARNAP (1988), el cual contempla el otorgamiento de subsidios para el establecimiento y mantenimiento de plantaciones por medio de esquemas de licitación pública, con el fin de establecer una superficie, a nivel nacional de 875 mil hectáreas, en un período de 25 años.

Dentro de los objetivos de PRODEPLAN se destacan el otorgar incentivos fiscales, como la reducción del impuesto sobre la renta, al activo y al valor agregado, la depreciación inmediata en maquinaria y equipo, y a la generación de empleo e ingresos en zonas rurales muy pobres del país, particularmente en el sureste, donde actualmente existen pocas alternativas productivas sustentables, con el fin de aprovechar grandes extensiones de tierras. Es así como el desarrollo forestal de la zona se ha iniciado por parte de PLANFOSUR (1998), empresa que inicia operaciones en la zona en el año de 1994 y que en la actualidad ha plantado 9,500 hectáreas, entre cuyos objetivos, además de plantar está el cultivar y cosechar el material celulósico de eucalipto en forma continua mediante ciclos productivos de siete años.

## **2.5 DIMENSIÓN AMBIENTAL**

### **2.5.1 Deforestación en el estado de Veracruz**

Barrera (1992), en una síntesis, presenta, con relación a la región del sur veracruzano, que esta se inicia con la integración a la economía nacional a partir de los años 40, con el programa de desarrollo y colonización denominado "Marcha al Mar", como también por ser considerada la región como el "granero" del estado, zona productora principal de cultivos básicos, especialmente de maíz. Igualmente, la ausencia de un enfoque adecuado para la conservación forestal y la explotación silvícola generó no solamente el deterioro de la biodiversidad veracruzana, sino también, la erosión económica y social de amplias capas de la población rural y estatal, señalando que en el año de 1980 las áreas forestales comprendían tan sólo el 8% de su superficie total del Estado, cuando a partir de 1930, las selvas cubrían el 86% de su área y solamente el 3% de ella eran pastizales. Mayor información al respecto puede verse en Boeger y Rodríguez ( 1992 ). La figura 2 presenta la transformación de acahuales a paraderas naturales.

### **2.5.2 La erosión**

Entre los daños directos e indirectos causados por la actividad de explotación están la pérdida de forraje, remoción de nutrientes, pérdida de productividad del suelo y pérdida de cultivos por incendios (Larios y Hernández 1992). En parte, estos impactos, de acuerdo al estudio realizado por la Secretaría de Agricultura y Ganadería (1968), están relacionados con la evolución de las prácticas de uso del suelo, especialmente por el cultivo de maíz, que es una de las coberturas más erosivas, según Figueroa (1975), citado por García y Ordóñez (1992).

De acuerdo con estudios de erosión realizados por Rey et al (1982), para el Estado de Veracruz, se reporta que a la fecha ya se presentaba problemas claramente identificados desde el año de 1960, donde un 75% del área

presentaba algún tipo de erosión, especialmente entre la moderada y la acelerada, las que sumaban un total del 47% de la superficie. Si bien los estudios de erosión son pocos en México, Martínez y Fernández (1983) citados por García y Ordóñez (1992), reportaron cargas de sedimentación de las principales cuencas del Estado, como la cuenca Tuxpan-Nautla, con valores de  $3.080 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , la cuenca del Pánuco con  $2.274 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , la del Papaloapan con  $3.229 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  y la del Coatzacoalcos  $4.073 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ .

Considerando que el valor más alto de degradación específica dado por los autores es de  $5.707 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , para la costa chica del Pacífico y un valor de tolerancia de  $2 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  (citando a Wishmeier y Smith, 1978), los valores presentados son alarmantes, especialmente en el Sur del Estado del Sur, donde predominan los climas tropicales. Al respecto, Sancholuz (1984), citado por García y Ordóñez (1992), estimó valores de  $62 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  a  $492 \text{ Ton ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  para cultivos de maíz en Tabasco, mientras que Espinosa (1984) reportó pérdidas de suelo de  $30.74 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  para la región de Xalapa, las cuales son alarmantes.

En atención a lo anterior, García y Ordóñez (1992) manifiestan que, si bien, la relación entre las pérdidas de productividad y la erosión no son lineales, de hecho existen relaciones potenciales, es decir, un valor a partir del cual la productividad se reduce drásticamente, donde este tipo de relación puede definir los umbrales de la erosión, a partir de los cuales el ecosistema ya no tiene capacidad para recuperarse de la transformación, por lo que al no poder mantener las características iniciales, se considera una situación con problemas serios de sostenibilidad.

### **2.5.3 Los incendios forestales**

Los incendios forestales, ligados a la práctica de quemar los pastizales para propiciar su regeneración ( "renuevo" ), constituyen un fuerte impacto ambiental ligado a la ganadería. A diferencia de la quema de la milpa, Paré (1993) señala



**Figura 2 Transformación de acahuales a pasturas naturales para ganadería extensiva, en Las Choapas, Veracruz.**



**Figura 3 Desarrollo actual de las plantaciones de eucalipto para la región de Las Choapas, Veracruz.**

que la del pastizal no suele hacerse con las mismas precauciones y, sea accidental o intencionalmente, es el origen de muchos incendios forestales en el área del sur de Veracruz. Como consecuencia, apuntan, no sólo se afecta en términos de disminución de biodiversidad y de la potencialidad de los espacios para proporcionar alimentos y satisfactores diversos, sino que significa la disminución potencial de los suelos, ya sea a través de la erosión o del empobrecimiento de nutrientes o del resecaimiento del suelo.

#### **2.5.4 flora y fauna**

En un apunte sobre la riqueza biótica veracruzana, Vásquez (1992) manifiesta que, restringiéndose a las zonas de baja y mediana altura (0-700 msnm), en la planicie costera, se pueden ubicar tres de los más diversos ecosistemas: las selvas altas y medianas perennifolias y subperennifolias, selvas bajas caducifolias y bosques caducifolios, sin despreciar la vegetación de dunas, manglares, pantanos, palmares y sabanas cuya riqueza es mucho menor. La destrucción paulatina a que han sido sometidos estos ecosistemas, especialmente de selvas, conlleva la extinción de cientos de especies de flora y fauna y de conocimientos adquiridos por los habitantes locales. Sólo en un trabajo realizado en Uxpanapa, Toledo et al (1978), citado por García y Ordóñez (1992), reportan en tan solo una hectárea de selva la presencia de 200 especies de plantas y en los estudios realizados en una comunidad de la región, encontraron que los habitantes hacían uso de las especies animales y vegetales de 5 diferentes ecosistemas, de los cuales obtenían una gran variedad de productos, como alimentos, bebidas, medicinas, aromatizantes y saborizantes, instrumentos, materiales para la construcción, forrajes, combustibles, fibras, ceras, taninos, colorantes y resinas.

#### **2.5.5 La transformación de los paisajes agrarios.**

Ortíz (1992) presenta que la noción de paisaje agrario ha estado presente desde ya hace largo tiempo en los estudios de las formas de procesos

naturales y sociales (citando a Bernaldez, 1981 y a Mikessel, 1985), de manera que los estudios representan eslabones entre un pasado y un presente, entre una naturaleza y una civilización. Dicha transformación ha venido operando bajo el marco de la apropiación de los recursos naturales, donde se sobrevaloran unas cuantas especies y, al mismo tiempo, subvalora un amplio potencial de condiciones agrobiológicas. La historia reciente de las transformaciones de los paisajes presenta tres periodos: de 1920 a 1940, caracterizado por una significativa presencia de granos básicos, así como una importante explotación de maderas preciosas y hule. En este periodo la ganadería bovina no ocupa un lugar sobresaliente.

El segundo periodo, de 1940 a 1970 significa el principio de importantes cambios especialmente por el auge de cultivos comerciales, como los cítricos, la caña, el hule y los plátanos, los que experimentan un rápido crecimiento, a la par que se desarrollan los procesos de ganaderización de la región, donde también los cultivos básicos, se mantienen a pesar de las diferentes fluctuaciones del mercado.

Este tercer periodo, de 1970 a 1998, se caracteriza por una disminución importante en la superficie de cultivos típicos, aumentándose los espacios ganaderos, pero apareciendo los grandes áreas de cultivo de especies comerciales, desplazando incluso algunas áreas de ganadería de tipo extensivo, especialmente en Las Choapas y en el Estado de Tabasco.

### **2.5.6 Las plantaciones forestales**

El nuevo impulso dado a las plantaciones forestales comerciales, con especies de alto rendimiento, ha creado corrientes a favor y en contra por el uso deliberado tanto de especies nativas como de exóticas, las que se plantean como solución, por lo menos parcial, a los planes de reforestación, asociadas a las necesidades de demanda de la industria forestal entre otros. A pesar de ser una solución práctica, se ha producido un estado creciente de opinión de

diversos sectores y diversas ramas del saber en torno a los efectos que en el corto, mediano y largo plazo podrían alcanzarse, tanto positivos como negativos, asociados a la calidad del ambiente, en cuanto a los suelos, la disponibilidad de agua y la vida silvestre, incluso cuando las plantaciones sean establecidas en tierras baldías, desprovistas de cubiertas arboladas.

Al respecto muchos estudios y publicaciones se han realizado, especialmente referentes al uso del eucalipto, como las de Poore y Fries (1987), Paula (1994) y Zimmermann (1983), donde la finalidad de los mismos consiste en la información disponible sobre los efectos ecológicos de éstos y presentar en forma condensada los resultados. Dentro de los argumentos fundamentados tanto por quienes se oponen como por quienes las favorecen se relacionan con la facilidad de los eucaliptos para su introducción, especialmente en zonas cálido-húmedas tropicales del mundo, a causa de su rápido crecimiento y del amplio rango de condiciones en las cuales las diferentes especies prosperan. La figura 3 presenta el estado actual de una plantación de eucalipto en la zona de Las Choapas, Veracruz.

### **III MARCO DE REFERENCIA**

Se describen las características ambientales y tecnológicas de la producción de la ganadería de tipo extensivo y de la plantación de eucalipto, para la región donde se localiza el agroecosistema en estudio.

#### **3.1 ASPECTOS BIOFÍSICOS**

##### **3.1.1 Localización**

El lugar donde se llevó a cabo el presente trabajo se localiza al sureste de la República Mexicana, en la parte sur del estado de Veracruz, municipio de las Choapas (Figura 4), cuyas coordenadas externas la sitúan entre los 17° 59' y 17° 15' de latitud Norte y entre los 93° 37' y 94° 19' de longitud Oeste. Este municipio representa el 5.89% del total de la superficie del Estado (INEGI, 1995).

##### **3.1.2 Geomorfología**

Corresponde a la planicie costera del golfo de México, caracterizada por presentar áreas planas y ligeramente onduladas (entre 0 y 600 msnm), que se extienden básicamente de Norte a Sur. Esporádicamente se encuentran algunos lomeríos, cuyas alturas no afectan en nada al relieve general de la geoforma.

De acuerdo con Rey et al (1982), la geomorfología corresponde a la nomenclatura Ba2, que consiste en una planicie costera de depósito aluvial con pequeñas áreas inundables, y una asnm entre 5 y 100 m, con predominio entre 10 a 15. Las características generales de los suelos es ser someros, de texturas medias, donde la vegetación predominante es la selva alta perennifolia, con sabanas y palmares.

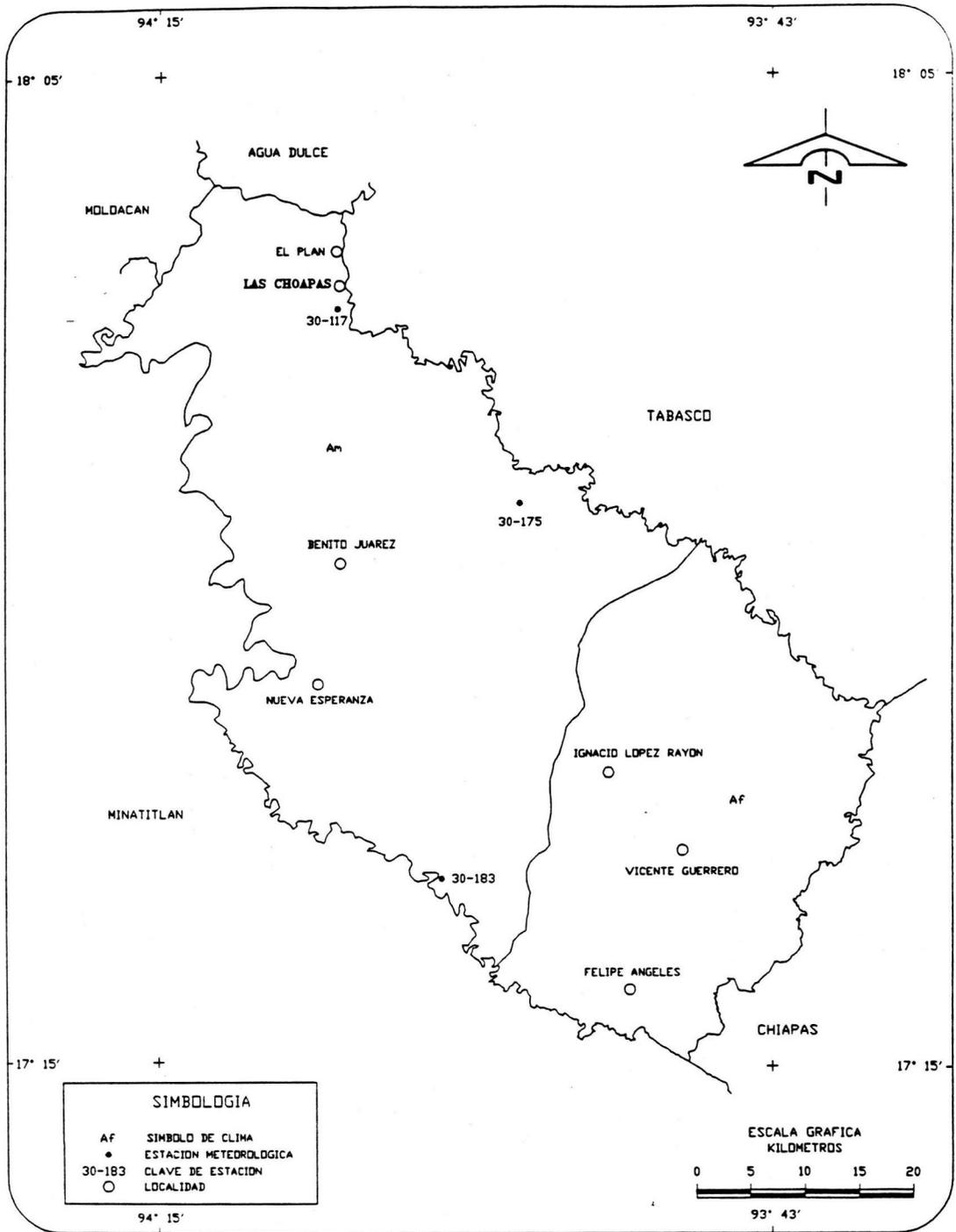


Figura 4 Localización geográfica del municipio de Las Choapas, Veracruz. (INEGI, 1995).

### **3.1.3 Suelos**

De acuerdo con Rey et al (1982), la unidad de suelo es el de Acrisol Ortico (Ao) y la sub-unidad a un suelo Acrisol Ortico-Cambisol Eutrico, de texturas medias a finas. Morfológicamente son profundos, presentando piedras angulares y cantos rodados a partir de los 40 cm de profundidad. La sub-unidad Acrisol-Ortico presenta un color rojizo en la mayor parte del perfil, mientras que el Cambisol Eutrico es más oscuro (10 YR 4/3) en los primeros 40 cm superficiales.

El análisis de laboratorio del suelo realizado en el presente estudio, tomados bajo la modalidad de perfiles, permitió reconocer una clasificación textural franco-arenosa y franco-arcillo-arenosos, con contenidos de materia orgánica extremadamente ricos. Las propiedades químicas presentaron un pH muy ácido, con una baja CIC y con contenidos entre bajos y muy pobres para los elementos fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) (Cuadro1). Estos resultados se discuten en el inciso 9.1 del capítulo de Resultados y Discusión.

### **3.1.4 hidrología**

El municipio pertenece a la cuenca del río Tonalá y Laguna del Carmen, y a la subcuenca del río Tancochapa, la cual cubre el 13.57% de la superficie del municipio. Además cuenta con abundantes cuerpos de agua, entre los que sobresalen las lagunas La Palma y Tres Zapotes (INEGI, 1995).

### **3.1.5 Clima**

De acuerdo con el INEGI (1995), el clima del municipio, según la estación meteorológica 30-117 Tancochapa, corresponde al Af (ver cuadro 2 y figura 5), el cual representa el 36.4% de la superficie del municipio, y el Am (63.58%), los cuales, de acuerdo al Sistema de Clasificación Climática de Köppen, modificado por E. García, corresponden a los climas tropical lluvioso, es decir,

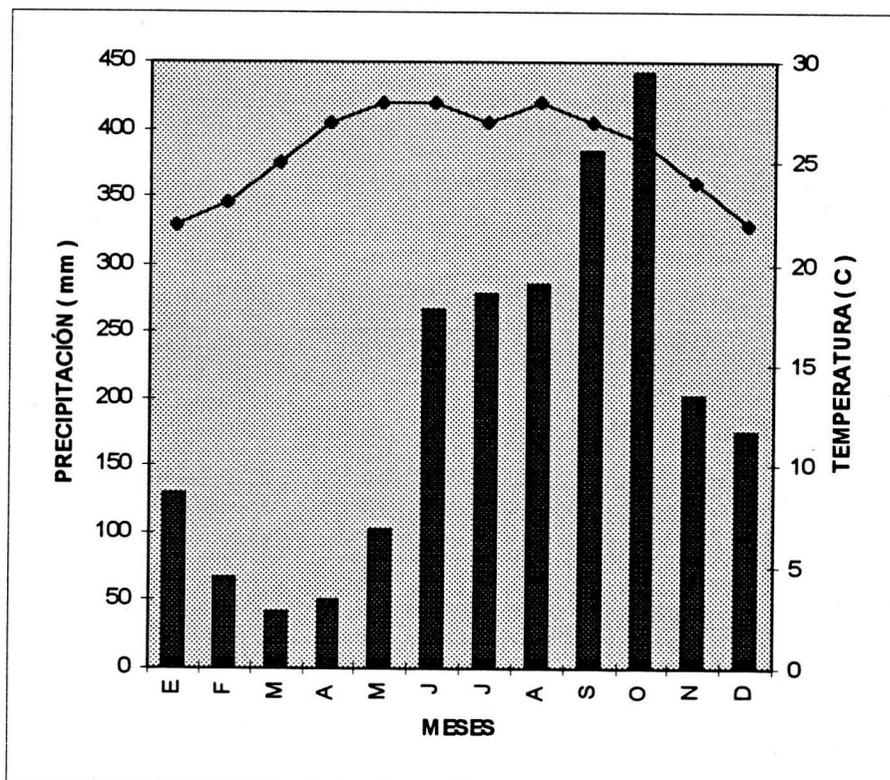
Cuadro 1 Contenido de nutrientes presentes en los perfiles de los suelo de un Pastizal, una plantación de Eucalipto y un Acahual, correspondientes a la zona del Municipio de Las Choapas, Veracruz.

Uso agrícola	Profundidad cm	pH	Contenido de minerales en los diferentes perfiles, en t ha <sup>-1</sup>										
			MO	Ntotal	P	Na	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
• Pastizal	00 - 15	4.75	101.86	5.06	0.0081	0.0251	0.0111	0.0097	0.0046	0.3787	0.0001	0.0002	0.0003
	15 - 27	4.78	51.64	2.53	0.0135	0.0163	0.0683	0.0045	0.0021	0.2328	0.0001	0.0001	0.0001
	27 - 40	4.68	32.29	1.52	0.0057	0.0063	0.0060	0.0084	0.0051	0.0270	0.0001	0.0002	0.0000
	40 - 57	4.81	0.58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	57 - 67	4.73	0.71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	67 - X	4.70	0.52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
• Eucaliptal	00 - 12	5.20	97.96	4.85	0.0052	0.0157	0.0156	0.0192	0.0060	0.1456	0.0004	0.00001	0.0004
	12 - 20	4.94	22.42	1.03	0.0036	0.0008	0.0040	0.0032	0.0014	0.0181	0.0001	0.00001	0.0000
	20 - 70	4.85	14.14	0.65	0.0199	0.0023	0.0100	0.0089	0.0038	0.0170	0.0001	0.00011	0.0000
	70 - X	4.90	0.32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
• Acahual	00 - 23	4.67	208.43	10.35	0.0109	0.0357	0.0224	0.0225	0.0225	0.6813	0.0006	0.00290	0.0003
	23 - 40	5.03	49.81	2.47	0.0074	0.0140	0.0061	0.0049	0.0049	0.0749	0.0000	0.00000	0.0002
	40 - X	4.82	0.58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Malagón y Rey (1998)

**Cuadro 2 Normales climáticas de la estación meteorológica 30-117 Tancochapan, localizada en Las Choapas, Veracruz .**

MES	PRECIPITACIÓN ( mm )	TEMPERATURA ( °C )
Enero	128.8	22.2
Febrero	66.8	23.0
Marzo	42.0	25.4
Abril	50.0	27.5
Mayo	102.7	28.3
Junio	268.6	28.2
Julio	277.8	27.1
Agosto	285.9	27.6
Septiembre	384.0	27.0
Octubre	442.2	25.6
Noviembre	202.0	23.9
Diciembre	175.8	22.5
Anual	2,426.6	25.7
Años de observ.	27	27



**Figura 5 Climograma de la estación meteorológica 30-117 Tancochapan, localizada en Las Choapas, Veracruz.**

cálido húmedo con lluvias todo el año, con una temperatura anual media de 25.7 °C, una precipitación anual de 2,426.6 mm, una evaporación mensual promedio de 105 mm, y una humedad relativa promedio del 82%.

### 3.1.6 Vegetación

De acuerdo a su abundancia, según lo presenta Pémex (1982) se distinguen, el Pastizal cultivado (entre cuyas principales especies se encuentran el Amargo *Paspalum conjugatum*, el Estrella africana *Cynodon plectostachyus*, el *Brachiaria humidicola*, el pasto Alemán *Echinochloa polystachia*, Elefante *Pennisetum purpureum*, Pangola *Digitaria decumbes*, y el Pará *Brachiaria mutica*), el Palmar (especialmente las especies del tipo Coyol *Acrocomia mexicana*, Corozo *Orbignya guacuyule*, Guano redondo *Sabal mexicana*, Palma real *Sheeleia liebmannii* y la Palma de coco *Cocus nucifera*), el Tular y popal y finalmente el Acahual de selva (formado principalmente por especies como, *Apeiba liborbou* y *Piscidia comunis*, *Brosimun alicastrum*, *Lycania platypus*, *Andira galeottiana*, *Lonchocarpus sp.*, *Sweetia panamensis*, *Swietenia macrophylla*, *Alchornea latifolia*, *Talissia olivaeformis*, *Pimienta dioica*, *Miconia argentea*, *Pouteria campechana* y *Taebuia sp.*).

### 3.1.7 Fauna

En la región es posible encontrar fauna silvestre y fauna introducida (Pémex, 1982). Con relación a la fauna silvestre esta está compuesta por 53 especies, de las cuales el mayor número corresponde a las aves, con un total de 28 especies. Para la fauna introducida se destaca la ganadería existente en la zona, correspondiente a distintos tipos raciales y sus cruzamientos, especialmente entre *Bos taurus* por *Bos indicus*, logrando una mayor adaptación fisiológica a las condiciones del trópico húmedo.

Igualmente existen otros tipos de especies de animales de crianza como los cerdos, aves como las gallinas, gallos, patos, guajolotes, y otras especies

menores como los borregos y conejos, los cuales, en su mayoría, los mantienen para el consumo familiar, bajo condiciones técnicas extractivas. También están presentes diversas razas de caballos, burros y mulares, dedicados al transporte personal y para carga.

### **3.2 ESTADO Y MOVIMIENTO DE LA POBLACIÓN**

La tasa de crecimiento medio anual del municipio durante el período comprendido entre 1970 y 1980, presenta un valor del 3.3%, la cual aumenta durante la década de los 90 a un 3.4%. Igualmente, hay un incremento en la población rural durante el mismo período, pasando del 33.4%, en 1970 a un 35.4% en los años 80, e incrementándose al 42.9% para la década de los 90, lo cual muestra una alta vocación agrícola ( INEGI, 1995).

Con relación a los empleos y los salarios, el INEGI (1995) presenta, para el año de 1990, que la población por condición de actividad, para mayores de 12 años, un 71.6% se consideraron ocupados, mientras la tasa de inactivos fue del 27.7%. Por sector de actividad, a marzo de 1990, este mismo estudio presenta que el sector primario ocupa el 45.9% de dicha mano de obra, en relación al 23.6% del sector secundario y al 28.2% del terciario. Esta situación se corrobora por la ocupación principal, dentro de la cual, los trabajadores agropecuarios representan el 45.2%, seguido de los artesanos y obreros con un 12.8%, los comerciantes y dependientes con el 6.1% y finalmente los ayudantes y similares con el 5.2%.

Con respecto a la educación, Baizabal (1994) presenta un alto grado de analfabetismo entre los productores ejidatarios; si bien las estadísticas del INEGI (1995) presentan un decremento en el porcentaje de analfabetas, los cuales pasan de un 32.8% para el año de 1970 a un 22% para el año de 1990 (lo que significa que existieron programas educacionales para adultos con buenos resultados), el analfabetismo total puede considerarse como alto.

### **3.3 ASPECTOS TECNOLÓGICOS**

De acuerdo al estudio del INEGI (1995), para el año de 1991, las características más sobresalientes de las unidades de producción rurales mostraron que de un número total de 9,084 unidades de producción, con una superficie de 311,835.83 ha, 7,361 de ellas contaban con actividad agropecuaria y forestal integradas, de las cuales, sólo 379 de ellas disponían de vehículos. No obstante la utilización de crédito y seguro era un poco mayor, ya que 1,142 de ellas lo utilizan contra 6,219 que no hacen uso de estos recursos.

La distribución de las áreas por actividad de explotación eran variables y en muchos casos combinaban las actividades; se encontró que 6,623 unidades contaban con ganadería dedicada a la cría y explotación bovina, 4,623 realizaban actividades forestales, de las cuales 848 comprendían predios con actividad forestal maderable establecida y 4,429 con actividad de recolección.

#### **3.3.1 Producción ganadera**

##### **3.3.1.1 Características de la ganadería de productores propietarios**

En un estudio socio económico comparativo de los productores pecuarios del municipio de Las Choapas, Veracruz, Baizabal (1994) presenta dos tipos, claramente definidos: unidades de producción ejidales y unidades de productores propietarios. Su principal diferencia está en que los primeros poseen en promedio 20 ha, mientras los segundos alcanzan las 100 ha. De acuerdo al tipo de problemática que se desea investigar, se hará referencia a los productores propietarios, cuyas unidades de producción corresponden al sistema denominado de "rejejería", también llamado de ganadería extensiva.

Con relación a la infraestructura económica, en general, la extensión promedio de dichos predios es de 101 ha, de las cuales, un 27% la dedican a las actividades agrícolas, siendo el renglón de la ganadería la que cuenta con

mayores instalaciones y equipos de labor. En este aspecto, el 84 % de los propietarios cuentan con galera para ordeño, un 73% tienen pozo, el 76% corral de manejo, el 43% poseen vehículo en el rancho, y energía eléctrica. Sobre maquinaria y equipo, el 18% cuentan con tractor e implementos y el 100% cuentan con utensilios menores para las actividades diarias, de acuerdo al estudio realizado por Baizabal (1994). Este mismo estudio presenta que para el acceso a la unidad de producción, el 31% de los propietarios cuentan con brechas y un 69% por caminos de terracería en regular estado todo el año.

### 3.3.1.2 Manejo del ganado

El manejo está relacionado con ganadocruzado, donde la capacidad de carga se estima en 1.8 UA por ha, predominando la falta de registros en un 90% de las unidades como también la identificación de los animales. La alimentación del ganado tiene como base el uso de forraje de praderas nativas, sin ningún tratamiento de fertilizantes (Baizabal, 1994). Al respecto, un aspecto a destacar es la presencia de leguminosas arbóreas en los cercos vivos, tales como el cocoíte ( *Gliricidia sepium* ), cuya finalidad, además de su calidad como poste vivo, y disminución de los costos de cercado, es el sombrío para los animales y su utilización en ramoneo. Otras especies encontradas en los cercos vivos son: *Guazuma ulmifolia*, *Bursera simaruba*, *Eritrina* sp, etc.

En cuanto al manejo sanitario, éste se realiza cuando se tienen problemas de salud en los animales; sobre la aplicación de vacunas, el 35% aplican bacterina doble, el 31% bacterina triple, el 16% vacuna contra Derriengue, el 8% contra brucela y el 8% también contra Septicemia Hemorrágica, además de un 2% que vacunan contra Edema Maligno y un 24% no vacunan sus animales. Con relación a los parásitos externos, el 80% de los productores bañan en forma eficiente durante todo el año contra garrapatas y mosca, con un intervalo entre baños no mayor a 30 días. Con relación a la presencia de mastitis esta es baja, posiblemente debido al manejo de amamantamiento y escurrimiento de la ubre por parte de los terneros, una vez concluido el ordeño (Baizabal, 1994).

El componente racial corresponde a cruces entre razas cebuínas con europeas, tales como la Suiza y la Holstein, buscando ante todo producción de carne y leche. Este tipo de cruzamiento, aunque no obedece a un cruce planificado, es realizado en parte para manejar los niveles de consanguinidad, recurriendo en la mayoría de los casos al empleo de reproductores obtenidos dentro de la región, pero sin ser puros, como puede verse en la figura 6.

Los parámetros reproductivos, se caracterizan por presentar altos intervalos entre partos (mayores a 420 días), donde las vacas permanecen dentro del hato durante un período de 9 años (tasa de reposición del 16%), correspondiente a 5 partos, y donde la selección está en relación con aspectos de producción de leche e intervalo entre partos y no tanto en los aspectos fenotípicos.

De acuerdo a las características del sistema, Baizabal (1994) encontró que los principales productos comercializados era, en orden de importancia, la producción diaria de leche, estimada en un promedio de 4.2 lt por vaca, durante dos ordeños realizados a mañana y tarde, la cual era vendida directamente a los consumidores en la misma finca. Seguidamente está la venta de machos destetos, a una edad de 8 meses, cuyo precio dependía básicamente del tipo racial; por el contrario, la venta de hembras sólo se realiza si éstas no tienen las características deseadas por el productor.

### **3.3.2 Producción de eucalipto**

Las plantaciones forestales de eucalipto, para la zona, son relativamente nuevas (a partir del año de 1993). Actualmente PLANFOSUR (1998) desarrolla este tipo de producción con las especies *Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus urofila* (ver figura 7), semilla introducida al país proveniente del Brasil, corresponden a un sistema intensivo de tipo comercial, caracterizado por la preparación mecánica del suelo, con distancias de siembra de 3 x 3 m, control



**Figura 6 Tipo racial y condiciones corporales de ganado de engorde para la zona de Las Choapas, Veracruz.**



**Figura 7 Estado actual de las plantaciones de eucalipto, en Las Choapas, Veracruz.**

de especies no deseables durante los dos primeros años mediante medios mecánicos y químicos, fertilización nitrogenada con valores de 100 kg ha<sup>-1</sup> durante el primer año y de 200 kg ha<sup>-1</sup> y el desarrollo de actividades de control de plagas y enfermedades a lo largo del período de crecimiento de la plantación, el cual se aprovecha mediante turnos de 7 años.

Con relación al aprovechamiento, éste se planea realizarlo con motosierra, mediante el corte, desrame y troceo, siguiendo un apilamiento manual con la ayuda de caballos. En cuanto a los valores de producción de madera, se espera cosechar 170 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, lo cual coincide con los valores dados para plantaciones de eucalipto en el Brasil (SIMPSON, 1991).

### **3.3.3 Mercadeo de productos**

De acuerdo a Baizabal (1994), no existe problemas en la zona con los precios de los animales, manteniéndose estables tanto por peso como por tipo racial; sin embargo con la leche, ésta tiende a variar con la época de lluvias; donde sube la oferta y los precios pueden bajar, aunque ninguno de los productores se mostró preocupado por esta situación ya que las cantidades producidas fácilmente las comercializaban. Para la compra de insumos, generalmente la realizan en los almacenes especializados en el ramo, localizados en la cabecera municipal, donde encuentran las cantidades y marcas que generalmente usan, manifestando sus inquietudes sobre la continua alza de los precios de los mismos.

Con relación a la producción de madera de eucalipto, el mercado del producto está asegurado ya que PLANFOSUR comprará toda la madera producida en la zona, cuyo destino final serán los Estados Unidos de América (PLANFOSUR, 1998). Sin embargo, uno de los problemas que surgen al respecto es la no existencia de mercados donde la oferta y la demanda fijen los precios de la misma, ya que en general, la empresa encargada de la plantación pertenece a empresas productoras de papel, destino final del eucalipto. Por tal razón, las

plantaciones se desarrollan mediante contratos de tierras con productores de la zona, con apoyo de PRODEPLAN (1998).

#### **3.3.4 Capacidad de gestión de los productores**

Esta surge con la experiencia adquirida a través del tiempo; la parte administrativa de las unidades de producción y la toma de decisiones las realiza casi siempre el jefe del hogar. Esta capacidad de gestión en parte está respaldada por el nivel académico alcanzado por los propietarios, mostrando por consiguiente mayor capacidad de conocimiento de los procesos de transacción y de toma de decisiones. Sin embargo, Bailzabal (1994) pudo establecer que si bien conocen algunas instituciones que prestan asesoría técnica y/o para la gestión de crédito o como agremiaciones de productores, sólo un 27% cuentan con créditos provenientes de la banca, mientras que el resto no utiliza estos medios, porque se desconfía de ellos por el alto riesgo, especialmente en el pago de compromisos de crédito.

## **IV MARCO TEÓRICO**

La unidad conceptual utilizada para sustentar la presente investigación corresponde al agroecosistema, la cual se basa en el enfoque de sistemas. Por tal razón se presentan los conceptos y procedimientos de dicho enfoque que fueron adoptados para caracterizar las opciones de uso del suelo bajo la producción de ganadería extensiva, plantación comercial de eucalipto y un sistema silvopastoril (plantación de eucalipto con ganado de engorda), como un estudio de caso, en Las Choapas, Veracruz.

### **4.1 EL ENFOQUE DE SISTEMAS**

#### **4.1.1 Definición**

Según Betch (1980) citado por Saravia (1983), existen múltiples definiciones de sistemas; de estas se extrae aquella que considera a los sistemas como “ un arreglo de componentes físicos o un conjunto o colección de cosas conectadas o relacionadas entre sí, de tal manera que forma o actúan como una unidad, como un todo “. Esta definición, según el mismo autor, considera al sistema “internamente“, ya que cuando lo hace “externamente“, es necesario agregar que un sistema está dinámicamente relacionado con el medio externo, es decir, sujeto a mudanzas.

#### **4.1.2 Características básicas de los sistemas**

Todo sistema posee unas características básicas que ayudan a la identificación y comprensión del mismo, especialmente con relación a la estructura y función de producción, relacionada con los niveles jerárquicos, tanto internos como externos. Las más importantes son la sinergia que indica que la suma de las

partes no es igual al todo (Bertoglio, 1989), la recursividad, referente a que todo sistema está compuesto por subsistemas (Malagón, 1996), Jerarquía que representa niveles de ordenamiento (Malagón 1996) y la homeostasis, como lo un proceso de autoregulación del sistema, como lo presenta Odum (1986).

#### **4.1.3 Definición de subsistemas**

De acuerdo al principio de recursividad, los subsistemas se constituyen en cada una de las partes de un sistema. En sí están formados por componentes que mantienen interrelaciones estructurales y funcionales que los vinculan directamente con el sistema mayor, poseyendo características propias. Para que una parte constituyente del sistema, sea considerada y tratada como un subsistema, debe cumplir con algunas funciones mencionadas por Katz y Kahn (1966), citados por Bertoglio (1989), a saber: función de producción, función de apoyo, función de mantenimiento, función de adaptación y función de dirección.

#### **4.1.4 Viabilidad de los sistemas**

Un sistema es viable, de acuerdo a Beer (1973), si es capaz de auto organizarse, o sea, mantener su estructura y ser capaz de modificarla de acuerdo a las necesidades o estímulos, si es capaz de autocontrolarse, es decir, poder mantener el valor de las variables fundamentales dentro del límite de normalidad para el sistema, y si tiene un grado de autonomía suficiente.

#### **4.1.5 Elementos de un sistema**

Todo sistema está conformado por varios elementos los cuales se denominan como sus componentes, como lo plantea Hart (1985), presentando algún tipo de interacción entre ellos y sosteniendo relaciones con el ambiente que rodea al sistema. Ellos son: los componentes los cuales pueden agruparse en socio-económicos, culturales, componente animal y componente vegetal (Gómez, 1989), las interacciones entre componentes, que es lo que proporciona las

características de estructura del sistema, las entradas y salidas, correspondientes a todos los elementos, energía e información básica para el funcionamiento del sistema y finalmente los límites.

#### **4.1.6 Estructura del sistema**

La estructura del sistema depende, según Hart (1985), de las características relacionadas con el número de componentes (se refiere a la cantidad de elementos básicos que interactúan para constituir el sistema), del tipo de componente (relacionados con sus aspectos anatómicos y morfológicos que lo hacen diferente a las demás), y de las interacciones entre componentes (Sutton, 1997).

#### **4.1.7 Función de producción de un sistema**

La función está relacionada con la capacidad que tenga el sistema en transformar las entradas y convertirlas en salidas (función de producción) y está altamente influida por el tipo de tecnología usada en los procesos de transformación. Estos procesos se pueden caracterizar y evaluar usando los siguientes criterios: la productividad, la eficiencia y la variabilidad (Malagón, 1996). Entre las características generales que definen la estructura y funcionamiento del sistema, Gastó (1979) plantea tres atributos: el balance, la armonía y el estilo, los cuales relacionan los tiempos, los espacios y las tecnologías de producción con relación al medio externo.

#### **4.1.8 Jerarquía de los sistemas**

Saravia (1983) define este concepto una zonificación, el cual se refiere a la división de un área en zonas más pequeñas basado en características similares. La zonificación se hace necesaria con el fin de fijar unos límites de tipo biofísico y socio-económico, que permita determinar los factores endógenos y exógenos al sistema en estudio. La zonificación agroecológica y

de sistemas agrícolas, como lo presenta Richters (1996), permite conocer el tipo de interacciones y correlaciones entre la finca y el medio externo.

## **4.2 LOS SISTEMAS AGRÍCOLAS**

### **4.2.1 Definición**

De acuerdo con Altieri (1983), un sistema agrícola se define como la manera en la cual se dispone de un conjunto particular de recursos agrícolas dentro de su medio ambiente por medio de una tecnología, para la producción de productos agrícolas primarios. Para Hart (1990), los sistemas agrícolas ocurren desde un nivel mundial, con flujos de mercadería agrícola entre países, hasta un nivel de los procesos fisiológicos dentro de las plantas y animales, el cual puede seguirse mediante órdenes jerárquicos como son la región geográfica, la finca, el agroecosistema y el cultivo o producción animal.

### **4.2.2 Los agroecosistemas**

Conway y McCracken (1990) definen los agroecosistemas como un sistema ecológico modificado por el hombre para la producción de alimentos, fibras y otros productos agrícolas, en los cuales se presentan las siguientes propiedades: productividad, estabilidad, sustentabilidad y equidad. La estabilidad es considerada en este caso, como la constancia de productividad presentada ante fuerzas de disturbio que surgen de fluctuaciones normales y ciclos en el medio ambiente, tales como el clima o la demanda en el mercado de determinados productos agrícolas y se relaciona con la variabilidad.

### **4.2.3 Los sistemas forestales**

La silvicultura es el cultivo y el aprovechamiento forestal del bosque, por lo que al efectuar una explotación forestal, debe conducirse el bosque hacia una condición deseada y técnicamente deseable, como lo plantea Cano (1988). Al respecto, manifiesta que cultivar implica fomentar, cuidar y dirigir los procesos

para obtener algún beneficio, por lo que un bosque se cultiva para la producción de bienes y servicios. El manejo de un bosque es la administración económicamente redituable y técnicamente correcta de este recurso renovable para la producción de los bienes y/o servicios deseados en el tiempo y en el espacio.

Este manejo forestal se desarrolla por medio de métodos que implican una secuencia seguida de actividades para lograr un objetivo, donde uno o mas métodos pueden estar implícitos. Al respecto se conocen dos sistemas de manejo forestal: el sistema de manejo irregular (SMI) y el regular (SMR). Dentro del país, los métodos "mexicano de ordenación" y de "desarrollo silvícola" son la alternativa actual de manejo forestal, donde cada uno encaja dentro de los dos sistemas generales de manejo".

#### **4.2.3.1 La silvicultura intensiva**

De acuerdo a Cano (1988), la silvicultura intensiva está concentrada en el tiempo y el espacio, donde la concentración puede ser cuantitativa y/o cualitativa y de tipo técnico, económico, etc. Una inversión intensiva lleva implícito la obtención de importantes beneficios en un futuro próximo o lejano.

#### **4.2.3.2 Aprovechamiento intensivo vs. silvicultura intensiva**

Una alta intensidad de corta en un bosque intervenido sin plan de manejo, sin control del desarrollo de las masas y sin un objetivo claro y correcto no es silvicultura; mucho menos una silvicultura intensiva. La realización de algunas labores silvícolas, técnicamente sofisticadas y costosas puede considerarse como silvicultura intensiva, pero si no se obtiene una mayor producción dentro de un tiempo determinado no es más que un deficiente uso de los recursos. Cano (1988) aclara que para obtener volúmenes de madera elevados (aprovechamiento intensivo) no es necesaria una silvicultura intensiva.

## **4.2.4 Sistemas agroforestales**

### **4.2.4.1 Definición de agroforestería**

“ La Agroforestería es un nombre colectivo para los sistemas y tecnologías de uso de la tierra donde los perennes leñosos (árboles, arbustos, palmas, bambúes, etc.) son usados deliberadamente en las mismas unidades de manejo de la tierra, junto con cultivos agrícolas y/o animales, en alguna forma de arreglo espacial o secuencia temporal. En los sistemas Agroforestales hay interacciones ecológicas y económicas entre los diferentes componentes“ (Lungren y Raintree, 1982, citados por Nair, 1997).

### **4.2.4.2 Clasificación de los sistemas agroforestales.**

Para entender y evaluar los actuales sistemas agroforestales, y para desarrollar planes de acción para mejorarlos, es necesario clasificarlos de acuerdo con algunos criterios comunes. Entre ellos, Nair (1997) usa los siguientes criterios: base estructural, base funcional, base socio-económica y base ecológica. De acuerdo a lo anterior y basados en el tipo de componente, se encuentran los siguientes sistemas:

- Agrisilvicultura: cultivos ( incluyendo arbustos/enredaderas ) y árboles.
- Silvopastoril: pasturas / animales y árboles.
- Agrisilvopastoriles: cultivos, pasturas / animales y árboles.

### **4.2.4.3 Sistemas silvopastoriles**

Los sistemas silvopastoriles son la combinación de especies forestales o frutales y animales. Estos sistemas se practican a diferentes niveles, desde las grandes plantaciones arbóreas comerciales con inclusión de ganado, hasta el pastoreo de animales como complemento a la agricultura de subsistencia. Algunas de las ventajas de este sistema, son presentadas por Ruiz (1983), y Montagnini (1992), entre ellas la influencia física del componente forestal con

otras plantas y el suelo, el ciclo de renovación orgánica, el efecto del componente animal sobre el suelo y la plantación, y la reducción en los costos de establecimiento de la plantación entre otros.

### **4.3 LA PLANIFICACIÓN DEL USO DE LA TIERRA**

De acuerdo a Richters (1995), la planificación es un componente básico del manejo del uso de la tierra, pudiéndose decir que la función de la planificación de su uso es orientar las decisiones que sobre el particular se deben tomar, a fin de permitir la conservación y el uso más adecuado de los recursos ambientales, en beneficio del futuro del hombre. Igualmente añade que la planificación regional trata de lograr un cambio planeado, proyectado hacia un mejor uso de los recursos socio económicos y biofísicos para causar, en general, un desarrollo acelerado de la región. Este buen uso de los recursos incluye la aplicación sostenible de nuevos recursos, pero también la protección y recuperación de aquellos recursos ya sobreusados.

#### **4.3.1 Evaluación de la tierra y de su uso**

Richters (1995) define la evaluación de tierras como la actividad que describe e interpreta aspectos básicos de clima, vegetación, suelos y de otros aspectos biofísicos y socioeconómicos, con el objeto de identificar los usos probables de la tierra y su comparación con el rendimiento estimado de su aplicación sostenible.

#### **4.3.2 Clasificación de suelos**

La clasificación más general de tierras es la geográfica, como lo presenta Richters (1995). En esta clasificación se consideran todos los parámetros estables y menos estables que, en conjunto describen las características básicas de la tierra, por ejemplo: geología, geomorfología y pendiente, clima, suelo, agua vegetación, fauna y actividades humanas. Sin embargo, también

existen clasificaciones más específicas que describen la ocurrencia espacial de un aspecto con más detalle, como es el caso de las diferentes clasificaciones de suelos.

En este sentido, este investigador presenta, que el objetivo general de la clasificación de suelos es aclarar la distribución de las variables en el suelo, vista en el contexto de su desarrollo, como consecuencia de la interacción de los factores de su formación. Añade que, normalmente los suelos se clasifican según sistemas taxonómicos, según las características de su perfil, como consecuencia de la etapa de su desarrollo. En este sentido, el sistema de mayor uso es el American Soil Survey, el cual posee características jerárquicas y se desarrolla con base en categorías generales dirigidas hacia un número de categorías muy específicas en el campo.

#### **4.3.3 Clasificación por capacidad de uso de las tierras**

Según Klingebiel y Montgomery (1961) citados por Richters (1995), la información e interpretación de los mapas de suelos puede darse tanto por las clases individuales de suelos, como también por grupos de suelos. Para ello, dicho sistema de clasificación está dividido en 10 clases: las clases 1,2 y 3 para la agricultura anual intensiva; la 4 para cultivos con rotación de 7 a 10 años; las 5 y 6 para los pastos; las 7 y 8 para bosques; la 9 para aquellos terrenos que después de ser drenados podrían clasificarse como de clase 1 ó 2; y la 10 para otras tierras de monte o usadas por su espacio físico.

Esta clasificación distingue los suelos arables y los no arables y permite conocer ciertas generalizaciones con respecto a las potencialidades del suelo, limitaciones de uso y problemas de manejo y se realiza sobre la base de la capacidad para producir plantas cultivadas comunes y pastos por un período largo, siendo el motivo principal el evitar daños al suelo, dejándose de lado su productividad. Otras metodologías utilizadas para la clasificación del uso de la tierra pueden verse en Richter (1995).

## **4.4 LA VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS EXTERNALIDADES**

### **4.4.1 Definición de externalidades**

Dentro de cualquier sistema económico, la totalidad de los elementos de producción se encuentran inmersos dentro del ambiente natural. La economía los ha dividido en dos segmentos: productores y consumidores. Por lo tanto, de acuerdo con Torres (1987), las externalidades aparecen cuando la decisión de consumir o producir, tomadas por una persona o empresa, afecta el bienestar de otras. Como productores, se incluye a todas las empresas que toman insumos y los convierten en productos útiles, es decir abarca todas las entidades económicas del sistema que van hasta los mismos consumidores, generándose residuos los desechos los cuales pueden arrojarse al aire o al agua, o depositarse en la tierra.

En una economía de mercado normalmente se tienen en cuenta el precio de lo que van a producir y el costo de los bienes o insumos por los cuales tendrán que pagar. Sin embargo, en muchas operaciones de producción existe otro tipo de costo para la sociedad, los cuales no aparece en el estado de pérdidas y ganancias de la empresa: son los costos externos, los que pueden ser tanto positivos como negativos y alterar la capacidad productiva de otras empresas o de la sociedad en general, requiriéndose de unos costos económicos de mitigación de las alteraciones producidas.

La situación que se plantea entonces es, hasta donde pueden existir límites que no produzcan externalidades y la forma como el medio natural puede absorber algunas de ellas. Un planteamiento para resolver este tipo de efectos es "internalizar las externalidades", es decir, incluirlas en los cálculos económicos para que el proceso de toma de decisiones se realice con base en información total de los procesos productivos ( Field, 1996).

#### **4.4.2 Las tendencias**

Con el fin de evaluar la dinámica temporal inherente en el proceso de desarrollo sostenible, se parte de la base de una extrapolación lineal entre los valores observados, o la apreciación cualitativa de una variable, conjunto de variables o de un fenómeno determinado en dos o más momentos; una forma es por medio del criterio de Pareto óptimo. Este criterio económico permite clasificar ciertas situaciones como preferibles a otras y se define cuando, para mejorar las condiciones de cualquiera de los individuos involucrados en ella, alguien debe empeorar la propia. Actualmente es la base teórica para justificar las intervenciones del Estado en aquellas situaciones en las cuales el mercado opera con deficiencias que conducen a resultados que no constituyen un pareto óptimo (Pierce y Turner, 1991).

#### **4.4.3 Clasificación de los recursos naturales**

Toda actividad económica hace uso de gran variedad de insumos provenientes de los recursos naturales. Samuelson y Nordhamus (1996) presentan que los recursos naturales pueden ser apropiables, cuando las empresas o los consumidores pueden recoger todo el valor económico de un bien o servicio en particular, a los cuales se les puede fijar un valor económico, como en el caso de la tierra (cuya fertilidad puede ser recogida por el agricultor que vende los cultivos producidos por la tierra), y los recursos naturales inapropiables, cuando causan problemas económicos, ya que por ser de uso gratuito para el individuo, es costoso para la sociedad. Los recursos inapropiables son los que generan externalidades; entre los más conocidos están el aire y la biodiversidad. Cuando los recursos son inapropiables y muestran externalidades, los mercados transmiten unas señales incorrectas.

Sin embargo, existe una gran variedad de recursos naturales que juegan un papel importante dentro de la economía ambiental, cuya importancia en los procesos de producción con criterio sostenible hace que se tenga un mejor

aprovechamiento de los mismos (Field, 1998). Las técnicas para gestionar dichos recursos dependen de que éstos sean o no renovables.

Fournier (1980) define los no renovables como aquellos cuya oferta es esencialmente fija y a los renovables como aquellos cuyos servicios se reponen periódicamente y que si se gestionan debidamente, pueden prestar útiles servicios indefinidamente. Los principios de la gestión eficiente de estas dos clases de recursos presentan retos muy diferentes: la utilización eficiente de un recurso no renovable conlleva la distribución de una cantidad finita del recurso a lo largo del tiempo. En cambio, la utilización prudente de los recursos renovables implica asegurarse de que se mantiene eficientemente el flujo de servicios.

#### **4.4.4 Bienes públicos y bienes privados**

Los bienes públicos son aquellos cuyos beneficios se extienden de manera indivisible a toda la comunidad, independientemente de que los individuos deseen o no comprarlos. Los bienes privados son aquellos que pueden dividirse y suministrarse por separado a diferentes individuos sin que produzcan beneficios ni costos externos a otros. Para suministrar eficientemente bienes públicos suele ser necesaria la intervención del estado, mientras que los bienes privados pueden ser asignados eficientemente por los mercados.

#### **4.4.5 Los derechos de propiedad**

Los derechos de propiedad definen la capacidad de los individuos o de las empresas para poseer, comprar, vender y utilizar los bienes de capital y demás propiedades en las economías de mercado. En una economía de mercado, el capital generalmente es de propiedad privada y la renta que genera va a parar a los individuos.

Los bienes de capital también tienen un valor de mercado, por lo que pueden comprarse o venderse al precio que tengan. La capacidad de los individuos para poseer capital y beneficiarse de él es lo que da su nombre al capitalismo, pero aunque nuestra sociedad se asienta sobre la propiedad privada, los derechos de propiedad son limitados. Para que un enfoque de derecho de propiedad funcione correctamente, en esencia deben satisfacerse tres condiciones fundamentales: los derechos de propiedad deben ser claramente definidos, ejecutables y transferibles.

#### **4.4.6 La ineficiencia del mercado con las externalidades**

Una economía de mercado no regulada generará unos niveles de externalidades en los que el beneficio privado marginal derivado de su eliminación será igual a sus costes privados marginales. El control de la contaminación es un caso de la ineficiencia del mercado, pues éste no controla debidamente a los agentes que contaminan, por lo que se considera, en general, que el control de la contaminación es una función legítima del estado. Dado que las decisiones privadas sobre el control de la contaminación son ineficientes, en general, los economistas tratan de averiguar el nivel socialmente eficiente de contaminación sopesando los costos y los beneficios.

#### **4.4.7 Medidas para corregir las externalidades**

Actualmente los gobiernos toman distintas medidas para luchar contra las externalidades recurriendo al control directo o a los incentivos financieros para inducir a las empresas a reducir las externalidades perjudiciales o a aumentar las actividades beneficiosas. Entre las medidas destinadas a limitar la contaminación y otras actividades nocivas están los programas públicos los cuales se dividen en controles directos (que suelen denominarse regulaciones sociales, por medio de disposiciones o leyes sobre la contaminación) y los impuestos sobre las emisiones. Se trata de hecho de internalizar la

externalidad, haciendo que la empresa afronte los costos sociales de sus actividades. Sin embargo, no todas las soluciones implican la intervención directa del estado. Hay dos enfoques privados que pueden dar un resultado moderadamente eficiente: las negociaciones privadas (teorema de Coase) y las normas de responsabilidad (Teoría Pigouviana). Mayores detalles al respecto pueden verse en Randall (1985).

## **4.5 VALORACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD**

### **4.5.1 Definición**

De acuerdo al estudio sobre sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales, realizado por Camino y Müller (1995), se llegó a establecer que “ la falta de una definición precisa y objetiva de la cual se puedan derivar implicaciones operacionales claras, es una de las primeras dificultades a resolver en el esfuerzo por definir una estrategia de acción para el desarrollo sostenible “.

Ya que las diferentes definiciones se han hecho con propósitos distintos, muchos de los cuales también se usan con significados y alcances variados, estos mismos investigadores encontraron en las múltiples bibliografías consultadas características comunes, las cuales las categorizaron en: desarrollo humano, desarrollo sostenible y sociedad sostenible, desarrollo regional sostenible, programas y proyectos sostenibles, ecodesarrollo, uso sostenible de la energía y finalmente agricultura sostenible, las que en general, incluyen algunos o todos los conceptos relacionados con la sostenibilidad ecológica, económica y social, proponiendo finalmente la siguiente definición:

“La sostenibilidad de la agricultura y de los recursos naturales se refiere al uso de los recursos biofísicos, económicos y sociales según su capacidad, en un espacio geográfico, para mediante tecnologías biofísicas, económicas, sociales e institucionales, obtener bienes y servicios directos e indirectos de la

agricultura y de los recursos naturales para satisfacer las necesidades de las generaciones presentes y futuras. El valor presente de los bienes y servicios debe representar, más que el valor de las externalidades e insumos incorporados, mejorando o al menos manteniendo en forma indefinida la productividad futura del ambiente biofísico y social. Además, el valor presente debe estar equitativamente distribuido entre los participantes del proceso“.

#### **4.5.2 Variables y funciones involucradas en las definiciones de sostenibilidad**

El logro de la sostenibilidad, se basa en el manejo racional de las interacciones entre los componentes a nivel de la región/cuenca, en los sistemas de finca y en su integración vertical con otras cadenas de producción. Por lo tanto, el estudio de la sostenibilidad, lleva a la necesidad de determinar variables, tanto independiente como dependientes, que permitan medir su balance en el mediano y largo plazo. Entre las variables más comunes, que se desprenden de las definiciones revisadas por Camino y Müller (1995), para un estudio de sostenibilidad, se pueden ver las siguientes: población, necesidades y consumo, los recursos, las tecnologías, la producción, la productividad, la capacidad de carga, la distribución y acceso a los recursos y la tecnología, la rentabilidad, las instituciones y finalmente el tiempo.

#### **4.5.3 Esquema para la definición de Indicadores**

En opinión de Víctor (1991), citado por Camino y Müller (1995), es manifiesta la importancia de establecer y aplicar criterios para la definición de indicadores globales de sostenibilidad, aplicables a cualquier tipo de economía y de nivel jerárquico. Dado que, todo tipo de desarrollo implica riesgos, es por ello que existe la necesidad de mantener la situación controlada dentro de límites tolerables para los grupos de variables más críticas en relación con la sostenibilidad. En este sentido, Ávila (1989) y Torquebiau (1989), citados por Camino y Müller (1995), proponen categorías de análisis para cualquier

sistema o sistemas asociados, ya que una categoría, por referirse a un aspecto de un sistema, que puede ser una propiedad, resulta significativa desde el punto de vista de la sostenibilidad.

Como resultado de los criterios mencionados por ambos investigadores, Camino y Müller (1995) resumen en su opinión los criterios de categorías más importantes, los cuales sirven para cualquier sistema y nivel de organización o agregación. Estos son: la base de recursos del sistema, la operación del sistema propiamente, otros recursos exógenos al sistema (de entrada o salida) y la operación de otros sistemas exógenos.

#### **4.5.4 Elementos de categoría**

Se define como elemento a un componente de una categoría, significativa desde el punto de vista de la sostenibilidad. Esta definición implica determinar los tipos de recursos del sistema y de su entorno. Como recursos del sistema y de sistemas exógenos se pueden considerar entre otros a los siguientes, de acuerdo a Ávila (1989) y Weber (1990): agua, suelo, flora, fauna, recursos culturales y las áreas únicas. Como elementos de la operación del sistema y de la operación de sistemas exógenos se pueden considerar, ampliando la proposición de Ávila (1989): manejo técnico, manejo socio económico, rendimiento técnico, y rendimiento socioeconómico.

#### **4.5.5 Descriptores e indicadores**

Los descriptores son categorías significativas de un elemento, de acuerdo con los principales atributos de sostenibilidad de un sistema determinado, de acuerdo con Camino y Müller (1995). Además de lo anterior, en opinión de Torquebiau (1989), los descriptores pueden ser diferentes aún entre sistemas similares, de acuerdo con los atributos particulares del mismo. Los descriptores también dependerán en gran manera del nivel de agregación del sistema bajo análisis y puede incluir uno o varios indicadores. En este caso, un indicador es

una medida del efecto de la operación del sistema sobre el descriptor; si el sistema es sostenible, tiene un efecto positivo sobre el descriptor y un efecto negativo, si no lo es (Camino y Müller 1995).

#### **4.5.5.1 Características de los indicadores**

Como características significativas de los indicadores, Camino y Müller (1995) citando a Ávila (1989), Torquebiau (1989), Weber (1990), Ferreira (1991), Bartelmus (1991) y Speidel (1972), definen las siguientes: deben ser medibles y de fácil medición, deben ser tangibles, aplicables sobre un rango de diferentes ecosistemas y sistemas económicos y sociales, la recolección de la información no debe ser difícil ni costosa, ser adecuados al nivel de agregación del sistema bajo análisis, centrarse en aspectos prácticos y ser claros, las mediciones deben poder repetirse a través del tiempo, ser significantes a la sostenibilidad del o los sistemas analizados, ser sensibles a los cambios del sistema, medir el cumplimiento de una serie de estándares o condiciones extremas, y deben analizar las relaciones con otros indicadores.

#### **4.5.5.2 Tipos diferentes de indicadores**

Ruitenbeek (1991) reconoce cuatro tipos diferentes de indicadores: indicadores descriptivos, indicadores con aplicaciones proyectivas, indicadores proyectores e indicadores predictivos. Igualmente Weber (1990), reconoce dos clases de indicadores: los primarios o de medición directa y los secundarios, que requieren de pruebas y observaciones adicionales. Con relación a los indicadores de sostenibilidad a registrar en la toma de datos, Tiscareño y Claveran (1993), citados por Camino y Müller (1995) presentan los indicadores más usuales de ser medidos en un estudio de sostenibilidad. Estos se presentan en el cuadro 4.6.

#### **4.5.6 El balance de nutrientes**

El ciclo de nutrientes en un agroecosistema tiene dos áreas principales de almacenamiento, como lo son la biomasa presente por plantas y animales y la capa superior del suelo, especialmente en la materia orgánica contenida (Fassbender 1993). Este investigador presenta que el papel de la biomasa es muy importante porque contribuye substancialmente al contenido de nutrientes del suelo, aunque esto depende además de la cantidad aportada de los procesos microbianos que se llevan a cabo en el ciclo.

Dado que la fuente originaria de la materia y del humus son los restos animales y especialmente los vegetales que se depositan en el suelo, la composición química específica y su descomposición hasta los componentes elementales de las proteínas, carbohidratos y su mineralización, determinan el balance general del sistema, al relacionarlo con las entradas y salidas de dichos componentes minerales dentro del sistema.

La mineralización implica la formación de compuestos minerales, proceso en el que se liberan una serie de elementos importantes desde el punto de vista de la nutrición de las plantas y animales, porque implica cantidades tanto de elementos mayores como menores, básicos para la construcción de tejidos orgánicos (Fassbender, 1993), los cuales son transferidos a las plantas. De acuerdo a Yopez (1997), citando a Sánchez (1981), los mecanismos naturales reconocidos en la transferencia de nutrientes son el lavado de la lluvia, caída de hojarasca, caída de madera, descomposición de raíces y excretas y orín en animales. La producción, descomposición y mineralización de los residuos orgánicos se constituye en el eslabón que une los factores bióticos y abióticos del sistema. Por lo anterior, un indicador de la sostenibilidad consiste en medir el balance de nutrientes en períodos de tiempo, lo que lleva a plantear los procesos de carga y descarga, los cuales dependen de los flujos de entrada y salidas del agroecosistema en estudio, tal como lo plantea Nava et al (1996).

Cuadro 4.6 Elementos, indicadores y descriptores de sostenibilidad. Tomado de Tiscareño y Claveran, citados por Camino y Müller (1995).

Elemento	Descriptor	Ejemplo de indicadores
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cantidad.</li> <li>• Calidad.</li> <li>• Accesibilidad.</li> <li>• Confiabilidad.</li> <li>• Cuerpos de agua.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Volumen, flujo, pico de descarga.</li> <li>• OD, BOD, N-NO<sub>2</sub>, CaCO<sub>3</sub>, SST, otros.</li> <li>• Número de pozos, Ha irrigables.</li> <li>• Caudal mínimo y máximo.</li> <li>• Vol. almacenado, tasa de sedimentación, nivel de eutroficación.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suelo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fertilidad.</li> <li>• Erosión.</li> <li>• Contaminación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutrientes disponibles, flora microbiana, salinidad, materia orgánica.</li> <li>• Mensual, anual, relación erosión-sedimentación, fuga de nutrientes.</li> <li>• Percolación de pesticidas y nutrientes al acuífero, residuos tóxicos.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vegetación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cobertura.</li> <li>• Biomasa.</li> <li>• Diversidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Área nativa, área de cultivo, % del año sin cubierta.</li> <li>• Productividad primaria en áreas agrícolas y naturales.</li> <li>• Especies nativas e introducidas.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fauna</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Población.</li> <li>• Hábitat.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No total de especies, No de especies amenazadas.</li> <li>• Densidad, área de los refugios naturales, áreas riparianas.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas de producción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Productividad.</li> <li>• Calidad / toxicidad.</li> <li>• Autosuficiencia.</li> <li>• Estabilidad.</li> <li>• Equitabilidad.</li> <li>• Diversidad.</li> <li>• Adaptabilidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biomasa cosechada por área.</li> <li>• Frutos, forrajes y productos agrícolas cosechados.</li> <li>• Volumen de insumos externos (agroquímicos, capital, energía).</li> <li>• Rentabilidad, costos de Pn., relación Beneficio / Costo.</li> <li>• Producción per cápita y disponibilidad del producto cosechado.</li> <li>• Número de especies y productos cosechados, uso múltiple del suelo.</li> <li>• Número de años en el mercado, año con beneficio / años perdidos</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ciclos y flujos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flujos de la energía.</li> <li>• Ciclos biogeoquímicos.</li> <li>• Ciclo del agua.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relación Kilo calorías cosechadas / Kilo calorías recibidas ( radiación ).</li> <li>• Reciclaje de nutrientes, N, P, K, S, etc.</li> <li>• Esguerrimiento superficial, recarga acuíferos, evapotranspiración.</li> </ul>

La importancia de determinar el balance de nutrientes radica en poder observar y cuantificar en el tiempo, los costos asociados a los procesos de producción (capacidad productiva del suelo) y su relación con los impactos ambientales a los que se puede llegar por el uso inadecuado del suelo para una zona agroecológica en especial y con los procesos sociales que puede generar una práctica agrícola, si se le compara con otra opción de uso del suelo.

#### **4.5.7 Los flujos energéticos**

En opinión de Santos et al (1989), un Análisis de Eco-Energía (AEE), tiene por objetivo una descripción de los flujos energéticos de los ecosistemas y permite conocer su funcionamiento. Estos flujos, cuantificados en términos de energía, son expresados en kilocalorías por unidad de superficie y de unidades de tiempo. Igualmente manifiestan, que los sistemas agrícolas, para obtener una determinada producción, necesitan, además de la energía solar (gratuita), de entradas energéticas no gratuitas, complementarias, corrientemente de intervención humana. Estos aportes pueden ser energía directa, como los combustibles para hacer funcionar la maquinaria y/o energía eléctrica, y energía indirecta, invertida para producir bienes y servicios.

Por lo tanto, un AEE privilegia un estudio de relaciones que se establecen entre las salidas de energía útiles y las entradas de energía no gratuitas necesarias en su producción. Esta relación, que expresa una eficiencia productiva de entradas energéticas no gratuitas, utilizadas por la agricultura, se define como Eficiencia Energética, o Rendimiento Energético, y puede, según Bel et al (1978), citado por Zanoni (1982), ser expresada de la siguiente manera:

$$RE = \text{Producción Agrícola Útil} / \text{Entradas Energéticas no gratuitas.}$$

Un AEE es un método comparativo; en ambos casos, de entradas y salidas, éste flujo energético se representa en un equivalente calórico de producción por  $m^2$  y por año.

Algunos descriptores y mediciones de flujo de agroecosistemas a estudiar, de acuerdo a Santos et al (1989), pueden calcularse mediante los indicadores. Sin embargo, su aplicabilidad y análisis están en función del tipo de componente o subsistema que se desea evaluar, dentro de un contexto holístico que involucre consideraciones ecológicas (bióticas), sociales, culturales y económicas a fin de relaciones entre los flujos y la sostenibilidad del sistema, como lo plantea Malagón (1996). A continuación los indicadores:

- A nivel de la explotación agrícola:

- Eficiencia energética global: ( $E_g = O / I$ ) mide la relación entre un valor energético de producción del agroecosistema ( $I$ =salida) y la energía total invertida para la producción ( $O$ = entrada).
- Eficiencia energética de capital: ( $E_c = O / I_c$ ) mide la relación entre un valor energético de producción de un agroecosistema ( $O$ ) y la energía invertida en capital fijo ( $I_c$ ), obtenida por la desvalorización del material, conservación o reparación del mismo.
- Eficiencia energética de insumos: ( $E_i = O / I_y$ ) es la relación entre el valor energético de producción de un agroecosistema ( $O$ ) y la energía invertida en insumos ( $I_i$ ).
- Eficiencia energética de trabajo: ( $E_t = O / I_t$ ) es la relación energética entre el valor energético de los productos del agroecosistema ( $O$ ) y la energía empleada por el agricultor y su familia ( $I_t$ ).

- Nivel de intensificación energética: ( $I = O / SAU$ ) relación existente entre el valor energético de producción del agroecosistema (O) y su superficie agrícola útil (SAU).
  - Eficiencia energética de la producción primaria: ( $Epp = Opp / Ipp$ ) es la relación entre el valor energético de los productos vegetales (Opp) y la energía invertida para la obtención de los mismos (Ipp).
  - Eficiencia energética de la producción secundaria: ( $Eps = Ops / Ips$ ) es la relación entre el valor energético de los productos animales y la energía invertido para la obtención de los mismos. (Se excluyen los equinos).
  - Eficiencia energética de trabajo animal: ( $Eta = Opp / Ita$ ) es la relación entre el valor energético de los productos vegetales (Opp) y la energía consumida por los animales de trabajo (Ita).
- A nivel del agricultor y su familia.
- Eficiencia energética de la familia: ( $Ef = Ec / Et$ ) es la relación entre la energía consumida por la familia (productos de auto consumo y bienes adquiridos en el mercado, Ec) y la energía por ella empleada en forma de trabajo (Et).

#### **4.6 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE USO DEL SUELO**

La carencia de metodologías apropiadas para la evaluación de varios tipos de sistemas, comparados con los agroforestales, ha sido un gran impedimento para la apreciación real del mejor uso de la tierra, ya que se necesitan, según Nair (1997), criterios definidos que puedan evaluar convincentemente los méritos y las ventajas de cada sistema en comparación. Dado que los atributos básicos son la productividad, la sostenibilidad y adoptabilidad, se hará referencia a los dos primeros como base de evaluación.

## **4.6.1 Evaluación de la productividad**

### **4.6.1.1 Concepto de producción y productividad**

Samuelson (1993) define la producción como “un proceso de creación de bienes materiales, sin los cuales es imposible la existencia misma de una población”. Según este investigador, estos bienes creados en el proceso productivo constituyen las cosas u objetos que, o bien son utilizados o consumidos directamente, o bien sirven para desarrollos posteriores.

Con relación a la productividad, Murcia (1978) la define como un término que se refiere al cociente resultante entre la producción y los factores o recursos involucrados en el proceso productivo (la producción total dividida por la cantidad de trabajo), mostrando que la cantidad final de productos o salidas del sistema está en estrecha relación con el uso de mejoras tecnológicas y a su vez estas dependen de la intensificación del uso del capital disponible.

De acuerdo a Holdridge (1996), la productividad puede estudiarse desde ambientes específicos. En sentido estrictamente ecológico, la productividad la define como la producción de materia seca, en kilogramos, por unidad de área, por año, estimando que la materia seca puede ser la mejor medida de la productividad ambiental, pero es muy diferente a la productividad económica, la cual se basa en el valor que tiene el producto para el hombre, y también es diferente a la productividad alimenticia, que constituye sólo el valor económico de una porción del producto; el problema consiste en las fluctuaciones del mercado y a que el producto puede estar afectado fuertemente por la localización del cultivo y del transporte de la cosecha hasta el mercado.

### **4.6.2 Análisis económico y financiero**

Tienen como objetivo ayudar en la toma de decisiones en torno a determinar las formas del uso de los recursos económicos y naturales limitados, con el fin de suplir las deficiencias y necesidades de la sociedad. Dichos análisis

pueden ayudar a aumentar la posibilidad de una mejor inversión en un sistema, con relación a otras alternativas.

La diferencia entre el análisis financiero y el económico, radica en que el primero examina la factibilidad de una empresa a partir del punto de vista individual, mientras que el segundo se concentra en la convivencia de una actividad a partir de la perspectiva de la sociedad como un todo. En este sentido, un enfoque analítico a largo plazo, es particularmente apropiado, según Nair (1997), ya que no solamente examinan los costos y beneficios derivados del sistema, sino también poder resaltar los costos de oportunidad y beneficios a un ambiente particular en relación al uso de la tierra.

#### **4.6.3 Criterios de evaluación**

Con relación al método de evaluación, se puede encontrar tanto los que no consideran el valor del dinero en el tiempo como aquellos que sí lo hacen (Muñante (1989)). Los segundos, de acuerdo a Gittinger (1987) utilizan varios índices o indicadores del valor de un proyecto que tiene en la cuenta la influencia del tiempo. Entre los indicadores económicos más usados están: la tasa de actualización, el valor presente neto (VPN), la relación Beneficio-Costo (B/C), y la tasa interna de retorno (TIR), cuyos procedimientos para obtenerlos pueden verse en Bacca (1989).

## **V. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **Formulación del problema**

El desarrollo agropecuario del municipio de Las Choapas, históricamente ha estado relacionado con el avance del deterioro de los recursos naturales, especialmente por las actividades agrícolas de temporal y expansión de la ganadería de tipo extensivo, las cuales se desarrollaron a la par de las actividades de intervención del bosque natural para el aprovechamiento de maderas preciosas.

En consecuencia, esta situación aceleró el desarrollo de la zona, lo que juntamente con el desarrollo en la infraestructura vial, posibilitó la intervención de las mejores tierras, dando lugar a una agricultura de tipo intensivo; no obstante, la ganadería seguía siendo un renglón seguro dentro de la economía de la zona, a pesar de las condiciones técnicas en que se daba, especialmente por los subsidios dados por el gobierno a los grupos ganaderos asociados dentro de la región.

La crisis de la agricultura dada a partir de los años setenta planteó la reconversión de las tierras de cultivos de temporal a la ganadería, cuya producción presenta un incremento significativo dentro del estado. Sin embargo, muchos productores agrícolas optaron por un uso intensivo de cultivos permanentes, cuya rentabilidad era competitiva con la ganadería de tipo extensivo, especialmente por plantaciones forestales, que incluye aún la conversión de tierras ganaderas, surgiendo la necesidad de evaluar, desde el punto de vista económico y ambiental cual podría ser la mejor opción de uso del suelo.

Al respecto, una verdadera valoración económica entre las opciones de uso del suelo, entre ganadería extensiva, plantación de eucalipto y un sistema silvopastoril (eucalipto con engorda de ganado) está dada cuando se consideran los valores económicos de los recursos naturales utilizados para los procesos de transformación y producción de bienes y servicios dentro del sector primario.

Ante la necesidad de establecer la mejor opción, el presente trabajo, como un estudio de caso, busca incluir dentro del contexto de la evaluación algunos indicadores de sostenibilidad que sirvan de base para la valoración económica, propias de este tipo de aprovechamientos, lo cual indudablemente está relacionado con los procesos técnicos, el balance de nutrientes y el uso eficiente de la energía.

## **VI OBJETIVOS**

### **6.1 Valoración de las opciones de uso del suelo**

#### **6.1.1 General**

Realizar un análisis para la toma de decisiones sobre la mejor alternativa de producción, en el desarrollo de la inversión de recursos económicos para la zona en estudio, con sentido de sostenibilidad, entre las opciones ganadería extensiva, plantación de eucalipto y sistema silvopastoril (plantación de eucalipto con ganado de engorda).

#### **6.2.2 particulares**

- Determinar los límites físicos y químicos del suelo y su capacidad agrológica para su uso para la zona en estudio.
- Determinar el balance de nutrientes para cada alternativa de producción propuesta, para un período de siete años.
- Comparar mediante índices de eficiencia energética las opciones en estudio, determinando su relación con los subsidios energéticos, dentro de un contexto biológico y socio-económico.
- Identificar mediante metodologías directas e indirectas, los efectos erosión hídrica, captura de carbono y compactación del suelo, para cada opción de uso del suelo, realizando su valoración económica, en relación con la zona de estudio, para su posterior incorporación dentro del análisis económico.

- **Desarrollar un ejercicio de valoración financiera y económica para cada opción de uso del suelo, mediante los indicadores VPN, TIR y la relación B/C, de manera que se identifique el mejor tipo de inversión económica con criterio de sostenibilidad.**

## **VII HIPÓTESIS**

### **7.1 General**

La mejor opción de uso del suelo está dada por el sistema silvopastoril, dentro del contexto del uso eficiente de la energía, del balance de nutrientes y de la factibilidad económica, que conduce al mejor desarrollo sustentable de la zona en estudio.

#### **7.1.1 Particulares**

- La plantación de eucalipto hace mejor uso de la RFA y por lo tanto la producción de biomasa, en forma de madera, representa una mayor eficiencia en el uso de la energía y en el balance de nutrientes, contribuyendo a un mejor balance económico del sistema silvopastoril.
- La plantación de eucalipto no interfiere en el desarrollo del estrato herbáceo, lográndose una producción de biomasa adecuada en cantidad y variabilidad de especies que garantiza una capacidad de sostenimiento animal durante la época de lluvias.
- El pastoreo del ganado no interfiere en la curva de crecimiento de la plantación, ni ocasiona daños a la misma, y por el contrario contribuye en el proceso de ciclaje de nutrientes y la fertilización de la plantación.
- El sistema silvopastoril, como alternativa de uso del suelo, contribuye a un mejor desarrollo sostenible para la región.

## **VIII METODOLOGÍA**

### **8.1 EL MÉTODO**

El desarrollo del presente trabajo se basó en varias fases, articuladas entre sí como puede verse en la figura 8, utilizándose tanto información primaria como secundaria. Este proceso implicó que el análisis de los datos y los resultados fueran vistos, tanto a la luz de unidades paramétricas y no paramétrica, ya que muchos de ellos, por ser de orden subjetivo, su valoración depende de la importancia relativa del mercado. A continuación se presentan las fases:

### **8.2 FASES DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **Fase 1. Caracterización de las alternativas de producción**

Se realizó la caracterización y tipificación de los sistemas de ganadería extensiva, plantación de eucalipto y sistema silvopastoril que permitieran conocer su desarrollo actual dentro de la región, siguiendo el enfoque de sistemas, como lo propone Hart (1985).

#### **Fase 2. Valoración del uso del suelo**

Mediante análisis físicos y químicos realizados en el laboratorio, y de perfil del suelo de la zona, se interpretaron los factores limitantes así como su clase y capacidad agrológica (Conesa, 1995) para las diferentes opciones de uso.

#### **Fase 3. Balance de nutrientes**

Para el balance de nutrientes, se asumió que las entradas son iguales a las salidas; bajo este criterio se determinaron los contenidos minerales presentes en los insumos y para las salidas los contenidos minerales presentes en

productos y erosión hídrica (Taylor, 1970, citado por Conesa, 1995) para cada opción de uso del suelo, finalizando con el balance general para un período de 7 años.

### **Fase 3. Flujos energéticos**

La estimación de los flujos energéticos se llevó a cabo de acuerdo a las entradas y salidas correspondientes a los modelos encontrados para cada opción. Con base en lo anterior, se identificaron y analizaron las principales relaciones de eficiencia de sus procesos. Los indicadores analizados fueron: eficiencia energética global, eficiencia energética de insumos, eficiencia energética de trabajo, nivel de intensificación energética, eficiencia energética de la producción primaria y eficiencia energética de la producción secundaria, calculados de acuerdo a Santos et al (1989).

### **Fase 4. Valoración económica de externalidades**

Para la valoración económica de las externalidades se tomaron en cuenta los indicadores balance de nutrientes, compactación del suelo y captura de carbono, cuya medición cuantitativa y valoración económica se realizó con base a información primaria y secundaria, de acuerdo a valores de mercado encontrados.

### **Fase 5. Ejercicio financiero y económico**

Se realizó un ejercicio financiero y económico para la obtención de los indicadores: Tasa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Neto (VPN) y la Razón Beneficio / Costo (B/C). Con base en lo anterior se definió la mejor alternativa de uso del suelo para la zona en estudio.

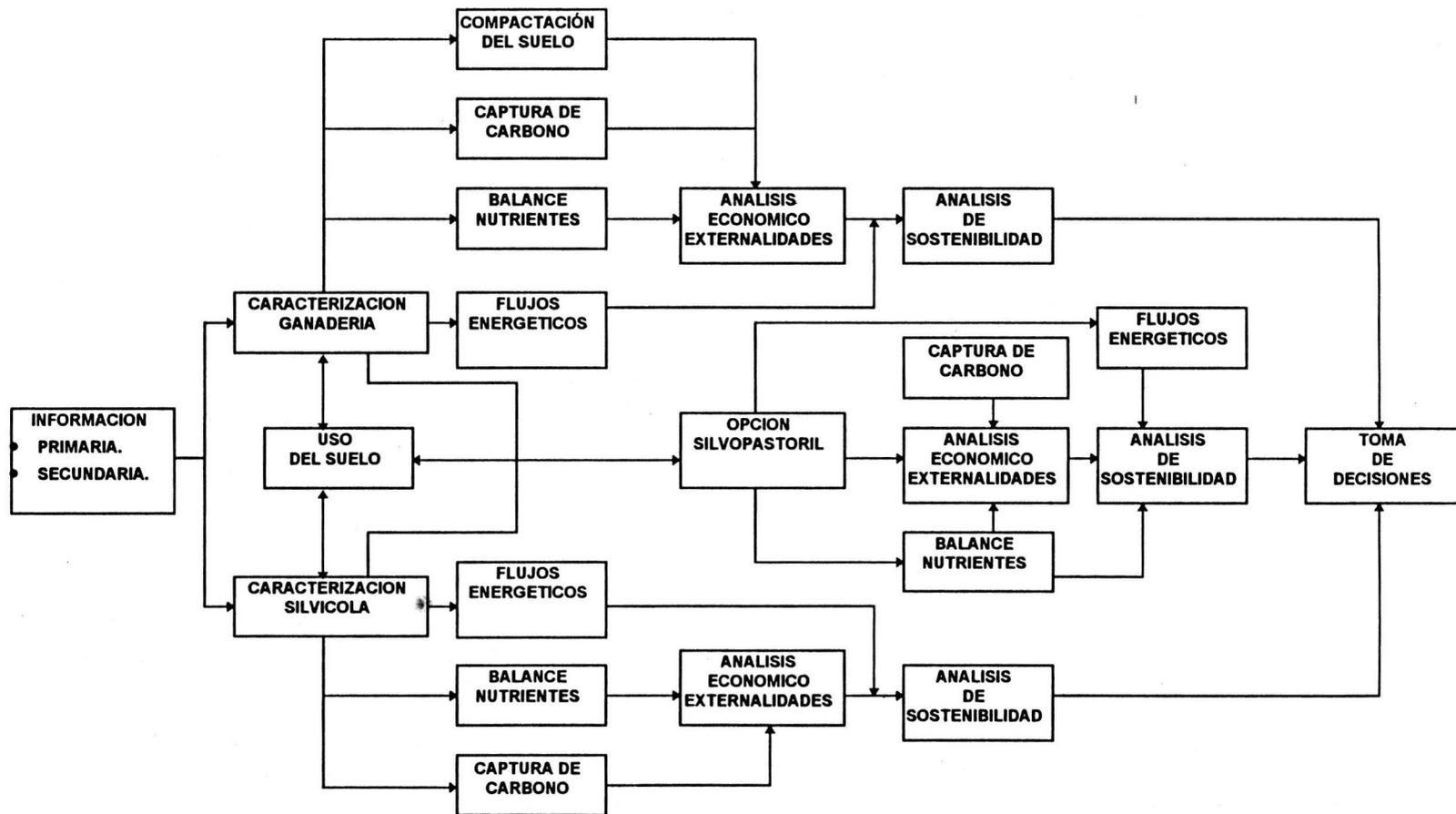


Figura 8 Desarrollo metodológico de la presente investigación sobre la toma de decisiones con respecto al uso del suelo, en Las Choapas, Veracruz.

## **IX RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **9.1 EVALUACIÓN DE LA TIERRA EN FUNCIÓN DE SU USO**

#### **9.1.1 Descripción del suelo**

##### **9.1.1.1 Propiedades físicas**

Analizando las propiedades físicas del suelo ocupado por el pastizal y el eucaliptal, se evidencia una buena aireación debido a la clase textural franco-arenosa (ver apéndice 1.1) hasta la profundidad de 57 cm, disminuyendo en los dos últimos estratos debido a la presencia de arcilla, por lo que no existen problemas. Su velocidad de infiltración, por lo tanto es moderadamente rápida debido a la presencia de poros grandes (51%) que permiten las arenas, presentando una retención de humedad considerada como buena para los primeros 27 cm de profundidad debido al alto contenido de materia orgánica, por lo cual se considera que no existen limitantes para el desarrollo de las actividades de inversión propuestas. Los diferentes horizontes pueden verse en la figura 9.

##### **9.1.1.2 Propiedades químicas**

Con relación al pH, se determinó que este corresponde a un suelo muy ácido, tanto para los primeros horizontes como para profundidades mayores a 40 cm, como puede verse en el cuadro 1(pág. 24), lo cual acarrea problemas con la disponibilidad de nutrientes minerales presentes.

En cuanto al contenido de materia orgánica, los análisis mostraron que se encuentra en grandes cantidades, especialmente en los primeros 15 a 40 cm, considerandose entre extremadamente rico y medio, siendo pobre a mayores profundidades, lo cual guarda relación con la clasificación climática y el tipo de

vegetación, influyendo en la CIC local, y por lo tanto manteniendo altos contenidos de nitrógeno total, los cuales declinan a mayores profundidades.

Con relación al contenido de minerales, como en el caso del fósforo y el potasio, se consideran de bajos a muy pobres para todos los horizontes al igual que para calcio y el magnesio. Estos valores, que pueden verse en el cuadro 1, presentan altas deficiencias para cultivos intensivos por lo que su disponibilidad radica en la mineralización porcedente de la materia orgánica, presentando menores limitantes para la producción de pastizales que para plantaciones de eucalipto, aunque éste último se adapta bien a suelos pobres en contenidos de nutrientes.



**Figura 9 Perfil del suelo de la zona de estudio, mediante corte por construcción de una carretera.**

El problema de la disposición de elementos minerales para la los diferentes cultivos de la zona se complica por la baja CIC, la que junto con pH ácidos, limitan la disponibilidad de los mismos, por lo que cultivos intensivos requerirán

del aporte de fertilizantes, siendo por lo tanto, áreas propias para cultivos poco exigentes, como es el caso de las pasturas, e incluso de las plantaciones forestales.

### **9.1.2 Erodabilidad del suelo**

La estimación de la erosión del suelo por la fórmula de Taylor (1970), citado por Conesa (1995), presentó para el pastizal una pérdida de  $1.8 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , y para la Plantación de  $0.8 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , como puede verse en el apéndice 1.2. Teniendo en cuenta los factores incluidos en la ecuación, se puede afirmar que la erosión hídrica está determinada especialmente con los índices de precipitación, los cuales son bastante altos para la zona (2,500. mm), al igual que la pendiente (no mayor al 10%,). En este caso, el tipo de cubierta del suelo puede considerarse como el factor antrópico considerado en la ecuación.

Para establecer los límites de erosión aceptables, el manual de conservación del suelo y agua del Colegio de Postgraduados (1991), presenta como situación tolerable cuando la velocidad de pérdida de suelo no es mayor que la velocidad de formación del mismo, en donde una velocidad de formación de 25 mm en 30 años equivale aproximadamente a  $1.8 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , cantidad establecida por Hudson (1971) como la máxima tolerable de ser erosionada. Bajo este criterio, la tolerancia de pérdida depende tanto de la profundidad del suelo como también de las características físicas y químicas del mismo, por lo que en el caso de la pradera, se estaría en el límite máximo permitido, dada la baja disponibilidad de nutrientes contenidos.

Si bien los trabajos de erosión son muy limitados en México, los obtenidos en el presente trabajo son mucho menores a los reportados por Martínez y Fernández (1983) citados por García y Ordóñez (1992), en los cuales las cargas de sedimentación de las principales cuencas del Estado de Veracruz presentan resultados alarmantes como en la cuenca Tuxpan-Nautla, con

valores de 3.080 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, cuenca del Pánuco 2.274 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, cuenca del Papaloapan 3.229 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y la cuenca del Coatzacoalcos 4.073 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>.

Considerando que el valor más alto de degradación específica dado por los autores es de 5.707 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, para la costa chica del Pacífico y un valor de tolerancia de 2 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (citando a Wishmeier y Smith, 1978), los valores encontrados para sistemas ganaderos pueden considerarse de cuidado.

Este mismo investigador presenta los resultados obtenidos por Raa (1983), el cual estimó para la cuenca del río La Antigua, valores que van de 13.5 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> a 1,296 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en la parte baja y alta de la cuenca respectivamente con cultivos de maíz. Igualmente Sancholuz (1984), citado por García y Ordóñez (1992), estimó valores de 62 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> a 492 Ton ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> para cultivos de maíz, mientras que Espinosa (1984) reportó pérdidas de suelo de 30.74 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> para la región de Xalapa.

En general la evolución del uso de la tierra para la zona está directamente relacionado con los problemas de erosión, como puede verse por el desarrollo histórico de la zona, especialmente por las prácticas de manejo dadas, como es el caso de la roza tumba y quema, donde el componente del suelo más afectado es el contenido de materia orgánica del suelo y su microfauna. Sin embargo, tanto la pradera como la plantación, sin proceso de quema, pueden restablecer los niveles de materia orgánica del suelo, como lo reportan Cerri et al (1996) quienes evaluaron dichos contenidos en suelos con pasturas, provenientes del desmonte de la selva amazónica, para los 20 cm superficiales, reportando que después de dos años del establecimiento de los pastizales, si bien las cantidades disminuyeron de 90 a 68.8 t de Carbono ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, las entradas de materia orgánica, provenientes del pastizal, al cabo de 8 años alcanzaron las 96 t de C ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>.

### **9.1.3 Capacidad Agrológica de los suelos**

La evaluación de la Capacidad Agrológica de los suelos del área de estudio de Las Choapas, Veracruz, teniendo en la cuenta las diversas variables, correspondió a la clase II, lo que significa que existe un 75 % de posibilidades de ser impactada negativamente en su capacidad por aspectos relacionados con el tipo de uso agrícola o ganadero que se le quiera dar. Lo anterior puede verse en el apéndice 1.3.

Como probables indicadores del impacto que se pueda ocasionar están, el aumento en el grado y riesgo de erosión, incremento en la pedregosidad de los cantos rodados, disminución en la capacidad de retención de agua, lo que puede traer consigo disminución en la producción agrícola por incrementos en las limitaciones del suelo en la zona radical y por consiguiente disminución en la renta agrícola y forestal, con decremento del valor económico del suelo.

La posibilidad de impactar la capacidad agrológica de los suelos depende de la alternativa de uso que se plantee y de la técnica utilizada; en el presente caso, la plantación, seguida del sistema silvopastoril se consideran como las mejores opciones, teniendo en la cuenta los menores índices de erosión estimados, en la cual se considera el tipo de cubierta vegetal, además de la no compactación del suelo, favoreciendo la retención del agua y los ciclos de nutrientes.

## **9.2 BALANCE DE NUTRIENTES MINERALES**

### **9.2.1 Sistema de Ganadería Extensiva**

#### **9.2.1.1 Entradas, salidas, carga y descarga**

##### **ENTRADA**

Para este sistema las entradas de nutrientes minerales están dada por la sal común suministrada al ganado y por el contenido de minerales presentes en los reproductores comprados cada año, cuyos valores pueden verse en el cuadro

3; al respecto, puede decirse que este tipo de entradas es típico de un sistema de ganadería extensiva, lo cual muestra poca inversión.

Con respecto a los contenidos presentes en el cuerpo de los animales comprados, corresponden en mayor cantidad al calcio, el fósforo, y el potasio, las cuales son relativamente bajas cuando se considera un período de 7 años, destacándose que éstos permanecen de manera fija en el cuerpo animal y por lo tanto, no afectan especialmente al componente vegetal.

## **SALIDAS**

Las salidas están representadas por los minerales contenidos en la leche producida, en el contenido mineral de los animales vendidos y finalmente por los minerales perdidos por la erosión hídrica, aunque éstos últimos pueden considerarse relativamente como muy bajos, como puede observarse en el cuadro 4.

Con relación al total del ciclo de 7 años, objeto del presente análisis, se observa claramente que el calcio es la fuente de salida de mayor cantidad, especialmente en la leche y los huesos de los animales, seguida por el fósforo y el potasio. Igualmente el sodio y el cloro presentan cantidades intermedias, y el azufre y el magnesio en cantidades relativamente bajas.

En general se establece que las pérdidas por nutrientes minerales para el sistema son altas, aunque, para el caso de los minerales contenidos en los productos animales es necesario entender que sus salidas no pueden ser minimizadas, ya que son parte del balance mineral dentro del organismo animal.

**Cuadro 3 Principales entradas de nutrientes minerales, anuales y por ciclo de siete años, para el sistema de ganadería de tipo extensivo en Las Choapas, Veracruz.**

Entradas <sup>1</sup>	Unidad	Cantidad	Ca	P	K	Na	Cl	S	Mg
• Nutrición - Sal común	Kg	938.00	-	-	-	369.04	568.96	-	-
• Ganado - Compra reproductores <sup>2,3,4</sup>	Unidad	1	7.50	5.00	1.00	0.8	0.55	0.02	0.20
- Total anual			7.50	5.00	1.00	369.84	569.51	0.002	0.20
- Total ciclo de 7 años			52.50	35.00	7.00	2,588.88	3,986.57	0.014	1.40

1. Los valores registrados para los minerales estan dados en Kg para 80 ha.
2. El peso promedio de compra de un toro reproductor es de 500 Kg.
3. El contenido de minerales esenciales y su concentración en el organismo animal (bovinos), en base húmeda, se basan en los reportados por Mac Donald (1975).
4. Ver apéndice 2.1

**Cuadro 4 Principales salidas de nutrientes minerales, anuales y por ciclo de siete años, del sistema de ganadería de tipo extensiva en Las Choapas, Veracruz.**

Salidas <sup>1</sup>	Unidad	Cantidad	Ca	P	K	Na	Cl	S	Mg
• Leche ( Venta ) <sup>2</sup>	Lts	53,040.0	63.65	47.74	74.25	26.52	106.08	-	-
• Animales ( Venta ) <sup>3</sup>									
- Reproductor <sup>4</sup>	Unidad	1	12.75	8.50	1.70	1.36	0.94	1.28	0.34
- Vacas desecho <sup>4</sup>	Unidad	22	214.50	143.00	0.70	21.12	15.84	21.56	5.72
- Novillas vientre <sup>4</sup>	Unidad	1	5.25	3.50	28.60	1.04	0.39	0.53	0.14
- Temeros destetos <sup>4</sup>	Unidad	23	62.10	41.40	8.28	6.67	4.60	6.21	1.61
• Suelo <sup>5</sup>									
- Pérdidas por erosión hídrica.	Kg	-	0.72	0.59	0.80	1.84	-	-	0.336
- Total anual			358.25	244.14	113.53	56.71	127.85	29.58	7.81
- Total ciclo de 7 años			2,507.75	1,708.98	794.71	396.97	894.95	207.06	54.67

1. Las salidas de los elementos minerales están dadas en kg, y corresponden a 80 ha.

2. El contenido de minerales esenciales y su concentración en la leche corresponden a los reportados por la Tabla de Composición de Alimentos para América Latina.

3. Los pesos de los animales pueden verse en el apéndice 2.3

4. El contenido de minerales esenciales y su concentración en el organismo animal (bovinos), en base húmeda, se basan en los reportados por Mac Donald (1975):

5. El cálculo por pérdidas de erosión hídrica que se asume corresponde al mismo de la pradera durante un año, como puede verse en el apéndice 1.4

## **CARGA Y DESCARGA**

Los procesos de carga y descarga para un sistema de ganadería de tipo extensivo, siempre presentará un balance final de nutrientes minerales negativo para la mayoría de los elementos básicos contenidos en el sistema. Se destaca entre ellos las pérdidas en calcio, en fósforo y potasio, al igual que azufre y en bajas cantidades el magnesio.

Un aspecto importante es la forma regular en que el sistema se carga y se descarga, mostrando que las mayores salidas se dan por la venta estacionaria de los animales, no así para la leche, la cual es continua, variando su cantidad de acuerdo a los periodos de lluvia y finalmente los minerales perdidos por erosión, cuyas cantidades están asociados a los meses de lluvias presentes en la región. Con relación al ciclo interno de nutrientes minerales, estos guardan relación con la disponibilidad de los mismos en el suelo para los pastos y forrajes, los cuales pasan al animal, donde parte de los mismos se almacenan y el mayor porcentaje regresa al suelo en las heces y orina, por lo que el movimiento interno de nutrientes es acelerado. El balance final se puede observar en el cuadro 5, en donde se presentan las cantidades correspondientes a la carga y descarga del sistema.

### **9.2.2 Sistema de Plantación de eucalipto**

#### **9.2.2.1 Entradas, salidas, carga y descarga**

##### **ENTRADAS.**

Se pudo establecer mediante el plan de manejo de la plantación que el único mineral que tiene entrada en el proceso productivo corresponde al nitrógeno presente en la urea, cuya aplicación está dada en los dos primeros años del ciclo, aunque su aplicación no garantiza su permanencia en el suelo, especialmente en la materia orgánica dada su inestabilidad de enlaces y por la alta pluviosidad. Las cantidades aplicadas pueden verse en el cuadro 6.

**Cuadro 5 Balance de nutrientes minerales, anual y por ciclo de siete años, para el sistema de ganadería de tipo extensivo, localizado en Las Choapas, Veracruz.**

Concepto	Unidad	Ca	P	K	Na	Cl	S	Mg
- Entradas <sup>1</sup>	Kg	7.50	5.00	1.00	369.84	569.51	0.002	0.20
- Salidas <sup>2</sup>	Kg	358.25	244.14	113.53	56.71	127.85	29.58	7.81
- Total anual <sup>3</sup>	Kg	- 350.75	- 239.14	- 112.53	313.13	441.66	- 29.57	- 7.61
- Total ciclo de 7 años <sup>3</sup>	Kg	- 2,455.25	- 1,673.98	- 787.71	2,191.91	3,091.62	- 207.046	- 53.27

1. Ver cuadro 3

2. Ver cuadro 4

3. Los presentes valores corresponden a 80 Ha.

**Cuadro 6 Flujo de nutrientes minerales para las principales entradas del sistema de Plantación de eucalipto, en Las Choapas, Veracruz.**

Entradas	Unidad	Cantidad	N
- Urea ( 46 % de N ) <sup>1</sup>	Kg	24,000.00	11,040.00
TOTAL			11,040.00

1. Ver apéndice 3.1

## **SALIDAS**

El flujo de nutrientes para las principales salidas se presentan en el cuadro 7, comprendiendo los contenidos minerales dentro de la madera extraída de eucalipto y de los elementos contenidos en la materia orgánica perdida por los procesos de erosión hídrica, aunque para ésta última, a excepción del nitrógeno, todos los demás son relativamente muy bajos.

Con relación al tipo de nutrientes, se destaca que las mayores salidas están dadas por el calcio, el nitrógeno y el potasio, presentando bajas cantidades en sodio, fósforo y magnesio, sin que se tomaran en la cuenta los elementos menores, dada las cantidades tan bajas.

**Cuadro 7 Flujo de nutrientes para las principales salidas del sistema de plantación de Eucalipto, en Las Choapas, Veracruz.**

Salidas <sup>1</sup>	Unidad	Cantidad	N	Ca	P	K	Na	Mg
- Trozas de madera de Eucalipto <sup>2,3</sup>	Kg	7,596.96 x 10 <sup>3</sup>	4,710.11	10,939.62	303.87	2,279.08	835.66	911.63
- Suelo. Pérdidas por erosión hídrica <sup>4</sup>	Kg		112.00	44 x 10 <sup>-5</sup>	0.12	36 x 10 <sup>-5</sup>	0.36	138.4 x 10 <sup>-5</sup>
- Erosión total <sup>5</sup>	Kg		784.00	0.00308	0.84	0.00252	2.52	0.00968
<b>Total turno de 7 años</b>			<b>5,494.11</b>	<b>10,939.62</b>	<b>304.71</b>	<b>2,279.08</b>	<b>836.02</b>	<b>911.63</b>

1. Las salidas corresponden al total de las 80 ha.

2. El presente análisis está dado en base seca, para lo cual se asumió un contenido de humedad del 46.8% (Varela, 1990), y una densidad del Eucalipto de 1.05 (FAO, 1981).

3. El contenido de minerales corresponde al reportado por Hills y Browns (1978),

4. El cálculo por pérdidas de erosión hídrica anual que se asume, corresponde al mismo de la plantación de Eucalipto, como puede verse en el apéndice 1.4

5. La erosión total corresponde al mismo tiempo de un turno de la plantación, es decir, a siete años.

## **CARGA Y DESCARGA**

El balance final de nutrientes minerales para el sistema de plantación de eucalipto puede observarse en el cuadro 8, donde, a excepción del nitrógeno, los demás elementos minerales presentan un balance negativo, especialmente con el calcio, el potasio, el sodio, el magnesio y el fósforo.

Los procesos de descarga del sistema, a excepción de los nutrientes minerales perdidos por la erosión hídrica, se dan en el momento de la corta de la madera de eucalipto proveniente de la plantación, es decir al final del ciclo de siete años, por lo cual la descarga depende del momento del aprovechamiento, constituyéndose la madera en una fuente de almacenamiento temporal de los minerales del sistema.

Al igual que cualquier sistema de producción antropogénico, el balance final de nutrientes minerales será negativo, y solamente se podría decir que el manejo de los niveles de salida de nutrientes sería factible en términos del manejo en el control de la erosión, ya que con referencia a los minerales presentes en la madera, éstos son esenciales en el proceso de producción de biomasa de las plantas, y están asociados tanto al genotipo como también a su relación con el ambiente donde se desarrolla.

### **9.2.3 Sistema Silvopastoril**

#### **9.2.3.1 Entradas, salidas, carga y descarga**

##### **ENTRADAS**

En general, las entradas de nutrientes al sistema silvopastoril están dadas por la plantación de eucalipto, como ya fue visto, y por el componente animal que se incorpora a la plantación. Al respecto de la parte animal, se estableció que los mayores aportes están dados por la incorporación de los nutrientes calcio, fósforo y sodio, seguidos del potasio, el azufre y magnesio. Dichos valores pueden verse en el cuadro 9.

**Cuadro 8 Balance final de nutrientes para un sistema de plantación de eucalipto, localizado en Las Choapas, Veracruz.**

Concepto	Unidad	N	Ca	P	K	Na	Cl	S	Mg
- Entradas <sup>1</sup>	Kg	11,040.00							
- Salidas <sup>2</sup>	Kg	5,494.11	10,939.62	303.99	2,279.08	836.02			911.63
- Total ciclo de 7 años <sup>3</sup>	kg	5,545.89	-10,939.62	-304.00	- 2,279.08	-836.02			- 911.63

1. Ver cuadro 6

2. Ver cuadro 7

3. Los presentes valores corresponden a 80 Ha.

Es de anotar, que la parte ganadera, por establecerse un período de ocupación por pastoreo de seis meses al año, y a partir del tercer año de establecida la plantación, su contribución en la entrada de nutrientes, en este sentido es baja, además de estar condicionada por encontrarse dentro del animal; sin embargo, las cantidades estimadas pueden considerarse significativas dado el número de unidades animales que puede sostener el sistema durante un ciclo de siete años.

## **SALIDAS**

Las salidas del sistema silvopastoril corresponden a los minerales encontrados en la madera de la plantación, a los minerales de los animales y a los minerales perdidos por el proceso erosivo establecido para la zona, como puede verse en el cuadro 10. Para la erosión y su contenido de nutrientes, los valores son los mismos que los reportados para la plantación. En este mismo anexo se presenta al calcio como el elemento de mayor cantidad y donde las cantidades de fósforo y potasio son cercanas en sus respectivos valores, seguidas por el sodio y el magnesio.

## **CARGA Y DESCARGA**

El balance de carga y descarga del sistema silvopastoril se presenta en el cuadro 11, donde se muestra al calcio como el principal elemento mineral de salida del sistema, seguido del potasio y en menor cantidad del fósforo y magnesio. Con relación al nitrógeno presenta un valor positivo, ya que las entradas al sistema por fertilización de la plantación durante los dos primeros años, es mayor que las salidas, contenidas especialmente en la madera y en la materia orgánica.

**Cuadro 9 Flujo de nutrientes de las principales entradas al sistema silvopastoril (Eucalipto y ganado de engorda ), en Las Choapas, Veracruz.**

Entradas	Unidad	Cantidad	N	Ca	P	K	Na	Cl	S	Mg
• Por la plantación <sup>1</sup>			11,040.00							
• Por ganadería <sup>2</sup>	Unidad Kg									
- Becerros destetos <sup>3,4</sup>		198.0		534.60	356.40	71.28	57.42	39.60	53.46	13.86
- Sal común <sup>5</sup>		240.0		-	-	-	154.57	94.42	-	-
• Total por ganadería <sup>6</sup>				2,673.00	1,782.00	356.40	1,059.95	670.10	267.30	69.30
Total Turno <sup>7,8</sup>			11,040.00	3,207.60	2,138.40	427.68	1,271.94	804.12	320.76	83.16

1. Los flujos de entrada de nutrientes, correspondientes a la plantación pueden verse en el cuadro 6

2. Corresponde a una entrada de pastoreo anual, cuya duración es de seis meses, a partir del tercer año de haberse establecido la plantación.

3. Se asume animales machos, castrados, de 180 kg de peso en promedio.

4. El consumo de sal promedio por 1 U.G. es de 0.120 Kg por semana.

5. Para la zona, el uso de sal común corresponde a la sal de cocina, enriquecida con yodo y fluor.

6. El presente total corresponde a cinco ciclos de pastoreo (uno por año), a partir del tercer año de haberse establecido la plantación de eucalipto, con el fin de no causar daños a la misma.

7. El turno de producción de la plantación de Eucalyptus es de 7 años.

8. El total del turno para el sistema silvopastoril corresponde a la suma de los valores reportados en (1) y (6).

**Cuadro 10 Valor del flujo de nutrientes de las principales salidas del sistema silvopastoril (eucalipto y ganado de engorda ), en Las Choapas, Veracruz.**

Salidas	Unidad	Cantidad	N	Ca	P	K	Na	Cl	S	Mg
- Trozas de madera de Eucalipto <sup>1,2</sup>	Kg	7'596,960.	4,710.11	10,939.62	303.87	2,279.08	835.66			911.63
- Becerras en engorde <sup>3,4,5</sup>	Unidad	194.		654.70	436.50	87.30	69.84	48.50	64.02	17.46
- Total ciclo <sup>6</sup>				3,273.50	2,182.50	436.50	349.50	242.50	320.10	87.30
- Suelo. Pérdidas por erosión hídrica <sup>7</sup>			112.00	44 x 10 <sup>-5</sup>	0.12	36 x 10 <sup>-5</sup>	0.36	-	-	-
- Total ciclo <sup>8</sup>			784.00	0.00308	0.84	0.00252	2.52	-	-	-
<b>Total salidas <sup>9</sup></b>			<b>5,494.11</b>	<b>14,213.12</b>	<b>2,487.2</b>	<b>2,715.58</b>	<b>1,187.68</b>	<b>242.50</b>	<b>320.10</b>	<b>998.93</b>

1. El presente análisis está dado en base seca, para lo cual se asumió un contenido de humedad del 46.8% (Varela, 1990), y una densidad del eucalipto de 1.05 (FAO, 1981).

2. El contenido de minerales corresponde al reportado por Hills, W.E y Browns (1978),

3. Se toma sólo el incremento de peso registrado por los novillos, introducidos durante la época de lluvias (6 meses) por año, a partir del segundo año, con el fin de no ocasionar daños a la plantación.

4. Se asume un porcentaje de mortalidad del 2% durante el tiempo de pastoreo, equivalente a 4 animales muertos.

5. El peso de salida de un becerro es de 225 kg, con un incremento diario de 0.25 Kg / día.

6. El presente total corresponde a cinco ciclos de pastoreo (uno por año), a partir del tercer año de haberse establecido la plantación de eucalipto, con el fin de no causar daños a la misma.

7. El cálculo por pérdidas de erosión hídrica anual que se asume, corresponde al mismo de la plantación de eucalipto, como puede verse en el apéndice 1.4

8. El total del ciclo corresponde a 7 años.

9. Corresponde a la suma de los valores reportados en (1), (6) y (8), y corresponden a 80 ha.

**Cuadro 11 Balance de nutrientes mineral, anual y por ciclo de siete años, para un sistema silvopastoril (eucalipto y ganado de engorda ), localizado en Las Choapas, Veracruz.**

CONCEPTO	Unidad	N	Ca	P	K	Na	Cl	S	Mg
• Entradas <sup>1</sup>	Kg	11,040.00	3,207.60	2,138.40	427.68	1,271.94	804.12	320.76	83.16
• Salidas <sup>2</sup>	Kg	5,494.11	14,213.12	2,487.20	2,715.58	1,187.68	242.50	320.10	998.93
Valor total		5,545.89	-11,005.52	- 348.80	- 2,287.90	84.26	- 561.62	0.66	- 915.77

1. ver cuadro 9  
2. ver cuadro 10

#### 9.2.4 Discusión

Con respecto de las entradas de minerales para el sistema de ganadería extensiva, consideradas en el presente análisis se puede concluir que éstas son mínimas, principalmente por la falta de uso de sales mineralizadas y abonos químicos, por lo tanto su influencia en el balance final del sistema es poco significativa para nitrógeno, fósforo, potasio y calcio, especialmente, como puede verse en el cuadro 3.

Para las salidas, presentadas en el cuadro 4, las pérdidas por erosión hídrica son muy bajas, por lo tanto se considera no significativas ya que los mayores valores de nutrientes están representadas en los cuerpos de los animales, seguida de la producción de leche, razón muy válida dado el aprovechamiento de los minerales presentes en las pasturas, básicos para los requerimientos del balance mineral del organismo animal y su productividad.

El análisis del balance final, dadas las anteriores consideraciones, necesariamente tienen que tener un resultado negativo en todos los elementos considerados, menos para el nitrógeno; al respecto los aspectos de manejo de las pasturas mediante la fertilización nitrogenada originada por las excretas de los bovinos que la pastorean se constituyen en un elemento favorable para este tipo de sistemas.

Al relacionar dichos valores con las salidas de minerales encontradas, tanto en la leche como en el cuerpo animal, como puede verse en el cuadro 5, estos corresponden, proporcionalmente a lo encontrado por Fassbender y Bornemisza (1994), quienes reportan, que para pasturas tropicales como la *Digitaria decumbens* y el *Brachiaria mutica*, presentaron una remoción anual promedio de 300 kg. de N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, de 42 kg. de P ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, de 383 kg. de K ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, de 92 kg. de Ca ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, y de 57.16 kg. de Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, parte de los cuales entran como nutrientes minerales al organismo animal.

La consideración sobre las cantidades dadas en el balance final, tal como aparecen en el cuadro 5, llaman la atención especialmente sobre el calcio, el fósforo y el potasio, debido a la forma en que presentan sus ciclos, de los cuales, el más limitante en este caso es el fósforo, debido a su poca movilidad.

En relación a estos elementos, debido a la alta precipitación de la zona, pueden ser altamente lixiviados, resultando así una alta disminución en su disponibilidad y por lo tanto reflejada en la baja productividad de las pasturas. En el caso del potasio, la extracción de este elemento por parte de los forrajes puede alcanzar valores entre 6.0 y 9.0 kg/ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> como lo reporta Fassbender y Bornemisza (1994), relativamente altos para los 1.4 kg. ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, encontrados en el presente estudio.

Con relación a las plantaciones, el efecto de las mismas sobre las propiedades químicas del suelo han sido estudiadas intensamente, según lo reporta Paula L. (1994), y Poore M. y Fries C. (1987), en sus estudios sobre los impactos ambientales del eucalipto. Dichos estudios, presentan que uno de los aspectos de mayor importancia en este sentido es el efecto de las plantaciones sobre la fertilidad del suelo y su relación con el impacto relacionado con la microbiología del mismo, especialmente por la mineralización del nitrógeno, el ciclaje de nutrientes y la manutención de la productividad del sitio.

Con respecto a las alteraciones sobre los microorganismos, dicho investigador encontró tanto estudios en los cuales se reduce la presencia de microorganismos, como los presentados por Karscho (1961) y Philippis (1966), como también resultados de incremento como los reportados por Liani (1959) y Rambelli (1959a y 1959b), entre otros, manifestando que el equilibrio de la microflora del suelo, es más el resultado de otros procesos de manejo del suelo, que de la especie vegetal en cuestión.

La relación entre el contenido de materia orgánica y las tasas de mineralización, especialmente del nitrógeno está en el papel que juegan las

bacterias involucradas en el ciclo de este elemento. En torno a esta situación, Adams y Attiwill (1986b) en Australia, citados por Paula L. (1994), analizando este proceso para ocho bosques naturales de eucalipto desde la esclerofítica seca a la esclerofítica húmeda, en diferentes regímenes de lluvia y condiciones de suelos, presentan que cuando la transferencia de nitrógeno es rápida y la relación C/N del suelo es baja, la nitrificación es un proceso común y los árboles asimilan el nitrógeno en la forma de nitratos. Donde la transferencia de nitrógeno es lenta y predomina una relación C/N alta en el suelo, la mineralización queda reducida, y la forma amoniacal se constituye en la única forma disponible en el suelo.

Sobre el pH del suelo, Yadav et al (1973), citados por Paula L. (1994), comparando el pH del suelo del eucalipto y abajo del bosque natural de *Shorea robusta*, en la India, y Lorenzo Velasco (1981), en una comparación similar en España, entre plantaciones de eucalipto y roble, observaron una ligera disminución del pH del suelo; sin embargo, Homem (1961), Marien y Calvin (1983), Jha y Pande (1984), y Bagalopalan y José (1984), citados por Paula L. (1994), observaron un efecto opuesto del eucalipto sobre el suelo, por lo que no se puede precisar sobre los efectos de los eucaliptos sobre el pH del suelo.

Paula L. (1994), presenta que la mayoría de los estudios muestran un efecto altamente favorable del eucalipto sobre el contenido de nutrientes y de cationes cambiabiles suelo (Beaucorps, 1957, Karschon, 1958, Metro y Beaurcop 1958, Karschon 1961, Cozzo 1971, Rocha Filho et al 1978, Haag et al 1978, entre otros).

Comparando las condiciones del suelo mineral hasta una profundidad de 40 cm abajo de plantaciones de *Eucalyptus regnans* y *Pinus radiata*, ambas exóticas en Nueva Zelandia, Jurgensen et al (1986), citados por Paula L. (1994), encontraron mayor contenido de nitrógeno y de calcio intercambiable, pero menor de magnesio cambiabile, abajo del eucalipto, lo mismo que con el

potasio intercambiable, sugerido por algunos autores como un elemento extraído del suelo en forma exagerada por el eucalipto .

Con relación a la evaluación comparativa de la materia orgánica provista al suelo por el eucalipto, Paula L. (1994), en comparación con otras especies forestales, indica un efecto positivo sobre la mejoría potencial de las propiedades químicas del suelo abajo de las plantaciones de eucalipto. Read (1941), citado por este investigador, en África del sur, observó una capa orgánica de 20 cm desarrollada durante un período de 20 años abajo de plantaciones de *Eucalyptus saligna* formada sobre suelo degradado; igualmente, citando a Cozzo y Riveros (1969 ) y Cozzo (1971), estimaron una acumulación de cerca de dos a cuatro veces más sobre el eucalipto en comparación con la pastura.

El conocimiento de las cantidades de nutrientes presentes en el suelo y en la biomasa aérea es de fundamental importancia para la comprensión de la estructura de un cierto ecosistema. Este conocimiento es también importante para la evaluación adecuada con respecto del posible impacto ambiental del eucalipto sobre la estabilidad del ciclo de nutrientes.

Estos ciclos bioquímicos y biogeoquímicos para el fósforo y el potasio, en bosques naturales de *Eucalyptus obliqua* en Australia, Attiwill (1980), citado por Paula L. (1994), presentaron que la mitad de la demanda total del fósforo es suplida por el ciclo interno o bioquímico, a través de un proceso efectivo de removilización del fósforo antes de la caída de las hojas.

En un estudio comparativo entre bosques naturales de *E. obliqua* y plantación de *Pinus radiata*, realizado por Barker y Attiwill (1985) citados por Paula L. (1994), para eucalipto, encontraron que apenas el 4% de la demanda del nitrógeno y 10% de la demanda del fósforo vinieron de las reservas del suelo, y los restantes fueron completados por el ciclo bioquímico.

Al respecto, Paula L. (1994), manifiesta que las plantaciones de eucalipto parecen transferir una cantidad mayor de calcio y de fósforo de la descomposición del manto orgánico, en comparación con otras especies arbóreas, a excepción del bosque tropical.

Sin embargo, las variaciones de los resultados obtenidos, para diferentes especies y condiciones de suelos, y edad de la población arbórea, dificultan el tipo de análisis que pueda realizarse entre sistemas de plantación diferentes. No obstante, los datos reportados por Paula L. (1994), en cuanto al contenido de nutrientes de la biomasa de plantaciones de eucalipto, recopilado de varios estudios a nivel mundial, presenta que dicha cantidad de nutrientes a la edad de corte es considerable, pero menor a la contenida en los cultivos comerciales.

El análisis presenta que la remoción de nutrientes es considerablemente mayor con turnos de rotación más cortos, representando un efecto significativo sobre la mantención de la productividad del sitio a lo largo de las sucesivas rotaciones, según los resultados encontrados por Wells y Jorgensen 1979, Crane y Raison 1980, Poggiani et al 1983a, entre otros, citados por Paula L. (1994), al comparar al *Eucalyptus grandis* a diferentes edades.

La relación de los turnos con la remoción de nutrientes, según este investigador, radica en que en la formación del duramen de la madera, los nutrientes son normalmente trasladados, de tal manera que el duramen, normalmente contendrá una menor concentración de nutrientes que el albura. La situación para turnos cortos está, en que la formación del duramen en eucalipto, por lo general empieza al rededor de los 8 años (Eldridge y Cromer 1987) y por lo tanto, el corte de los árboles más jóvenes, puede genéricamente remover más nutrientes que el corte a edades más avanzadas.

Las tasas anuales de remoción de fósforo del suelo, de 3.78 kg. ha<sup>-1</sup> encontradas para eucalipto, comparadas con las remociones anuales

presentadas por Fassbender y Bornemisza (1994), para otras especies forestales, entre 3 y 4 kg ha<sup>-1</sup> son muy semejantes, por lo que se aconseja compensar las cantidades extraídas mediante fertilización.

La remoción de nutrientes de algunas especies de eucalipto, presentada por Paula L. (1994) y Zimmermann R. (1981), comparada con los obtenidos en el presente estudios, muestran las siguientes relaciones: para el N, el promedio de remoción para árboles entre los 8 y 10 años es de 20 kg. ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, contra 8.4 kg. ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> encontrados en el presente análisis; para el P, de 3.0 kg. ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> contra 0.54 kg. ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> kg.; para el K, de 18.6 contra 4.06 kg. ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>; para el Ca, de 25.5 kg. ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, contra 19 kg. ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> y finalmente de Mg, de 6.0 kg. ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, contra 1.7 kg. ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

Los anteriores resultados muestran que, si bien son mucho más bajos los valores encontrados, debe considerarse que los mismos se basaron en el reporte de literatura presentado por Hilss y Browns (1978) en Australia, para eucalipto con turnos de corte de 7 años; no obstante lo anterior, se puede ver que la tendencia general de la especie es hacia una mayor cantidad de extracción de calcio, seguida del potasio y del magnesio.

Con relación a los sistemas silvopastoriles uno de los aspectos más importantes a considerar en la evaluación de estos sistemas, está relacionado con el tipo de especie de la plantación y a su vez con la presencia y cantidad de flora asociada al cultivo, para determinar la capacidad de carga animal que pueda sostener.

La introducción de los animales, generalmente se realiza al tercer año, con el fin de no ocasionar daños a la plantación; dicho tiempo, caracterizado por un crecimiento rápido de los árboles y que lleva consigo el cierre de las copas, impide el crecimiento del sotobosque. Sin embargo, con el desarrollo posterior de la plantación, la copa comienza a permitir la penetración de la luz, condición necesaria para el desarrollo de la vegetación acompañante.

Paula L. (1994), comenta, para algunas condiciones en Brasil, que el crecimiento del zacate llega a ser lo suficientemente intenso para permitir la introducción del ganado, y si la plantación permaneciera hasta edades más avanzadas, hasta el mismo ecosistema original, puede eventualmente, reaparecer abajo de la misma. Por el contrario, un cambio en la flora local puede resultar también del manejo inadecuado, y no solamente por la introducción de la especie de arbórea como en el caso del eucalipto.

Al respecto de la alelopatía, generalmente asociada al eucalipto, Rao y Reddy (1984) citados por Paula L. (1994), utilizando extractos de *Eucalyptus tereticornis*, observaron que la aparición del efecto depende de la acumulación de la sustancia inhibitoria, concluyendo que en situaciones de clima húmedo, las condiciones de lixiviación intensa del perfil del suelo pueden tornar insignificante el efecto. Este mismo investigador, citando a Moral y Muller (1970), concluyen que, para el *Eucalyptus camandulensis*, en California, el fenómeno solamente aparecía en condiciones de suelo mal drenado, lo que puede acumular sustancias inhibitorias.

Parte de la problemática asociada a los sistemas silvopastoriles con *Eucalyptus*, está relacionada con la descomposición de las hojas, las cuales son consideradas indigestas, por causa de la concentración usualmente elevada de taninos y por lo tanto inhibitorias del crecimiento del forraje. Al respecto, Fox y Macauley (1977) citados por Paula L. (1994) observaron que una alta concentración de taninos aparentemente no impide que las hojas de *Eucalyptus*, sean comidas por los insectos, ni tampoco inhibe el crecimiento y la eficiencia metabólica de los mismos, logrando un proceso rápido de formación de materia orgánica que favorece el desarrollo de la vegetación acompañante.

Esta situación, de producción de materia orgánica, al menor nivel de perturbaciones del sitio, es un factor que conduce a una mejor utilización del

agua y de los nutrientes de tales sistemas, como lo comenta Burgos A. (1991); para sistemas silvopastoriles el ciclaje de nutrientes tiende a ser más rápida y los nutrientes que serían normalmente perdidos en un sistema convencional de monocultivo de eucalipto, son mejor aprovechados por el sotobosque.

En relación con la capacidad de carga, Payme (1985), citado por Paula L. (1994), presenta algunas experiencias acerca del uso del *Eucalyptus* en sistemas silvopastoriles; en las islas Salomón, un área cercana a las 2,600 ha sembradas con *Eucalyptus deglupta*, espaciada a 10X3 m fue sembrada con *Brachiaria humidicola*, y con el pasto batiki (*Ischaemun aristatum*), e intercalada con *Centrocema pubescens* y *Pueraria phaseoloides*, encontrándose que el crecimiento de los árboles fue más rápido en las áreas donde el ganado fue introducido, probablemente al control ejercido por el ganado sobre las malas hierbas, con conversiones de 299 kg. de carne ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>.

### 9.3 FLUJOS DE ENERGÍA

#### 9.3.1 Sistema de Ganadería Extensiva.

##### 9.3.1.1 Entradas, salidas, carga y descarga

#### ENTRADAS DE ENERGÍA

Las entradas totales de energía para este sistema, corresponden a un flujo de 90,278.66 Kcal ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, como puede verse en el cuadro 12. Este flujo total está repartido en los siguientes ítems: por uso de agroquímicos el 4.51 %, por mano de obra familiar el 6.81%, por mano de obra contratada el 21.03 % y finalmente por trabajo animal el 67.65%.

Con referencia a lo anterior, se presenta claramente un bajísimo uso de insumos de producción, especialmente con los agroquímicos relacionados con el control de especies no deseables, lo cual influye en alguna forma en la

capacidad de carga del sistema, dada la competencia entre especies; no obstante, una manera de manejo de esta problemática radica en el uso de especies forrajeras agresivas, es decir, que invadan y desplacen, como es el caso del pasto estrella africana y en menor grado del *Brachiaria*.

En el caso de la mano de obra, se establece que la correspondiente a la familiar está dada por la intervención del dueño en la toma de decisiones y de trabajo de campo con los animales y a la colaboración de uno de los hijos mayores en las labores propias de la explotación, a diferencia de la contratada, la cual desarrolla principalmente labores de ordeño y trabajo de campo, tales como vaquería y arreglo de instalaciones y control de especies no deseables.

Las entradas en mano de obra total del sistema presenta una contribución del 27.84% del total de las entradas, representando una baja contribución por unidad de área, aunque debe destacarse que esta es continua durante todos los días del año y que no incluye la energía consumida para la generación de conocimientos, los cuales se basan en las vivencias con el entorno.

Para el trabajo animal, debe aclararse que este corresponde a las funciones básicas de vaquería y desplazamiento dentro de la unidad de producción, jugando un papel de considerable importancia como entrada dada su contribución con 67.65% del total, ya que no existe otra forma menos costosa en términos de energía para poder realizar las mismas funciones.

## **SALIDAS DE ENERGÍA**

Con relación a las salidas de energía, se tiene un flujo de 147,055.56 Kcal ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, las cuales están en relación con la estructura y función de producción del sistema, especialmente con los parámetros productivos y reproductivos, como puede verse en el cuadro 13.

Dado que el sistema es de doble propósito, las salidas principales están representadas por la producción de leche con un 35.45% y de carne con un

**Cuadro 12 Valor energético de las principales entradas anuales, y para un ciclo de 7 años, para 80 ha, del sistema de ganadería de tipo extensivo, en Las Choapas, Veracruz.**

Entradas	Unidad	Cantidad	Equiv. energ. Kcal	Flujo Kcal año <sup>-1</sup>	flujo Kcal 7 años	%
- Agroquímicos <sup>1</sup> ( Herbicidas ).	lt	3.	108,506. kcal lt <sup>-1</sup>	325,518.0	2'278,626.0	4.51
- M. de O. Familiar <sup>2</sup>	Equiv-hora	2,920.	167.3 Kcal h <sup>-1</sup>	492,531.2	3'447,718.4	6.81
- M. de O. Contratada <sup>2</sup>	Equiv-hora	9,080.	167.3 Kcal h <sup>-1</sup>	1'519,084.0	10'633,588.0	21.03
- Trabajo animal <sup>3</sup>	Equiv-hora	2,920.	1673. Kcal h <sup>-1</sup>	4'885,160.0	34'196,120.0	67.65
<b>TOTAL</b>				<b>7'222,293.2</b>	<b>50'556,052.4</b>	<b>100.0</b>

1. Green and McCull (1976), citado por Fluck (1980), estimaron un valor de 460 MJ kg<sup>-1</sup> para el herbicida paracuat, materia prima básica en la elaboración de los herbicidas.

2. Deleage et al (1979), citado por Mizgajski, A. (1982), Este valor corresponde al gasto adicional de energía relacionada con el trabajo, y no incluye el gasto necesario para los procesos fisiológicos.

3. Sprengel (1834) y Schwerz (1836), citados por Mizgajshi, A. (1988), presentan que, el valor de energía de tracción de un caballo, correspondiente a 7.1 MJ h<sup>-1</sup>, el cual es igual a 4 hp, de acuerdo a Faustzahlen Für die L. (1951), citado por Mizgajski (1988).

**Cuadro 13 Valor energético de las principales salidas anuales, y para un ciclo de 7 años, en 80 ha, del sistema de ganadería de tipo extensivo en Las Choapas, Veracruz.**

Salidas	Unidad	Cantidad <sup>3</sup>	Equiv. energ. Kcal	Flujo Kcal / año	Flujo Kcal/ 7 años	%
• Leche ( Venta ) <sup>1</sup>	lt	53,040.0	786.0 kcal lt <sup>-1</sup>	41,705,511.0	291'938,577.0	35.45
• Animales ( Venta ) <sup>2</sup> - Reproductor <sup>3</sup>	Unidad	1	2,500.0 Kcal kg <sup>-1</sup>	2,125,000.0	14'875,000.0	1.80
- Vacas desecho <sup>3</sup>	Unidad	22	2,500.0 Kcal kg <sup>-1</sup>	35,750,000.0	250'250,000.0	30.39
- Novillas vientre <sup>3</sup>	Unidad	1	2,500.0 Kcal kg <sup>-1</sup>	1,750,000.0	12'250,000.0	1.49
-Temeros destetos <sup>3</sup>	Unidad	23	2,500.0 Kcal kg <sup>-1</sup>	10,350,000.0	72'450,000.0	8.80
• Materia orgánica perdida por erosión hídrica <sup>4,5</sup>	Kg	7,484.80	3,468.89 Kcal kg <sup>-1</sup>	25'963,947.8	181'747,635.1	22.07
<b>TOTAL</b>				<b>117'644,458.8</b>	<b>823'511,212.1</b>	<b>100.0</b>

1. Mollgaard (1929); Overman y Gaines (1933), citados por Kleiber (1972)

2. Odum, (1997), presenta un valor promedio para bovinos de 2,500.0 Kcal kg<sup>-1</sup>.

3. El peso promedio de los animales puede verse en el anexo 2.3

4. Se toma como base la materia orgánica correspondiente a pasto seco, el cual fué estimado por Deleage et al (1979), en 14.5 MJ Kg<sup>-1</sup>, citado por Mizgajski (1988).

5. El cálculo de la pérdida de materia orgánica por erosión hídrica es de 93.56 kg ha<sup>-1</sup>, lo cual da un total de 7,484.8 kg perdidos para las 80 ha por año, como puede verse en el apéndice 1.4

42.85%, sin que en este caso se tenga en la cuenta la estacionalidad de los períodos de lluvia. Al respecto, los parámetros productivos y reproductivos, como en el presente caso, pueden medirse en unidades de energía y representan la eficiencia de las técnicas utilizadas.

En el caso de la energía presente por la venta de animales, sorprende que los mayores porcentajes estén dados en las vacas de descarte y en un menor grado en los terneros destetos, valores que podrían incrementarse si se introdujeran técnicas de producción que mejoraran los parámetros existentes.

Llama la atención, el alto porcentaje alcanzado por pérdidas de energía presentes en la materia orgánica perdida por erosión hídrica durante el año, con un valor del 22.06%, al considerar que el suelo es uno de los sitios de mayor almacenamiento de energía presente en cualquier sistema y si bien, por las características propias de la explotación ésta correspondería a la eficiencia de las pasturas en la captura de la energía solar, la importancia radica en la forma en que se pierde.

### **Indicadores de rendimiento energético**

Una de las mejores formas de mirar los procesos de carga y descarga de los sistemas está relacionado con los indicadores de eficiencia, ya que relacionan no sólo los flujos sino que interpreta el uso de los mismos dentro del sistema. Entre los principales indicadores (ver cuadro 18) están los siguientes:

- **Rendimiento energético global:** indica una relación alta, es decir, muestra que la energía de entrada, a pesar de ser baja, por ser de carácter subsidiada, propia de este tipo de explotaciones extensivas, interviene poco, entendiéndose que la energía contenida en la salida del sistema esta muy relacionada con la RFA (Radiación Fotosintéticamente Activa) capturada por las plantas y convertida en biomasa, base fundamental de alimentación de

los bovinos. Esta relación indica que por cada unidad de energía subsidiada se obtienen 114.02 unidades de energía total del sistema.

- **Energía de trabajo humano:** presenta una eficiencia normal para este tipo de sistemas, ya que si bien ésta representa el 27.84% de la energía de entrada, su interacción con el sistema muestra que los altos rendimientos contenidos en la energía total de las salidas del mismo dependen no de la mano de obra sino de la producción de biomasa de las pasturas, y de la conversión a productos animales (ley del diezmo), presentando por lo tanto un rendimiento energético de 45.57 unidades de energía de salida por unidad de energía empleada como mano de obra.
- **Producción primaria:** en el caso de la pradera, el manejo de la misma es mínimo, mostrando claramente que la energía contenida en los pastos está dada por la capacidad de captura de la RFA, especialmente si se considera que en general todas las gramíneas son plantas C4; para la zona, la Pp debe ser alta debido tanto a la radiación solar como también al contenido de materia orgánica del suelo y a las altas precipitaciones y a la bajísima inversión en energía subsidiada.
- **Producción secundaria:** correspondiente a la producción animal, la cual está dividida en leche y carne por ser un sistema de doble fin; al respecto, para el primero, se obtuvo un índice de 40.42, indicando que la inversión de energía de entrada, de tipo subsidiada es muy baja y por lo tanto se considera un sistema dependiente de la RFA capturada por la pradera. El hecho de que el sistema sea de doble fin, asegura entre sus salidas la producción de carne, presentando un indicador de 48.43, muy similar al de la leche, pudiéndose interpretar que tanto los factores medio ambientales, juntamente con el tipo racial y el manejo establecido, ofrecen un equilibrio en la función de producción mixta.

- **Eficiencia de conversión de las pasturas a producto animal:** debe observarse a nivel de la segunda ley de la termodinámica, especialmente con relación a las cadenas tróficas. En este caso, por ser un sistema localizado en el trópico, con distribución de lluvias abundantes y una RFA permanente durante todo el año, contribuye con un flujo constante de energía el cual es aprovechada por los animales para la producción secundaria.

En el presente trabajo se estimó un índice del 0.19 el cual guarda relación con la capacidad de carga de la pradera, sin considerar que parte de la energía transformada por las plantas está contenida en las raíces, razón por la cual sólo se toma en la cuenta la productividad herbácea de las especies establecidas en la explotación, y de su presión de pastoreo al igual que de los periodos de descanso, para recuperación de la misma.

- El nivel de intensificación energética obtenido de 1,029.38 Kcal / m<sup>2</sup> para 7 años, indica que la relación entre las salidas de energía del sistema y la Superficie Agrícola Útil (SAU), de 80 ha, es alta para ganaderías de tipo extensivo y con parámetros productivos y reproductivos como los encontrados en el presente estudio, aunque cualquier cambio en este índice por debajo del mismo indicaría problemas relacionados con la estabilidad del sistema, relacionados con plagas y enfermedades, baja capacidad de carga que afecten los parámetros productivos y reproductivo. Por el contrario, cambios por encima de este índice indicaría mejoras en el rediseño de la estructura y función de producción del sistema, con mejoras en los procesos sinérgicos y probables aumentos en la entrada de energía subsidiada.
- Con relación a los procesos de carga y descarga del sistema, se debe analizar con base a las salidas del mismo; al estimar los productos y los tiempos fisiológicos de producción, la leche tiende a ser un elemento constante de descarga ya que su producción se da durante todo el año, no así para la salida por venta de animales, las cuales tienden en la zona a ser

estacionales y relacionados con la capacidad de carga de los pastos existentes, situación que conduce a establecer picos de carga y descarga muy suaves y poco observables en el corto tiempo.

Con relación a la pérdida anual de materia orgánica por erosión hídrica (22.06% del total de salidas de energía) debe manejarse con alternativas relacionadas con la estructura, especialmente entre la relación clima-suelo-planta-animal, que represente bajo costo energético pero de gran eficiencia tanto global como en el nivel de intensificación energética del sistema, y en cada uno de los indicadores productivos y reproductivos, lo cual puede hacerse con la presencia de árboles leguminosas.

### **9.3.2 Sistema de Plantación de eucalipto**

#### **9.3.2.1 Entradas, salidas, carga y descarga**

##### **ENTRADA DE ENERGÍA**

Para el sistema de Plantación de Eucalipto, el cuadro 14 presenta un ingreso de 376.08 Kcal m<sup>-1</sup> durante un período de 7 años, destacándose el empleo de la urea, como el elemento más influyente en el uso de energía subsidiada con un 61.64% del total, seguida en orden de importancia por el uso de bestias con el 21.45% en el proceso de arrime y finalmente el proceso de preparada del suelo para las actividades de plantación con un 10.86%.

Con relación a la mano de obra contratada para las diversas actividades propias del plan de manejo del rodal, esta corresponde al 1.94% del total de las entradas, la cual puede considerarse muy baja al compararse con el total de las entradas de energía del sistema y con el 14.83% por uso de combustible, dejando entrever una relación de 1:7 en el uso de las técnicas y la energía requerida para las mismas.

Cuadro 14 Valor energético de las principales entradas para el sistema Plantación de eucalipto, en Las Choapas, Veracruz.

Entradas	Unidad	Cantidad	Equiv. energ. Kcal	Flujo Kcal / turno	%
- Arada <sup>1</sup>	Lt	2,112.0	11,304.7 Kcal h <sup>-1</sup>	23,875,526.00	7.933
- Rastrillada <sup>1</sup>	Lt	1,056.0	11,304.7 Kcal h <sup>-1</sup>	11,937,763.00	3.933
- Trazo de la plantación ( M. de O )	Equiv-hora	32	167.30 Kcal h <sup>-1</sup>	5,353.60	0.001
- Plantas	Unidad				
- Plantación ( M de O ) <sup>2</sup>	Equiv-hora	4,480.0	167.30 Kcal h <sup>-1</sup>	749,504.00	0.245
- Control de malezas					
- Químico ( herbicidas ) <sup>3</sup>	Lt				
- Aplicación <sup>2</sup>	Equiv-hora	1,280.0	167.30 Kcal h <sup>-1</sup>	214,144.00	0.071
- Físico ( M de O )	Equiv-hora	1,280.0	167.30 Kcal h <sup>-1</sup>	214,144.00	0.071
- Urea <sup>4</sup>	Kg	11,040.0	16,800.00 Kcal	185'472,000.00	61.642
- Aplicación urea ( M de O ) <sup>2</sup>	Equiv-hora	320.0	167.30 Kcal h <sup>-1</sup>	53,536.00	0.175
- Derribe, derrame y troceo					
- Mano de obra <sup>2</sup>	Equiv-hora	1,673.8	167.30 Kcal h <sup>-1</sup>	280,034.43	0.092
- Motosierra ( Gasolina ) <sup>4</sup>	Lt	1,046.15	8,533.33 Kcal Lt <sup>-1</sup>	8'927,178.20	2.965
- Brechas corta fuego					
- Mano de obra <sup>5</sup>	Equiv-hora	120	167.30 Kcal h <sup>-1</sup>	20,076.00	0.001
- Arrime					
- Mano de Obra <sup>6</sup>	Equiv-hora	25,600.	167.30 Kcal h <sup>-1</sup>	4'282,880.00	1.421
- Uso de bestias <sup>7</sup>	Equiv-hora	25,600.	2,532.8 Kcal h <sup>-1</sup>	64'839,680.00	21.450
TOTAL				300'871,819.23	100.0

1. Fluck y Baird (1980), presentan un equivalente energético de 47.3 MJ Lt<sup>-1</sup> para combustible diesel (11,304.7 Kcal h<sup>-1</sup>). Un tractor de 80 hp consume un promedio de diesel de 13.2 lt h<sup>-1</sup> (de acuerdo a la ASE, los lt h<sup>-1</sup> = 0.165 X HP, citado por Ulloa 1977) y requiere de 2 horas para arar una ha. y de una hora para su rastrillada, con una eficiencia de 0.8.

2. Corresponde a un valor de 0.7 MJ h<sup>-1</sup>, estimado por Deleage et al (1979), en el cual, se tiene en la cuenta solamente el gasto adicional de energía relacionada con el trabajo, sin incluir los gastos de energía de mantenimiento de los procesos fisiológicos, tal como lo cita Mizgajski (1988).

3. Green and McCull (1976), citado por Fluck, (1980), estimaron un valor de 460 MJ Kg<sup>-1</sup> para el herbicida paracuat, materia prima básica en la elaboración de los herbicidas.

4. Pimentel et al (1976), presenta un valor de 8,400 Kcal por libra de Nitrógeno, la cual se utiliza en el presente estudio; sin embargo, Mizgajski (1988), estima que los estudios de eficiencia de la energía de los fertilizantes en la agricultura puede ser calculada con base en la cantidad de energía utilizada por el cultivo, en la producción anexa de biomasa.

5. Se emplean 25 metros lineales por jornal.

6. El presente cálculo se realiza con base al trabajo desarrollado por 4 hombres/día, con jornales de 8 horas, los cuales movilizan diariamente 17 M<sup>3</sup> de madera.

7. Se establece un uso de 4 bestias por día para arrastre de 17 M<sup>3</sup>, con jornadas de 8 horas por día. Para la equivalencia energética, un caballo de fuerza corresponde a un valor de 10.6 MJ h<sup>-1</sup>, el cual se asume es igual a 4 hp, de acuerdo a Faustzahlen Für die L. (1951), citado por Mizgajski (1988).

En general, puede verse que para la plantación, al considerarse un turno de 7 años, los mayores ingresos de energía subsidiada se dan al inicio de las actividades de plantación y en el primer año, sobresaliendo la energía utilizada para la preparación del terreno y la aplicación de fertilizantes, y al final del ciclo con el aprovechamiento de la madera, especialmente en las actividades de derribe, corte, troceo y del arrime a los caminos.

La consideración del uso de bestias dentro de los costos de energía subsidiada para el proceso de arrime de la madera, y el valor energético que esta técnica demanda, dadas las condiciones del terreno, para el caso en estudio, se da por considerarse un recurso de fácil adquisición en la zona aunque la misma puede ser reemplazada por cargadores, los cuales, desde el punto de vista energético tienen una mayor grado de eficiencia.

#### **SALIDAS DE ENERGÍA**

Las salidas de energía para la plantación están en relación a los objetivos propuestos al inicio del programa; en este caso están referidos a la producción de madera proveniente de los árboles plantados, la cual se estimó en un 99.85% del total de las salidas, siendo el restante 0.15% correspondiente a la energía contenida y perdida en la materia orgánica por los procesos de erosión. Los presentes valores se pueden ver en el cuadro 15.

Con referencia a la energía contenida en la plantación, para un turno de 7 años, sólo se considera disponible la de los troncos, la cual a su vez depende del genotipo de la planta y de su relación con el medio ambiente en la cual se desarrolla. En este caso, se asumen algunos parámetros de producción, dados en condiciones similares ya que, para México, no existen reportes de producción de eucalipto, especialmente en el trópico y con turnos de corta de 7 años; no obstante lo anterior, se estimó un flujo de  $6,376.37 \text{ Kcal} / \text{m}^2 \text{ año}^{-1}$ , mostrando una altísima eficiencia en la captura de la RFA por parte de la plantación.

Cuadro 15 Valor energético de las principales salidas para el sistema plantación de eucalipto, en Las Choapas, Veracruz.

Salidas	Unidad	Cantidad	Equiv. energ. Kcal	Flujo Kcal / turno ( 7 )	%
• Madera en trozas <sup>1,2,3,4</sup>	M <sup>3</sup>	7,596.96	4,700.00 Kcal kg <sup>-1</sup>	35,707'712,000.00	99.85
• Materia orgánica perdida por erosión hídrica <sup>5,6</sup>	Kg	15,898.40	3,468.89 Kcal kg <sup>-1</sup>	55'149,800.77	0.15
TOTAL				35,762'861,800.78	100.0

1. Varela (1990), presenta un valor promedio para el PCS ( Poder Calorífico Superior ) para la madera seca de *Eucalyptus grandis* de 4,700 Kcal Kg<sup>-1</sup>.

2. El contenido de humedad del *Eucalyptus grandis*, de acuerdo a Varela (1990), es del 46.8%.

3. De acuerdo al plan de manejo, el promedio de producción por año, para turnos de corta de 7 años se estima son de 27 M<sup>3</sup> /año, según el promedio reportado por Aracruz Forestal, en Brasil, citado por Evans (1984) y por Simpson México (1991).

4. Se asume una densidad de 1.05 en peso verde para la madera (tronco) para el eucalipto, según FAO (1981).

5. Se toma como base la materia orgánica correspondiente a pasto seco, el cual fué estimado por Deleage et al (1979), en 14.5 MJ Kg<sup>-1</sup>, citado por Mizgajski (1988).

6. El cálculo de la pérdida anual es de 28.39 kg ha<sup>-1</sup>, el cual da un total de 15,898.4 kg perdidos para el total del ciclo de 7 años, para las 80 ha. Ver apéndice 1.4

7. La duración del turno es de 7 años, a partir del inicio del establecimiento de la plantación, culminando con el aprovechamiento del bosque por corta.

## **Indicadores de rendimiento energético**

El balance final del sistema de Plantación de eucalipto está dado por los siguientes indicadores, los cuales se resumen en el cuadro 18.

- **Rendimiento Global**, correspondiente a la relación entre las salidas y las entradas, presenta un indicador de 119.01 el cual muestra una eficiencia alta, es decir, que por cada unidad de energía que entra en el sistema, se pueden obtener 119.01 unidades de energía en las salidas. Hay que aclarar que en este tipo de sistemas de plantaciones se trabaja con autótrofos cuya capacidad de asimilación de la RFA es alta y por lo tanto, cualquier intervención en energía subsidiada por medio de técnicas de manejo se va a ver reflejada en una relación eficiente en el rendimiento global, siendo una de las bondades de emprender este tipo de proyectos.
- Para el **Rendimiento Energético de trabajo humano**, se establece un indicador de 6,135.69 , considerado muy alto debido a que la intervención del trabajo humano, del 1.94% (como entrada) es demasiado bajo en comparación a los altísimos rendimientos por energía contenida en la madera cosechada.
- Con relación al **Rendimiento Energético para la producción primaria** es por lo tanto, en este caso, similar a la global, ya que sólo se descarta la pérdida de energía por salidas en la materia orgánica (por procesos erosivos), quedando solamente la energía contenida en la madera.
- El **Nivel de Intensificación**, en este caso, muestra un valor supremamente alto, de 44,634.54 indicando una alta salida de energía del sistema con relación a la superficie agrícola útil estimada en 80 ha; valores mayores podrían indicar cambios netos debido a las técnicas empleadas, es decir a una mayor eficiencia de las técnicas, aunque esta situación no se puede afirmar, ya que debe tenerse en la cuenta la eficiencia con que la nueva

energía será utilizada y el grado de sinergia existente entre los diferentes componentes.

### **9.3.3 Sistema Silvopastoril**

#### **9.3.3.1 Entradas, salidas, carga y descarga**

##### **ENTRADA DE ENERGÍA**

En este caso, las entradas de energía están directamente relacionadas con los objetivos primarios de la alternativa económica de inversión, como es la plantación; es por ello que se puede ver que los ingresos por concepto de ganadería son del 1.10% del total del sistema, donde el mayor aporte está dado por el trabajo de vaquería, es decir, trabajo de las bestias, siendo los importes por mano de obra, muy bajos.

Para este tipo de sistemas, es manifiesto el grado de aprovechamiento de los forrajes existentes dentro de la plantación, especialmente durante la época de lluvias, donde su capacidad de carga está dada por el crecimiento de la biomasa presente en el extracto que cubre el suelo, a la cual no se le hace ningún tipo de tratamiento y por lo tanto, su crecimiento depende del grado de aprovechamiento de la RFA que llega a la superficie del suelo y de los nutrientes minerales existentes en él.

La consideración del aprovechamiento del sistema en términos silvopastoriles está dada entonces por factores tales como la edad de la plantación y la capacidad de carga de los forrajes existentes en ella; por consiguiente, se considera que la ganadería está relacionada como un valor agregado a un recurso que generalmente no se utiliza, y por lo tanto podría decirse que es de tipo estacional, con una ocupación del 50% (6 meses al año). Es por ello que las entradas en energía subsidiada por parte de la ganadería son bajísimas, como puede verse en el cuadro 16.

**Cuadro 16 Valor energético de las principales entradas para el sistema silvopastoril (eucalipto y ganadería de engorda), en Las Choapas, Veracruz.**

Entradas	Unidad	Cantidad	Equiv. energ. Kcal	Flujo Kcal / 7 años	%
• Por ganadería					
- M. de O. admón <sup>1</sup>	Equiv-hora	8,400.00	167.3 Kcal h <sup>-1</sup>	1'405,320.00	0.092
- M. de O. vaquero <sup>1</sup>	Equiv-hora	8,400.00	167.3 Kcal h <sup>-1</sup>	1'405,320.00	0.092
- Trabajo animal <sup>2</sup>	Equiv-hora	16,800.00	1673.0 Kcal h <sup>-1</sup>	2'810,640.00	0.920
• Por la plantación <sup>3</sup>				300'871,819.23	98.896
<b>TOTAL</b>				<b>309'303,739.23</b>	<b>100.0</b>

1. Deleage et al (1979), citado por Mizgajski, A. (1982), Este valor corresponde al gasto adicional de energía relacionada con el trabajo, y no incluye el gasto necesario para los procesos fisiológicos.

2. Sprengel (1834) y Schwerz (1836), citados por Mizgajshi, A. (1988), presentan que, el valor de energía de tracción de un caballo corresponde a 7.1 MJ h<sup>-1</sup>, el cual es igual a 4 hp, de acuerdo a Faustzahlen Für die L. (1951), citado por Mizgajski (1988).

3. La entrada de energía por la plantación es igual a la que aparece en el cuadro 14

**Cuadro 17 Valor energético de las principales salidas para el sistema silvopastoril (eucalipto y ganado para engorda), en Las Choapas, Veracruz.**

Salidas	Unidad	Cantidad	Equiv. energ. Kcal	Flujo Kcal / 7 años	%
• Por la ganadería <sup>1</sup>	Kg	8,730.00	2,500. Kcal kg <sup>-1</sup>	109'125,000.00	0.30
• Por la Plantación <sup>2</sup>	Kg	7'596,960.00	4,700. Kcal kg <sup>-1</sup>	35'806,193,000.00	99.70
<b>TOTAL</b>				<b>35,915'318,000.00</b>	<b>100.0</b>

1. Se asume un incremento de peso de 45 kg por animal; el número de animales es de 180, y se relaciona con la capacidad de carga (1 UG ha<sup>-1</sup>), determinada por el forraje existente, para pastoreos de 6 meses, por año, durante cinco años.

2. Ver cuadro 15.

## **SALIDA DE ENERGÍA.**

Los porcentajes por salida de energía presentan que el 99.70 % del total corresponden a la plantación y solamente un 0.3 % a la ganadería. Este gran contraste se debe principalmente a que la plantación es autótrofa y por lo tanto, el aprovechamiento en la captura de la RFA es propia de las plantas, y aunque los árboles de eucalipto son  $C_3$ , éstos presentan una gran disposición a la formación de biomasa y al almacenamiento de energía, especialmente en los tallos y raíces. Por el contrario, para los bovinos (heterótrofos) se aplica la segunda ley de la termodinámica, de ahí las bajas cantidades de energía contenidas, como puede verse en el cuadro 17.

En general, se puede decir que el comportamiento de las salidas de energía, dados en porcentajes, en este caso, por lo comentado anteriormente, corresponde al mismo de la plantación como tal, y las variaciones en los mismos son muy bajos cuando el sistema de plantación se le da un uso pastoril.

### **Indicadores de rendimiento energético**

En el sistema Silvopastoril, los indicadores son muy similares a los encontrados para la plantación de eucalipto; sin embargo, hay algunas consideraciones muy importantes al respecto. Los valores pueden verse en el cuadro 18.

- El Rendimiento Energético Global presenta un valor de 116.11 expresando que la relación entre las entradas y las salidas totales del sistema, con la inclusión de la ganadería, es un poco más bajo que el de la plantación, indicando que proporcionalmente si bien hay una mayor entrada de energía, la que sale es mucho menor, y por lo tanto, presenta un indicador menor al de cualquier tipo de plantación forestal, por el grado de aprovechamiento explicado anteriormente.

- Con relación al Rendimiento Energético de Trabajo Humano, de 4,161.53 se ve reducido con relación a la plantación, ya que la cantidad de mano de obra se incrementa por la actividad de vaquería, siendo su explicación la misma que a la del punto anterior.
- Al respecto del Rendimiento Energético de la Producción Primaria, corresponde a la misma de la global, por el hecho de que en el presente estudio no se consideró la energía presente en los forrajes existentes dentro de la plantación y que sirven de alimento animal, debido principalmente a la falta de presupuesto para el análisis del mismo; sin embargo, este indicador deberá ser mayor al del encontrado en la plantación, ya que al aumentar la cantidad de energía contenida en los productos vegetales y al mantenerse la misma energía en las entradas, el indicador será mayor.
- Rendimiento Energético de la Producción Secundaria: relacionado con la energía contenida en los productos animales (carne) y la energía subsidiada de entrada para la producción de los mismos, presenta un valor de 38.86, muy similar al de la ganadería de tipo extensivo, caracterizándose por los bajos niveles en las entradas, basándose el tipo productivo en la capacidad de conversión de la energía contenida en los forrajes a carne. Al respecto, debe tenerse en los tipos raciales predominantes en la zona, los cuales, entre mejor adaptados, pueden presentar mejores indicadores de eficiencia, tanto para carne como para leche.
- Para la Eficiencia en la conversión de pasturas a carne y leche, se consideró que la energía contenida en los forrajes era de  $4,500 \text{ Kcal kg}^{-1}$ , la cual se relacionó con la energía contenida en el incremento en peso de los animales, obteniéndose un índice de 0.0134, mas bajo que el encontrado para el sistema ganadero extensivo, aunque muy similar, lo cual guarda relación con la capacidad de carga de los sistemas para la misma zona.

- Con relación al nivel de intensificación, para el sistema Silvopastoril, se encontró un indicador de 44,894.14 Kcal/ m<sup>2</sup> , significando una alta inversión de energía al sistema, muy similar al encontrado para la de la plantación, lo cual muestra la bondad del sistema.

#### **9.3.4 Discusión**

Para sistemas de ganadería extensiva, debe diferenciarse tanto la producción primaria neta, relacionada con la producción de biomasa de los pastos y la producción secundaria, como son los productos de origen animal.

En este sentido, la producción primaria neta juega un papel fundamental, en cuanto fija la capacidad de carga animal, y por consiguiente determina en buena parte tanto la calidad como la cantidad en el suministro de nutrientes contenidos en las pasturas que servirán como base de alimentación a los bovinos, ya que los sistemas extensivos son básicamente de carácter extractivo.

El efecto del forraje sobre la eficiencia parcial esta relacionado con los contenidos de energía contenida en la proteína, grasas e hidratos de carbono digeribles, lo cual se traduce en los niveles de producción neta de carne y leche, la cual, debido a las bajas entradas de energía subsidiada de los insumos, presenta una alta eficiencia en la conversión.

Con relación a la eficiencia de la producción de vacas de leche, Spedding C. ( ? ), presenta una eficiencia del 24%, por lo que este tipo de sistemas de doble fin, tiene la propiedad de ser uno de los más eficientes entre todos los sistemas de producción animal, teniendo en la cuenta que cualquier valoración de la eficiencia tiene que considerar el alimento utilizado para producir los animales de reposición. Al respecto, la eficiencia en la transformación de alimento es del 39%, de acuerdo a este mismo investigador.

**Cuadro 18 Indicadores de energía para un sistema de Ganadería de tipo extensivo, una Plantación de Eucalipto y un sistema Silvopastoril, localizados en Las Choapas, Edo de Veracruz.**

INDICADOR	GANADERÍA	PLANTACIÓN	SILVOPASTORIL
• Rendimiento Energético: <sup>1</sup>			
- Global	114.02	119.01	116.11
- De trabajo humano	409.37	6,135.69	4,161.53
- De producción primaria neta <sup>2,3,4</sup>	454.84	119.01	116.11
- De producción animal ( Pn. secund. )			
- Leche <sup>5</sup>	40.42	-	-
- Carne <sup>5</sup>	48.43	-	38.86
- Eficiencia de conversión de pasturas a carne y leche	0.0162	-	0.0134
• Nivel de Intensificación energético Kcal / m <sup>2</sup> / 7 años	1,029.38	44,757.74	44,894.14

1. La obtención de los indicadores se realizó como puede verse en el marco teórico.

2. Corresponde a la producción neta ( producción primaria bruta - producción de la respiración ), la cual es igual al 66% de la producción primaria bruta, de acuerdo a Hart ( 1985 ),

3. Se asume un valor promedio de 4,500 Kcal kg<sup>-1</sup> para todas las especies de pastos presentes en los potreros, con un contenido de materia seca del 25% en base húmeda.

4. La cantidad real de Kcal presentes en una ha de pasto, durante un año es de 41'062,500. las cuales se obtienen de la capacidad de carga y del contenido de materia seca presente en los pastos, y que corresponden a la producción neta. Las 80 ha equivalen a 3,285'000,000.0 kcal para un ciclo de 7 años.

5. Se obtiene de la relación entre las calorías del producto y las calorías totales contenidas en la producción animal.

Este tipo de sistemas extensivos, de acuerdo a Odum (1981), corresponde a un modelo de crecimiento con una fuente de energía limitada, la cual, al no ser muy grande no puede mantener una presión constante, sino más bien suministrar un flujo constante, la cual se ve reflejada en los parámetros productivos y reproductivos de los animales.

En una situación como esta, de acuerdo a Odum (1981), no es posible gastar más energía ni de forma más rápida de la que se ha considerado en las entradas, como se puede apreciar en la figura 10. En este caso, la energía limitada que entra por unidad de tiempo deberá ser usada al máximo ya que dicho flujo está limitada por la fuente, de tal manera que cuando se alcanza un

determinado crecimiento este se estabiliza. Lo anterior se ve reflejado en una baja energía neta, la cual es característica de los sistemas de ganadería de tipo extensivo; sin embargo es energía de alta calidad.

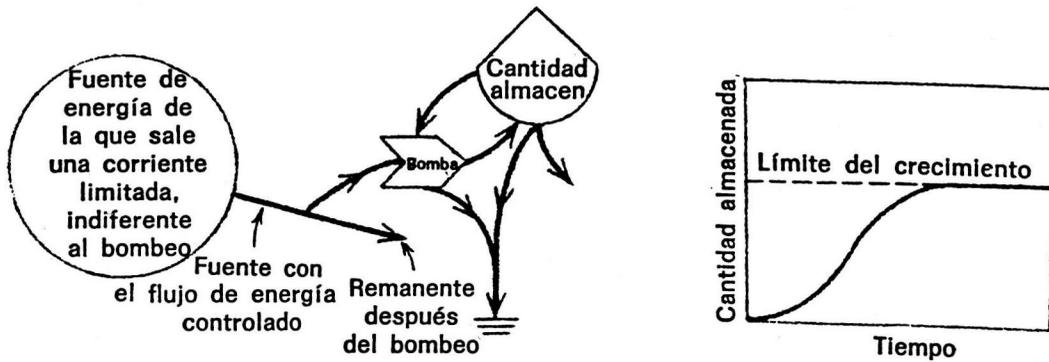
Con relación a las plantaciones forestales, básicamente su análisis se constituye en la capacidad de las plantas en la captación de la Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA) y por lo tanto con la producción primaria bruta y producción primaria neta, constituida, en este caso por la producción de madera y los procesos fisiológicos de transpiración. Una ventaja de este sistema está en el aprovechamiento total del producto final.

Los sistemas de plantación de eucalipto, a nivel comercial, corresponden a un modelo de crecimiento con dos fuentes de energía, de acuerdo a Odum (1981); una que puede suministrar energía temporalmente (una reserva temporal fija) y otra consistente en una fuente regular renovable, como se observa en la figura 11.

En este caso, las dos fuentes de energía al principio sostienen una etapa de crecimiento; pero el crecimiento declina finalmente hacia un estado estacionario basado en la fuente de energía renovable. Este estado estacionario se caracteriza por un desarrollo menor que cuando las dos fuentes proporcionan energía. Estos sistemas de plantación comercial utilizan el principio de la máxima potencia, donde inicialmente emplean energía de alta calidad para estimular la conversión de energía de baja calidad (la solar) a formas de calidad más elevadas.

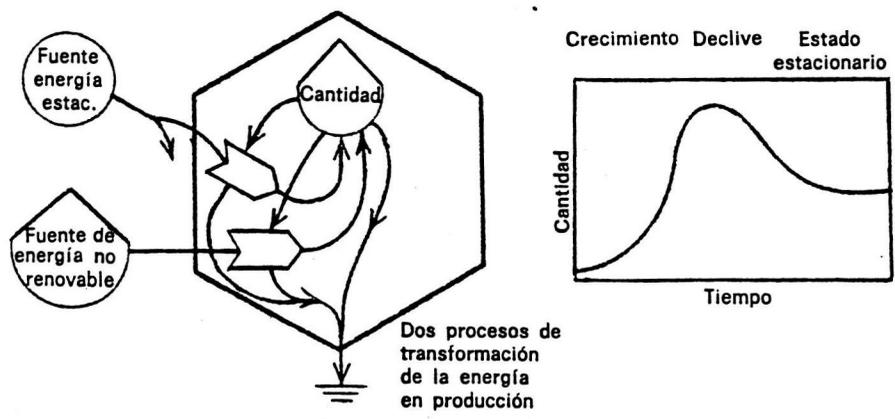
Con relación a los sistemas silvopastoriles, los resultados de los análisis mostraron en general que este tipo de sistemas presenta una eficiencia energética similar a la de la plantación sola, con la diferencia de que se aprovecha la producción forrajera del estrato herbáceo, por lo que se podría decir, desde el punto de vista energético que no interfiere ni positiva ni negativamente sobre la plantación.

Figura 10 Modelo del flujo de energía para el sistema de ganadería extensiva, en Las Choapas, Veracruz. (Odum, 1981)



Ejemplo: crecimiento de una economía basada en la energía solar

Figura 11 Modelo de flujo de energía para los sistemas Plantación comercial de Eucalipto y Silvopastoril, en Las Choapas, Veracruz. (Odum, 1981)



En cuanto al nivel de entropía, el sistema de ganadería extensiva está basado en el aprovechamiento de la producción forrajera por parte del ganado, presentándose en este caso, por la segunda ley de la termodinámica, un nivel mayor de entropía que el que se presenta en el sistema de plantación de eucalipto y el silvopastoril, es decir, es mucho más fácil controlar la plantación y el sistema silvopastoril que a la ganadería extensiva.

Al respecto, este sistema de producción silvopastoril, corresponde al mismo modelo energético que al de la plantación, según Odum (1981), con dos fuentes de energía; una renovable y otra no renovable, es decir, que estos sistemas, en sus inicios requieren de una fuente de suministro energía temporal (una reserva inicial fija), basada especialmente en energía subsidiada y fósil y la otra, una fuente regular renovable como es la energía solar.

La inclusión de los animales, corresponde a la etapa donde la tasa de crecimiento de la plantación depende fundamentalmente de la energía renovable, y por lo tanto, el flujo de energía subsidiada para la inclusión de los mismos, puede considerarse relativamente baja y temporal, la cual no afecta positivamente la tasa de crecimiento de la plantación.

## **9.4 PROCESO DE TOMA DE DECISIONES**

### **9.4.1 Análisis financiero**

#### **Análisis del valor presente neto (VPN)**

Para este indicador, el sistema silvopastoril presentó el mayor Valor Presente Neto (\$191,516.7) seguido del sistema de ganadería de tipo extensivo (\$131,904.7) y finalmente del sistema de plantación forestal (\$21,004.0). Estos resultados mostraron, que para un  $r$  del 5%, los valores actualizados netos para un turno de siete años, los beneficios fueron mayores a los costos, cuya diferencia está representada en la cantidad del beneficio percibido, de manera

que, la mejor opción fué aquella que tuvo un mayor valor sobre las demás, como puede ver en los cuadros 19, 20 y 21 respectivamente.

En el presente análisis es importante mirar el efecto que la ganadería de engorda tiene sobre la plantación, representada en bajos costos relacionados con los insumos, especialmente la alimentación, la cual se asume tiene un valor cero, considerándose como un valor agregado a un insumo que no es utilizado directamente por la plantación, además de los flujos cortos de inversión y venta del ganado, ya que, en el caso de la plantación, los ingresos están dados al final del turno.

Otro aspecto que se debe considerar está en el precio de venta de la madera de la plantación, debido a que no existe un mercado manifiesto con un valor establecido para madera de eucalipto en México, por lo que el valor asumido corresponde al valor de la de pino, cuyo valor es el más alto para maderas en el país, pero con el inconveniente de que éste también varía de acuerdo a la zona de extracción y a las facilidades en condiciones de transporte, como lo manifiesta la SEMARNAP (1998).

### **Análisis del TIR**

En el análisis realizado para las opciones, se encontró un mayor valor de la TIR para el sistema silvopastoril (11.74%), seguido de la ganadería de tipo extensivo (7.9%) y finalmente la plantación forestal de eucalipto (5.52%). Este indicador, donde los beneficios y los costos actualizados se hacen iguales a cero, nos presenta como mejor opción aquella cuyo TIR sea mayor, mostrando en efecto que las producciones mixtas, como en el caso de los sistemas silvopastoriles, son superiores a las mismas opciones individuales (ganadería y plantación), en una proporción relativamente superior. Los valores se pueden ver en los cuadros 19, 20 y 21 respectivamente.

**Cuadro 19 Estimación financiera del Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y relación Beneficio-Costo (B/C), para el programa de ganadería extensiva en las Choapas, Veracruz.**

AÑO	BENEFICIOS	COSTOS	FACTOR r = 5 %	VALOR PRESENTE BENEFICIOS	VALOR PRESENTE COSTOS	FLUJO NETO ( B - C )	FACTOR r = 7.9 %	VALOR PRESENTE NETO
0	347,770.00	1'309,295.00	1.0000	347,770.00	1'309,295.00	- 961,525.00	1.0000	- 961,525.00
1	347,770.00	245,140.60	0.9523	331,181.37	233,447.39	102,629.40	0.9267	95,115.29
2	347,770.00	245,140.60	0.9070	315,427.39	222,342.52	102,629.40	0.8589	88,151.33
3	347,770.00	256,140.60	0.8638	300,403.72	221,254.25	91,629.40	0.7960	72,940.97
4	347,770.00	245,140.60	0.8227	286,110.37	201,677.17	102,629.40	0.7377	75,715.71
5	347,770.00	245,140.60	0.7835	272,477.79	192,067.66	102,629.40	0.6837	70,172.11
6	1'127,770.00	245,140.60	0.7462	841,541.97	182,923.91	882,629.40	0.6336	559,306.31
				2'694,912.30	2'563,007.60			-123.43

$$\text{VPN} = 2'694,912.30 - 2'563,007.60 = 131,904.7 \text{ ( para un } r = 5\% \text{ )}$$

$$\text{TIR} = 7.90 \%$$

$$\text{( B / C )} = 2'694,912.30 / 2'563,007.60 = 1.051 \text{ ( para un VPN con } r = 5\% \text{ )}.$$

**Cuadro 20 Estimación financiera del Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Relación Beneficio-Costo, para el programa de Plantación Forestal con Eucalipto, en las Choapas, Veracruz**

AÑO	BENEFICIOS	COSTOS	FACTOR r = 5%	VALOR PRESENTE BENEFICIOS	VALOR PRESENTE COSTOS	FLUJO NETO ( B - C )	FACTOR r = 5.52	VALOR PRESENTE NETO
0	-	409,509.23	1.0000		409,509.23	- 409,509.23	1.0000	- 409,509.23
1	-	146,904.23	0.9523		139,896.89	- 146,904.23	0.9476	- 139,219.32
2	-	117,674.23	0.9070		106,730.52	- 117,674.23	0.8981	- 105,684.62
3	-	117,674.23	0.8638		101,646.99	- 117,674.23	0.8511	- 100,156.01
4	-	117,674.23	0.8227		96,810.58	- 117,674.23	0.8066	- 94,916.61
5	-	117,674.23	0.7835		92,197.75	- 117,674.23	0.7644	- 89,951.86
6	2'257,600.00	960,634.18	0.7462	1'684,621.10	716,825.22	1'296,965.90	0.7244	939,549.86
				1'684,621.10	1'663,617.00			112.76

**VPN = 1'684,621.10 - 1'663,617.00 = 21,004.00 ( para un r = 5 % )**

**TIR = 5.52%**

**( B / C ) = 1'684,621.10 / 1'663,617.00 = 1.01 ( para un VPN con r = 5 % ).**

**Cuadro 21 Estimación financiera del Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Relación Beneficio-Costo, para el programa Silvopastoril (Plantación Forestal con Eucalipto, y Ganado de engorda) en las Choapas, Veracruz.**

AÑO	BENEFICIOS	COSTOS	FACTOR r = 5 %	VALOR PRESENTE BENEFICIOS	VALOR PRESENTE COSTOS	FLUJO NETO ( B - C )	FACTOR r =11.43%	VALOR PRESENTE NETO
0		409,509.23	1.0000		409,509.23	- 409,509.23	1.0000	- 409,509.23
1		146,904.23	0.9523		139,896.89	- 146,904.23	0.8974	- 131,835.43
2	436,500.00	565,736.73	0.9070	395,905.50	513,123.21	- 129,236.73	0.8053	- 104,083.45
3	436,500.00	497,896.73	0.8638	377,048.70	430,083.19	- 31,396.73	0.7227	- 22,692.27
4	436,500.00	497,896.73	0.8227	359,108.55	409,619.63	- 31,396.73	0.6486	- 20,364.60
5	436,500.00	497,896.73	0.7835	341,997.75	390,102.08	- 31,396.73	0.5820	- 18,275.68
6	2'694,100.00	1'340,856.60	0.7462	2'010,337.40	1'000,547.10	1'353,243.40	0.5223	706,908.37
				3'484,397.80	3'292,881.10			- 147.71

$$\text{VPN} = 3'484,397.80 - 3'292,881.10 = 191,516.70$$

$$\text{TIR} = 11.43 \%$$

$$(B / C) = 3'484,397.80 - 3'292,881.10 = 1.058 \text{ ( para un VPN con } r = 5 \% \text{ ) .}$$

## **Análisis de la relación Beneficio-Costo (B/C)**

Como se trata de un coeficiente, el análisis del resultado gira en torno a la opción que presente el mayor coeficiente, siempre que este sea igual o mayor que 1. En este aspecto, el coeficiente entre los Beneficios Actualizados y los Costos Actualizados, descontados para una  $r = 5\%$ , presentaron al sistema silvopastoril con un mejor coeficiente (1.058), sobre las opciones ganadería extensiva (1.051) y sistema de plantación (1.01), como puede verse en los cuadros 19, 20 y 21 respectivamente.

Al igual que con el VPN y la TIR, la relación B/C es mayor para el sistema silvopastoril, siguiéndose el mismo orden para las otras opciones, lo cual refrenda una vez más la fortaleza de los sistemas mixtos sobre las individuales.

## **Discusión**

Con base a los anteriores indicadores, se puede afirmar que financieramente la mejor opción del uso del suelo por actividad corresponde al sistema silvopastoril, seguido de la ganadería y de la plantación, lo que corrobora que las opciones mixtas, entre plantaciones y bovinos, presentan ventajas comparativas adecuadas dadas las condiciones sociales y culturales para Las Choapas, Veracruz.

Si bien en el presente análisis se asumieron valores relacionados con la zona de estudio, cuya caracterización para cada sistema se asumió con base a información primaria y secundaria, reflejando los promedios en los parámetros productivos y reproductivos, existen también otros factores que tienen gran influencia sobre la toma de decisiones, como es el aspecto de los programas de apoyo dados por el gobierno, como son los fondos ganaderos y más actualmente el PRODEPLAN (1998) para asuntos de reforestación y plantaciones forestales, los cuales aunque brindan grandes estímulos puede también encontrarse variaciones ostensibles entre ellos.

#### **9.4.2 Análisis económico.**

Para el análisis económico se tomaron en cuenta los indicadores ambientales captura de carbono, balance de nutrientes minerales (con inclusión de pérdida de nutrientes minerales por acción de la erosión hídrica) y finalmente compactación del suelo, para un área de 80 ha. Los valores económicos dados corresponden a estimaciones directas e indirectas del precio asumido por la recuperación de las pérdidas ocasionadas por las actividades; para el caso de la captura de carbono, se tomó el precio reportado por el proyecto Scolel Té (1998), que actualmente se desarrolla en el Estado de Chiapas, México. Los valores pueden verse en los cuadros 22, 23 y 24.

#### **Análisis del valor presente neto (VPN)**

El análisis económico, con la inclusión de las externalidades se presenta en los cuadros 25, 26 y 27, correspondiendo el mayor valor para el sistema silvopastoril, seguido de la ganadería extensiva y finalmente la plantación forestal, todos para un  $r$  del 8%.

Los anteriores valores muestran una gran diferencia entre la opción silvopastoril (\$313,105.90) comparada con la ganadería (\$216,213.62) y la plantación (\$163,076.20), lo cual corresponde a un mayor beneficio por valor presente neto, para un tiempo de 7 años. Para las opciones de ganadería y plantación estas diferencias no son muy grandes por lo que la inclusión del valor de las externalidades, especialmente por el lado de los beneficios, es más significativa para la plantación.

Al respecto, estas ventajas, juntamente con los flujos de dinero derivado de la actividad de engorda, presente en el sistema silvopastoril, y la no compactación del suelo, corresponden a las razones por las que este tipo de sistemas mixtos, vistos desde la perspectiva económica favorecen la inversión en la zona.

**Cuadro 22 Balance económico para la ganadería de tipo extensivo, en Las Choapas, Veracruz.**

CONCEPTO	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
• Costos							
Costos totales	1'309,295.00	245,140.60	245,140.60	256,140.60	245,140.60	245,140.60	245,140.60
Costos por Externalidades							
- Pérdida de nutrientes minerales <sup>1</sup>	4,962.11	4,962.11	4,962.11	4,962.11	4,962.11	4,962.11	4,962.11
- M. de O por aplicación de nutr.	64.28	64.28	64.28	64.28	64.28	64.28	64.28
- Por compactación del suelo <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	-	24,000.00
<b>Total Costos</b>	<b>1'314,321.39</b>	<b>250,166.99</b>	<b>250,166.99</b>	<b>261,166.99</b>	<b>250,166.99</b>	<b>250,166.99</b>	<b>285,166.99</b>
• Beneficios							
Beneficios totales	347,770.00	347,770.00	347,770.00	347,770.00	347,770.00	347,770.00	1'127,770.00
Beneficios por Externalidades							
- Por Captura de Carbono <sup>3,4</sup>	48,178.00	48,178.00	48,178.00	48,178.00	48,178.00	48,178.00	48,178.00
<b>Total Beneficios</b>	<b>395,948.00</b>	<b>395,948.00</b>	<b>395,948.00</b>	<b>395,948.00</b>	<b>395,948.00</b>	<b>395,948.00</b>	<b>1'175,948.00</b>

1. Las cantidades y el valor económico de los nutrientes minerales pueden verse en el anexo 1.4

2. El costo por subsolada de 1 ha de terreno es de \$ 300.00

3. Se asume que el contenido de carbono de la pastura, en base seca, es del 44 % de acuerdo al reporte de Cerri et al ( 1996 ).

4. Se asume un valor de \$ 10.00 US por tonelada de carbono capturada, es decir, a la fecha, de \$ 100.00 pesos mexicanos, según SCOLEL TÉ ( 1988 ).

Cuadro 23 Balance económico para la Plantación de Eucalipto, en Las Choapas, Veracruz.

CONCEPTO	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
• Costos							
Costos totales	409,509.23	146,904.23	117,674.23	117,674.23	117,674.23	117,674.23	960,634.18
Costos por Externalidades							
- Pérdida de nutrientes minerales ( 1 )	10,922.90	10,922.90	10,922.90	10,922.90	10,922.90	10,922.90	10,922.90
- M. de O por aplicación de nutr.	214.28	214.28	214.28	214.28	214.28	214.28	214.28
- Por compactación del suelo	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total Costos</b>	<b>420,646.41</b>	<b>158,041.41</b>	<b>128,811.41</b>	<b>128,811.41</b>	<b>128,811.41</b>	<b>128,811.41</b>	<b>971,771.36</b>
• Beneficios							
Beneficios totales							2'257,600.00
Beneficios por Externalidades							
- Por Captura de Carbono ( 2 ) ( 3 )	56,000.00	56,000.00	56,000.00	56,000.00	56,000.00	56,000.00	56,000.00
<b>Total Beneficios</b>	<b>56,000.00</b>	<b>56,000.00</b>	<b>56,000.00</b>	<b>56,000.00</b>	<b>56,000.00</b>	<b>56,000.00</b>	<b>2'313,600.00</b>

1. Las cantidades y el valor económico de los nutrientes minerales pueden verse en el anexo 1.4

2. Se asume un contenido de carbono del *Eucalyptus*, en base seca, del 51.6 % de acuerdo al reporte de Valera (1989).

3. Se asume un valor de \$ 10.00 US por tonelada de carbono capturada, es decir, a la fecha, de \$ 100.00 pesos mexicanos, según SCOLEL TÉ ( 1998 )

**Cuadro 24 Balance económico del sistema Silvopastoril (Plantación de Eucalipto con inclusión de ganado de engorda), en Las Choapas, Veracruz.**

CONCEPTO	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
• Costos							
Costos totales	409,509.23	146,904.23	565,736.73	497,896.73	497,896.73	497,896.73	1'340,856.60
Costos por Externalidades							
- Pérdida de nutrientes minerales <sup>1</sup>	10,922.90	10,922.90	10,922.90	10,922.90	10,922.90	10,922.90	10,922.90
- M. de O por aplicación de nutr.	214.28	214.28	214.28	214.28	214.28	214.28	214.28
Total Costos	420,646.41	158,041.41	576,873.91	509,033.91	509,033.91	509,033.91	1'351,993.70
• Beneficios							
Beneficios totales			436,500.00	436,500.00	436,500.00	436,500.00	2'694,100.00
Beneficios por Externalidades							
- Por Captura de Carbono <sup>2,3</sup>	56,000.00	56,000.00	56,000.00	56,000.00	56,000.00	56,000.00	56,000.00
Total Beneficios	56,000.00	56,000.00	492,500.00	492,500.00	492,500.00	492,500.00	2'750,100.00

1. Las cantidades y el valor económico de los nutrientes minerales pueden verse en el apéndice 1.4

2. Se asume un contenido de carbono del *Eucalyptus*, en base seca, del 51.6 % de acuerdo al reporte de Valera (1989).

3. Se asume un valor de \$ 10.00 US por tonelada de carbono capturada, es decir, a la fecha, de \$ 100.00 pesos mexicanos, según SCOLEL TÉ (1998).

## **Análisis de la TIR**

Con relación a la TIR, el mayor valor encontrado corresponde al sistema silvopastoril con un 17.19%, seguido del sistema de ganadería extensiva con un 13.42% y finalmente la plantación con un 12.92%, presentando diferencias bastante bajas entre estas dos últimas opciones. El hecho de encontrar valores mayores para el sistema silvopastoril, para este indicador, donde los beneficios y los costos se hacen iguales a cero, corrobora la ventaja comparativa de los sistemas mixtos sobre los individuales. Ver cuadros 25, 26 y 27.

## **Análisis de la relación Beneficio-Costo (B/C)**

Esta relación muestra, para un  $r$  del 5%, que el mejor índice lo obtuvo el sistema de plantación de eucalipto (1.17) con respecto al sistema de ganadería extensiva (1.143) y al silvopastoril (1.138). En este caso, en que se comparan proyectos con la inclusión de externalidades, la relación B/C presenta tanto ventajas como desventajas. Ver cuadros 25, 26 y 27.

Con relación a las ventajas, se puede decir que los valores dados a las externalidades incluyen un precio y por lo tanto pueden introducirse como beneficios o como costos dentro del ejercicio económico de inversión; sin embargo, y como desventaja está el que estas externalidades no tienen un mercado y por lo tanto el precio puede ser relativo, aunque tengan un valor económico, dependiendo del lugar y de la concepción antropológica de los evaluadores.

No obstante lo anterior, una ventaja particular de la relación B/C radica en poder comparar las diferentes opciones de uso del suelo, sin importar la naturaleza del tipo de producción, como en el presente caso, aunque se corra con riesgos controversiales sobre la inclusión o no de beneficios y costos directos o indirectos propios de este tipo de explotaciones para esta zona en particular.

**Cuadro 25 Estimación económica del Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Relación Beneficio-Costo, para el programa de ganadería extensiva en las Choapas, Veracruz.**

AÑO	BENEFICIOS	COSTOS	FACTOR r = 5 %	VALOR PRESENTE BENEFICIOS	VALOR PRESENTE COSTOS	FLUJO NETO ( B - C )	FACTOR r =13.42%	VALOR PRESENTE NETO
0	395,948.00	1'314,321.39	1.0000	395,948.00	1'314,321.39	- 913,347.00	1.0000	- 913,347.00
1	395,948.00	250,166.99	0.9523	377,093.33	238,254.28	150,807.40	0.8816	128,532.00
2	395,948.00	250,166.99	0.9070	359,136.59	226,908.84	150,807.40	0.7773	113,323.93
3	395,948.00	261,166.99	0.8638	342,034.76	225,605.87	139,807.40	0.6853	92,376.12
4	395,948.00	250,166.99	0.8227	325,747.40	205,813.01	150,807.40	0.6042	88,093.19
5	395,948.00	250,166.99	0.7835	310,235.62	196,012.39	150,807.40	0.5327	77,669.89
6	1'175,948.00	285,166.99	0.7462	877,510.50	212,796.00	930,807.40	0.4697	418,439.89
				2'987,706.13	2'619,711.80			61.65

$$\text{VPN} = 2'987,706.13 - 2'619,711.80 = 367,994.33 \text{ ( para un } r = 5 \% \text{ )}$$

$$\text{TIR} = 13.42 \%$$

$$\text{( B / C )} = 2'987,706.13 / 2'619,711.80 = 1.14 \text{ ( Para un } r = 8\% \text{ )}$$

**Cuadro 26 Estimación económica del Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Reación Beneficio-Costo, para el programa de Plantación Forestal con Eucalipto, en las Choapas, Veracruz.**

AÑO	BENEFICIOS	COSTOS	FACTOR r = 5%	VALOR PRESENTE BENEFICIOS	VALOR PRESENTE COSTOS	FLUJO NETO ( B - C )	FACTOR r = 12.95 %	VALOR PRESENTE NETO
0	56,000.00	420,646.41	1.0000	56,000.00	420,664.41	- 364,646.41	1.0000	- 364,646.41
1	56,000.00	158,041.41	0.9523	53,333.33	150,515.62	- 102,041.41	0.8855	- 90,362.10
2	56,000.00	128,811.41	0.9070	50,793.65	116,835.74	- 72,811.41	0.7841	- 57,097.78
3	56,000.00	128,811.41	0.8638	48,374.90	111,272.14	- 72,811.41	0.6944	- 50,562.57
4	56,000.00	128,811.41	0.8227	46,071.33	105,973.46	- 72,811.41	0.6149	- 44,775.35
5	56,000.00	128,811.41	0.7835	43,877.46	100,927.11	- 72,811.41	0.5445	- 39,650.52
6	2'313,600.00	971,771.36	0.7462	1'726,443.94	725,150.75	1'341,828.70	0.4822	647,077.74
				2'024,894.64	1'731,321.25			- 17.008

$$\text{VPN} = 2'024,894.64 - 1'731,321.25 = 293,573.38 \text{ ( para un } r = 5 \% \text{ )}$$

$$\text{TIR} = 12.925\%$$

$$\text{( B / C )} = 2'024,894.64 - 1'731,321.25 = 1.17 \text{ ( para un VPN con } r = 5 \% \text{ )}.$$

**Cuadro 27 Estimación económica del Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Relación Beneficio-Costos, para el programa Silvopastoril (Plantación Forestal con Eucalipto, y Ganado de engorda) en las Choapas, Veracruz.**

AÑO	BENEFICIOS	COSTOS	FACTOR r = 5 %	VALOR PRESENTE BENEFICIOS	VALOR PRESENTE COSTOS	FLUJO NETO ( B - C )	FACTOR r = 17.19 %	VALOR PRESENTE NETO
0	56,000.00	420,646.41	1.0000	56,000.00	420,646.41	- 364,646.41	1.0000	- 364,646.41
1	56,000.00	158,041.41	0.9523	53,333.33	150,515.63	- 102,041.41	0.8533	- 87,073.47
2	492,500.00	576,873.91	0.9070	446,712.02	523,241.64	- 84,373.91	0.7281	- 61,436.58
3	492,500.00	509,033.91	0.8638	425,440.08	439,722.63	- 16,533.91	0.6213	- 10,273.15
4	492,500.00	509,033.91	0.8227	405,180.97	418,783.46	- 16,533.91	0.5301	- 8,766.24
5	492,500.00	509,033.91	0.7835	385,886.64	398,841.39	- 16,533.91	0.4524	- 7,480.36
6	2'750,100.00	1'351,993.70	0.7462	2'052,166.96	1'008,878.52	1'398,106.30	0.3860	539,755.24
				3'824,719.94	3'360,629.67			- 79.03

$$\text{VPN} = 3'824,719.94 - 3'360,629.67 = 464,090.26 \text{ ( para un } r = 5\% \text{ )}$$

$$\text{TIR} = 17.19\%$$

$$\text{( B / C )} = 3'824,719.94 - 3'360,629.67 = 1.14 \text{ ( para un VPN con } r = 5\% \text{ )}.$$

## **Discusión**

Esta situación presenta la influencia de las externalidades incluidas sobre la valoración financiera; sin embargo, hay que considerar los aspectos sinérgicos derivados de las actividades de inversión, los cuales pueden presentar variaciones en otros indicadores de sostenibilidad, por lo que la valoración económica podría variar.

Sobre la captura de carbono, si bien este es un proceso natural de todas las plantas, el valor asignado está en relación a las plantaciones de árboles de uso múltiple y no a las pasturas, por lo que tal situación fortalece el establecimiento de sistemas silvopastoriles, ya que en cierta medida puede garantizar probables mejoras en los indicadores de sostenibilidad.

Este hecho de encontrar fortalezas en los sistemas silvopastoriles con especies arbóreas de alto rendimiento sugiere establecer criterios de estructura y función de producción, juntamente con técnicas apropiadas, que permitan en el largo plazo evaluar las alternativas adicionando otros indicadores de sostenibilidad.

Finalmente se advierte que se tomó como tiempo de referencia para la evaluación económica un período de 7 años, lo cual significa que muchos otros aspectos socio-económicos derivados, especialmente de la plantación se desconocen, como es el valor futuro del precio en el mercado de la madera de eucalipto, al igual que las implicaciones ecológicas derivadas de la actividad en gran escala como la que se lleva a cabo en la zona, convirtiéndose en fuentes de variación económicas significativas.

### **9.5 ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD**

El presente análisis de sostenibilidad está basado en las variables expresadas por Camino y Muller (1995), las cuales se dan a continuación:

Con relación a la producción, como resultado de la aplicación de la tecnología a los recursos de la zona, y del crecimiento económico, con el fin de satisfacer necesidades humanas, bajo bienes y servicios directos e indirectos, la mejor opción de uso del suelo, es el sistema silvopastoril, pues corresponde a una producción de tipo primario, por medio de la madera y secundario por la producción de carne, seguido por la ganadería y la plantación.

Al respecto de la capacidad de carga, de acuerdo a los recursos de los sistemas valorados, en función de la calidad y potencialidad de los recursos y las tecnologías existentes para la transformación de dichos recursos a un nivel de satisfactores de las necesidades de la población, el sistema silvopastoril presenta un balance muy por encima de la ganadería, donde los procesos sinérgicos no son tan estables, y de la misma plantación, donde la estructura y función de producción pueden responder a una mayor capacidad de carga.

De acuerdo a la rentabilidad, como expresión económica que relaciona los costos con los ingresos, con la inclusión de algunas pocas variables ambientales incluidas en el análisis, dentro del capital ambiental, el sistema silvopastoril se considera como el sistema con mejor rentabilidad, con la posibilidad de ser mejorada. Esta aplicación de rentabilidad es válida como recomendación del manejo tecnológico en la estructura y función tanto para la ganadería de tipo extensivo, como también para la plantación, en torno al manejo sostenible de una opción de uso del suelo para la zona en análisis.

El concepto de productividad, donde se relaciona la producción con los factores e insumos empleados en ella, muestran, en el sistema silvopastoril, la evolución en la relación entre los insumos y recursos principales como una clara señal de la estructura y función del sistema con la tecnología accesible, de acuerdo a las necesidades de la población, al compararse con las otras dos opciones de uso. El efecto de la tecnología, puede verse en el caso del sistema silvopastoril, en cuanto a cómo ésta moviliza y transforma los recursos, aunque

al respecto, el uso de una tecnología es válida solamente cuando se afecta el valor neto de la productividad en una forma significativa y proporcional al uso de los recursos y del capital natural.

En este caso, la evolución tanto de la ganadería hacia un sistema silvopastoril con inclusión ya sea de árboles maderables o leguminosas forrajeras puede presentar una mejora substancial en los indicadores anteriormente analizados, lo mismo que el establecimiento de pasturas mejoradas dentro de la plantación con una menor densidad de árboles y su posterior inclusión de animales.

En ambos casos, la tecnología validaría ambas opciones de uso del suelo como posibilidades altamente sostenibles, sin embargo, debe guardarse un equilibrio en torno a la intensidad del uso de las tecnologías y los instrumentos para su aplicación, como los bienes de capital, el uso de los insumos, la eficiencia energética y el balance de nutrientes, entre otros.

El concepto de sostenibilidad, basados en la permanencia de un estado específico de uso del suelo, reconoce que las variables centrales del uso antropogénico de los sistemas de producción, en la mayor parte de los casos, presentan una respuesta homeostática a los niveles jerárquicos en la cual está inmersa, además de interpretar una acertada función adaptativa, de apoyo y mantenimiento, que hacen que el sistema permanezca durante mucho tiempo.

En este aspecto, el tiempo será la base para la comparación entre la situación actual con la pasada, y donde prácticamente todas las variables, tanto discretas como continuas tienen que relacionarse para dos estados especificados, presentando la viabilidad de los sistemas por el tipo de curva de producción presentada.

Los indicadores de energía encontrados, presentan aspectos interesantes como es el rendimiento energético global, muy similar para los tres sistemas, lo cual muestra que cualquiera de ellos, bajo esta visión puede ser válido; sin

embargo, al mirar las diferencias tan grandes en el nivel de intensificación energético, podría decirse que la ganadería es menos dependiente de flujos externos de energía subsidiada, y que las diferencias entre la plantación y el sistema silvopastoril son tan bajas que favorecen a este último.

## **X CONCLUSIONES**

- 1. El análisis realizado sobre la evaluación del uso de la tierra, basado en la metodología de interpretación dada por Richters (1995) y los análisis de los perfiles de suelos de la zona, presentaron un tipo de suelo de clase II, sin limitaciones para las actividades de ganadería y plantaciones forestales, donde el indicador de mayor cuidado corresponde a las pérdidas de suelo por erosión hídrica.**
- 2. Con respecto al balance de nutrientes se concluye que los sistemas de ganadería extensiva tienen muy bajas entradas de nutrientes minerales por lo que al realizarse el balance general, las salidas tienden a ser altas, especialmente por los contenidos minerales presentes en los cuerpos animales, seguidamente de los presentes en la leche. Al respecto, las mayores salidas por componente mineral son, de mayor a menor, el calcio, el fósforo y el potasio, los cuales deben reponerse mediante fertilización.**
- 3. Los sistemas de plantación de eucalipto presentan como único elemento de entrada el nitrógeno en forma de urea, por lo tanto, sus ciclos internos de nutrientes minerales están asociados a la capacidad de extracción y mineralización de la materia orgánica, los cuales, dadas las condiciones de la zona, tienden a ser mucho más rápidos, de manera que las salidas de nutrientes minerales estarán representadas por los contenidos presentes en la madera; por lo tanto, la tendencia general de la plantación es la de tener un flujo mayor de los elementos calcio, potasio, magnesio y finalmente el fósforo.**
- 4. El balance de nutrientes para el sistema silvopastoril en estudio, corresponde tanto al balance presentado por la plantación como por los**

nutrientes minerales contenidos en los cuerpos de los animales. Esta situación lleva a determinar una mayor salida de nutrientes del sistema comparado con las cantidades de la ganadería extensiva y la plantación. La tendencia en las cantidades de minerales que fluyen hacia el exterior es la misma que para la plantación y para la ganadería.

5. Las pérdidas de elementos minerales y de materia orgánica obtenidas para erosión de la zona, si bien no son altas, están en el límite permisible para la ganadería extensiva, y bajas para los sistemas de plantación de eucalipto y silvopastoril, de manera que, de acuerdo al uso del suelo y a su capacidad agrícola, los mejores sistemas para la zona, con base a este indicador, son aquellos que tienen un componente forestal.
6. De acuerdo a los rendimientos energéticos, el análisis de eficiencia global correspondió a la plantación de eucalipto, aunque su diferencia con el sistema de ganadería extensiva y sistema silvopastoril fueran pequeñas.
7. Con relación a la eficiencia energética de trabajo humano, la plantación de eucalipto fue muy superior al sistema silvopastoril, considerándose, que para la ganadería de tipo extensivo, ésta es muy baja, debido a que la relación entre la energía de los productos finales relacionada con la energía empleada por mano de obra, en este caso, está asociada a un heterótrofo, como son los bovinos, en donde no se consideró las pérdidas por eficiencia en la conversión, como se plantea en la segunda ley de la termodinámica.
8. Los indicadores del Nivel de Intensificación Energética, muestran una alta relación con los modelos de producción planteados por Odum (1981), donde se observa, claramente los subsidios energéticos utilizados por unidad de área; en este caso, la plantación y el sistema silvopastoril presentan indicadores muy elevados en comparación con la ganadería de tipo extensivo.

9. La inclusión dentro del análisis económico de las externalidades captura de carbono, balance de nutrientes y compactación del suelo, presentan una gran influencia dentro de los resultados para cada alternativa económica, al compararse con los análisis financieros encontrados para las mismas opciones, siendo en este caso el sistema silvopastoril como el de mejores indicadores, seguido del sistema de ganadería y finalmente la plantación.
10. El análisis sobre la mejor opción de uso del suelo con carácter sostenible, teniendo en la cuenta la producción, productividad, capacidad de carga, rentabilidad, tecnología y tiempo, corresponde al sistema silvopastoril, seguida del sistema de ganadería y finalmente la plantación.

## **XI RECOMENDACIONES**

- 1. La energía, como base para la comparación de alternativas de uso del suelo, en diferentes sistemas de producción para un área agroecológicamente homogénea, se constituye en un elemento básico de apreciación de los procesos de eficiencia y de las técnicas que los constituyen, relacionando la productividad de cada sistema con los componentes sociales y económicos, de manera que facilita la relación entre estructura y función de los sistemas con sentido sostenible.**
- 2. Los sistemas silvopastoriles, cuyo componente arbóreo está constituido por árboles maderables de rápido crecimiento, asociados con un programa de producción forrajera y cuyo componente animal sea la producción de carne, se constituyen en la mejor alternativa de uso del suelo para la zona de Las Choapas, porque garantizan un rápido retorno económico, absorbiendo los costos iniciales del establecimiento de la plantación, creando condiciones agroclimáticas favorables para el desarrollo de los animales, efectuando un flujo mas rápido de ciclaje de nutrientes, lo cual se ve reflejado en la producción final del sistema.**
- 3. La inclusión de los indicadores ambientales de sostenibilidad, tales como la conservación del suelo, la compactación y la captura de carbono, entre otros, y su valoración dentro del ejercicio de factibilidad económica se constituyen en elementos claves para el desarrollo de sistemas de producción, que llevan al replanteo de la estructura y función de los sistemas, con base a procesos armónicos, sinérgicos y homeostáticos, que favorezcan la base de la producción con sentido sostenible.**

4. El balance de nutrientes, si bien es un buen indicador de sostenibilidad, su análisis deberá realizarse bajo la premisa de que todo sistema antrópico de producción generará salidas de elementos, mayores a las entradas, y por lo tanto el manejo interno de los elementos deberá obedecer a un ciclaje con mayor eficiencia, basados en que los elementos que se encuentran en menores cantidades son los que limitan la producción y determinan la sostenibilidad del sistema, como lo plantea Von Liebig en la ley del mínimo.

## XII LITERATURA CITADA

- Alavez L., S. 1983. Estudio preliminar de los cercos vivos en la ganadería de Teapa, Tabasco. Tesis ingeniero agrónomo. Universidad Autónoma, Chapingo, México. 77 p.
- Altieri M., A. 1983. Agroecología: bases científicas de la agricultura alternativa. Universidad de California, Berkeley. U.S.A. 200 P.
- Avila M. 1989. Descriptores e indicadores de sostenibilidad. En: Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales: bases para establecer indicadores. Camino y Müller (coord.). San José, Costa Rica. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA. Serie documentos de programas No. 38. 110 p.
- Baca U., G. 1989. Evaluación de proyectos. Ed. Mc Graw Hill. México. 123 p.
- Baizabal S., A. 1994. Estudio socioeconómico comparativo de los productores pecuarios del Municipio de Las Choapas, Estado de Veracruz. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. 92 p.
- Barrera B., N. López B., C. y Palma G., R. 1992. Vacas, pastos y bosques en Veracruz: 1950 - 1990. En: Barrera N. y Rodríguez H (coord.). Desarrollo y medio ambiente en Veracruz. Fundación Friedrich Ebert, CIESAS e Instituto de Ecología. México, D.F. p 35 - 71.
- Barrera B., N. y Ortiz B. 1992. Transformaciones del uso del suelo y diferencialidad espacial: el caso del trópico veracruzano. En : Fuentes, L. ( coord. ). Cambios en el uso agrícola del suelo en México, UNAM. México, D.F. p 83 - 122

- Becerra M., A. 1994. Erosión de suelo. En: Apuntes de la primera parte del curso de conservación de suelos. UACH, Edo de México. 100 p.
- Bertoglio J., O. 1989. Introducción a la teoría general de sistemas. 4 ed. Limusa. México D.F.. 167 p.
- Bertalanffy L., V. 1968. Teoría general de los sistemas; fundamentos, desarrollo y aplicaciones. Fondo de Cultura Económica. México D.F. 310 p.
- Beer S. 1973. Decision and control. London J. While and son. sp.
- Boeger E., y Rodríguez H. 1992. Desarrollo y medio ambiente en Veracruz: elementos para un diagnóstico. Instituto de Ecología, Fundación Friedrich Ebert, CIESA. México, D.F. p 4 - 29.
- Burgos G., A. 1991. Efectos del pastoreo de bovinos en las propiedades fisico-químicas de suelos de ladera en un sistema de explotación silvopastoril. Tesis maestría en Ciencias en Suelos y Aguas. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia. 163 p.
- Camino V., R. y Müller S. 1993. Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales: bases para establecer indicadores. San José, Costa Rica. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA. Serie documentos de programas No. 38. 110 p.
- Cano C., J. 1988. El sistema de manejo regular de los bosques e México. Universidad Autónoma Chapingo, Edo. de México. 223 p.
- Carrillo D., I. 1992. La estructura de clases asociada a la ganadería en Veracruz. En: Barrera, N. y Rodríguez, H. (editores). Desarrollo y Medio Ambiente en Veracruz; impactos económicos, ecológicos y culturales de la ganadería en Veracruz. Fundación Friedrich Ebert, CIESAS e Instituto de Ecología. México, D.F. p 73 - 81

- Castillo H. 1989. Resultados de la investigación en carne y lana de ovinos. En: Memorias de la Segunda Reunión Anual del CIFAP Veracruz. SARH/INIFAP. Veracruz, México. pp 89-93.
- CEPAL/PNUMA. 1997. Instrumentos económicos para la gestión ambiental en América Latina y el Caribe. México, D.F. 106 p.
- Cerri C., C. Bernoux M. y Graeme J., B. 1996. Reservas y flujo de carbono en sistemas naturales y agrícolas del Brasil y las implicaciones para el balance global de CO<sub>2</sub>. México, D.F. Terra, vol:14, No. 1 pp 1-12.
- Colegio de Postgraduados. 1991. Manual para la conservación del suelo y del agua. 3 ed. Chapingo, México. 610 p.
- Conesa F., V. 1995. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. 2 ed. Mundi-prensa. Madrid, España. 390 p
- Conway G., R. and McCracken J., A. 1990. Rapid rural appraisal and agroecosystem analysis. In: Altieri M., A. and Hecht S., B. (ed.). Agroecology and small farms development. CRC Press. Boston, USA. pp 221-234.
- Chapela F., J. 1992. Impacto de la política económica sobre el cultivo del bosque en Huayacocotla. En: Desarrollo y Medio Ambiente. Boeger y Rodríguez (coord.). Fundación Friedrich Ebert, CIESAS e Instituto de Ecología. México, D.F. p 137-149.
- Evans J. 1984. Plantation forestry in the tropic. Clarendon Press. Oxford, U.S.A. 472 p.
- FAO. 1981. El Eucaliptus en la repoblación forestal. Roma, Italia. Colección FAO: Montes No. 11. 543 p.

- FAO. 1988. Recursos naturales y medio ambiente. En: potencialidades del desarrollo agrícola y rural en América Latina y el Caribe. Roma. 111 p.
- Fassbender R., H. y Bornemisza E. 1994. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. 2a ed. San José Costa Rica IICA. (Colección de Libros y Materiales Educativos / IICA; No. 81). 420 p.
- Fassbender R., H. 1993. Modelos edafológicos de los sistemas de producción agroforestales. 2 ed. CATIE. Turrialba Costa Rica ( Serie Materiales de Enseñanza / IICA; No 29 ). 530 P.
- Fernández O., L.M. Tarrío G., M. y Villafuerte S., D. 1993. La expansión ganadera en Veracruz: sus impactos en la economía y en la producción de alimentos. En: Desarrollo y medio ambiente en Veracruz. Fundación Friedrich Ebert, CIESAS e Instituto de Ecología. México D.F. p 15-34.
- Fernández F., R. 1976. La reforma agraria y la ganadería. Universidad Autónoma Chapingo, Colegio de Post Graduados, México. 36p.
- Field C., B. 1995. Economía ambiental. Mc GRAW-HILL. Bogotá, Colombia. 585 p.
- Fluck R., C. y Baird C., D. 1980. Agricultural energetics. Avi Publishing C. Westport, Conneticut, U.S.A. 192 p.
- Fournier L., A. 1980. Fundamentos ecológicos del cultivo del café. IICA. Publicación miscelánea. 29 p.
- García O., F. y Ordóñez M. 1992. Zonificación ecoproductiva de Veracruz. En Desarrollo y medio ambiente en Veracruz. Boeger y Rodríguez (ed.). Instituto de Ecología, Fundación Fredrich Ebert y CIESAS. México, D.F. p 31 - 50.

- Gastó J., 1979. *Ecología: el hombre y la transformación de la naturaleza*. Ed. Universitaria. Santiago de Chile. 156 p.
- Gittenger J., P. 1987. *Análisis económico de proyectos agrícolas*. 2a. ed. Instituto de Desarrollo Económico del Banco de México. Tecnos, Madrid, España. 532 p.
- Gómez C., PL. 1989. *Papel de la investigación socio-económica a nivel de finca: la finca como un sistema de producción*. Gráficas Crafftman. Santa Fé de Bogotá. 36 p.
- Gómez P., A. 1978. *Ecología de la vegetación del Estado de Veracruz*. Continental. México, D.F. 91 p.
- Hart R., D. 1985. *Conceptos básicos sobre agroecosistemas*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 185 p.
- Hart R., D. 1990. *Componentes, subsistemas y propiedades del sistema finca como base para un método de clasificación*. En: Escobar Germán y Berdegué Julio (ed.) *Tipificación de sistemas de producción agrícola*. RIMISP/GLA. Santiago de Chile. 283 p.
- Hills W., E. y Browns A., G. 1978. *Eucalyptus for wood production*. Griffin Press. Australia. CSIRO. 434 p.
- Holdridge R., L. 1996. *Ecología basada en zonas de vida*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA. San José, C.R. 216 p.
- INEGI. 1981. *Carta edafológica*. Escala 1: 1'000,000. Aguascalientes, México.
- INEGI. 1993. *Espaciomapa de la serie Minatitlan, hoja E15-7*. Escala 1: 250,000. Aguascalientes, México.

- INEGI. 1994. Estadísticas del medio ambiente. Talleres gráficos INEGI. Aguascalientes, México. 447 p.
- INEGI. 1995. Cuaderno estadístico municipal. Talleres gráficos INEGI, Aguascalientes, México. 80 p.
- López A., R. 1990. La ganadería de carne en el trópico húmedo. Tesis Ing Agrónomo. Universidad Autónoma Chapingo. México. 76 p.
- López M., R. 1980. Tipos de vegetación y su distribución en el Estado de Tabasco y norte de Chiapas. Universidad Autónoma Chapingo, México. pp. 119 - 121.
- Kleiber M. 1972. Bioenergética animal: el fuego de la vida. Ed. Acribia. Barcelona, España. 428 p.
- McDonald P. 1975. Nutrición animal. Ed. Acribia. Zaragoza, España. 462 p
- Magurran E., A. 1989. Diversidad ecológica y su medición. Vedral. Barcelona, España. 200p.
- Malagón M., R. 1996. Manual para el estudio de los sistemas de producción pecuaria. Universidad nacional de Colombia. Palmira. 120 p.
- Malagón M., R. Arroyo G., A. Escobar, R. y Cano, M. 1997. Caracterización de los sistemas agroforestales, de tipo silvopastoril, localizados en Tlapacoyan y Martínez de la Torre, Estado de Veracruz. Universidad Autónoma Chapingo. México. 45 p.
- Maldonado M., F. 1980. Los cercos vivos en la agricultura del Estado de Tabasco, México. Depto de Ecología, Colegio Superior de Agricultura Tropical CSAT. México D.F. pp 1-4 (Mineog.)

- Mizgajski A. 1988. Historical changes of energy input into agro-ecosystems and their landscape ecological consequences. The Lingen/Emsland County (west Germany) Case study. En: Agriculture, ecosystem and environment. 20:245 - 258
- Montagnini F. 1992. Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones en los trópicos. 2a. ed. San José, Costa Rica. : Organización para Estudios Tropicales. 622 p.
- Muñante P., D. 1988. Apuntes: indicadores para la evaluación económica de proyectos. Definición, cálculo e interpretación. DEA. Universidad Autónoma Chapingo, México. 56 p.
- Murcia C., H. 1978. Administración de empresas agropecuarias: principios generales. 2 ed. Santa Fé de Bogotá: IICA. 108 p.
- Nair R., P.K. 1997. Agroforestería. Universidad Autónoma Chapingo, México. 543 p.
- Nava C., R. Armijo T., R. y Gastó C., J. 1996. Ecosistemas: la unidad de la naturaleza y el hombre. 2 ed. Trillas, México. 293 p.
- Odum, T., H y Odum, C., E. 1981. Hombre y naturaleza: bases energéticas. Ediciones Omega. Barcelona, España. 319 p.
- Odum E., P. 1992. Ecología. Bases científicas para un nuevo paradigma. Vedral. Barcelona, España. 282 p.
- Odum E., P. 1986. Fundamentos de ecología. Interamericana S.A. México D.F. 422 p.
- Odum E., P. 1993. Ecología: peligra la vida. Interamericana - MacGraw hill. México D.F. 268 p.

- Odum E., P. 1997. *Ecología: el vínculo entre las ciencias naturales y sociales*. Ed. Continental. México D.F. 295 p.
- Ortíz E., B. 1992. La transformación de los paisajes agrarios en el norte de Veracruz. En: *Desarrollo y medio ambiente en Veracruz*. Boeger y Rodríguez (coord.). Instituto de Ecología, Fundación Fredrich Ebert y CIESAS. México, D.F. p 115 - 123.
- Paré L. Velásquez E. y Gutiérrez R. 1993. La ganadería en la sierra de Santa Marta, Veracruz: una primera aproximación. En: *Desarrollo y medio ambiente en Veracruz*. Boeger y Rodríguez (coord.). Instituto de Ecología, Fundación Fredrich Ebert y CIESAS. México, D.F. p 129-165.
- Paula L., W. 1994. *Impacto ambiental del Eucalyptus*. Trad. por Empresa "Desarrollo Forestal, S.A. de C.V." Villahermosa, Edo. de Tabasco. 301 p.
- Pearce W., D. 1985. *Economía ambiental*. Fondo de Cultura Económica. México D.F. 258 p.
- PÉMEX. 1982. *Estudio ambiental del impacto surgido por la explotación de petróleo para la zona de Tabasco*. México, D.F. 75 p. (mineografiado).
- Pimentel D., Hurd L., E y Bellotti A., C. 1976. Food production and the energy crisis. *Science*, vol. 182: 443-449 p.
- PLANFOSUR 1998. *Comunicación personal*. Km 45 carretera Las Choapas-El Paralelo, Las Choapas, Edo. de Veracruz.
- Poore M., E. y Fries C. 1987. *Efectos ecológicos de los Eucaliptus*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. Estudio FAO Montes No. 59. 106 p.
- PRODEPLAN 1998. *Programa para el desarrollo de plantaciones forestales*. Dirección General Forestal. SEMARNAP, México D.F. 25 p.

- Randall A. 1985. Economía de los recursos naturales y política ambiental. Limusa. México. 474 p.
- Rey C., J. Bustamante B., I.D. Rivera D., J.M. Diakité D., L. Cerda R., N. Ortega M., J y Martínez H., B. 1982. Inventario de áreas erosionadas, rangos de pendiente y unidades de suelo del Estado de Veracruz. Universidad Autónoma CHapingo, SARH. Edo. de México. 139 p.
- Richters E., J. 1995. Manejo del uso de la tierra en América Central: hacia el aprovechamiento sostenible del recursos tierra. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA. San José, Costa Rica. 440 p.
- Rosas R., Y. 1987. La investigación en ganadería bovina tropical en el Estado de Veracruz, 1950 - 1986. Tesis Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Edo. de México. 143 p.
- Ruiz B., M.J. 1996. Programa para el fomento de la producción de carne y leche de bovinos en el Estado de Tabasco. Tesis Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Edo. de México. 87p.
- Ruiz M., E. 1983. Avances en investigación en sistemas silvopastoriles. In curso Corto Agroforestal, Turrialba, C.R. Ed. por L. Babbar. Turrialba, C.R., CATIE. Costa Rica. sp.
- Ruitembeek H. 1991 Farming systems in the tropics. Oxford Press.England. sp.
- Samuelson A., P. y Nordhaus D., W. 1996. Economía. 15 ed. McGRAW-HILL. Barcelona, España. 808 p.
- Santos R.,A. DOS. Zanonil M., M. Silva M., M. DA. Miranda M., Doreto M., Paula, X., M. y Togni T., T. 1989. Análise agroeconômica, ecoenergética e socio-econômica de tres unidades de exploracao agrícola do municipio de Rio Azul, Paraná. Boletín técnico No 18. Septiembre. 173 p.

- Saravia A. 1983. Un enfoque de sistemas para el desarrollo agrícola. Servicio Editorial del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA. Costa Rica. (Serie: Desarrollo Institucional/IICA, No 11). 273 p.
- SARH. 1980. Plan de desarrollo agropecuario forestal para el Estado de Veracruz. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Distrito Temporal No 8. Tomo X. México D.F. sp.
- SARH. ?. Manual de predicción de pérdidas de suelo por erosión. 150 p.
- SCOLEL TÉ. 1998. Proyecto piloto internacional para la captura de carbono y desarrollo silvicultural comunitario. Edo de Chiapas, México. 4 p.
- SECRETARIA DE AGRICULTURA Y GANADERIA. 1968. Coeficientes de agostadero de la República Mexicana: región del Estado de Veracruz y parte de los Estados de Oaxaca, Puebla, Hidalgo, San Luis Potosí y Tamaulipas. México. 73 p.
- SEDUE. 1986. Informe sobre el estado del medio ambiente de México. Editores e Impresores FOC. México, D.F. 83 p.
- SEDUE. 1990? Manual de ordenamiento ecológico del territorio. México, D. F. 356 p.
- SEMARNAP. 1998. Programa de apoyos para el desarrollo de plantaciones forestales comerciales . Documento divulgativo. México, D.F. 20 p.
- SIMPSON 1991. Plantaciones forestales industriales en el trópico veracruzano con *Eucalyptus grandis* y *Gmelina* Arbórea. Proyecto. Edo. de Tabasco, México. 57 p.
- Solano V., O. 1980. Uso actual de algunas especies frutícolas en la region de la sierra de Tabasco, México. Tesis de Licenciatura. Colegio Superior de Agricultura tropical CSAT. Cárdenas, Edo de Tabasco. México. 107 p.

- Spedding C., R. ? Sistemas agrarios. Acribia, Zaragoza. España. 189 p.
- Sutton B., D. y Harmon N., P. 1997. Fundamentos de ecología. Limusa. México D.F. 293 p.
- Tiscareno L., M. y Claveran R., A. 1996. Desarrollo de agroecosistemas sostenibles y el manejo integrado de recursos: el marco conceptual de investigaciones del CENAPROS. Terra Vol. 14 No 4, oct-dic. p 469-481.
- Torres P., J. 1988. Las externalidades y su impacto en proyectos de inversión forestal. DICIFO. Universidad Autónoma Chapingo, México. 25 p.
- Torres R., J. 1996. Caracterización del ecosistema naranjo-ovino en Tlapacoyan, Estado de Veracruz (estudio de caso). Tesis Maestro en Ciencias en Agroecosistemas Tropicales. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 158 p.
- Vásquez T., M. 1992. Riqueza biótica y conservación en el trópico cálido-húmedo veracruzano. En: Boeger y Rodríguez (coord.). Desarrollo y medio ambiente en Veracruz. Fundación Friedrich Ebert, CIESAS e Instituto de Ecología. México, D.F. p 51 - 58.
- Varela P., F. 1990. La madera como combustible. Zabala Ch. F. (compilador). En: Primera reunión nacional sobre dendroenergía. Universidad Autónoma CHapingo, Edo. de México. p 109-127.
- Yopez P., C. 1997. Evaluación de la sustentabilidad del cafetal bajo manejo orgánico, mediante el balance de nutrientes en la Unión Majomut, Chiapas. Tesis Ing. en Agroecología. Universidad Autónoma Chapingo. México. 136p.
- Zimmermann C., R. 1983. El impacto ambiental de las actividades forestales. Roma. Guía FAO: conservación No 7. 80 p.

## APÉNDICE

## APÉNDICE 1. ANÁLISIS DE LOS SUELOS DE LAS CHOAPAS

### Apéndice 1.1 Clasificación de los elementos minerales, para diferentes horizontes, presentes en los suelos de Las Choapas, Veracruz.

USO	Profundidad	Clasif. textural	pH	M. O.	Ntotal	P	K	Ca	Mg	CIC	Humedad aprov. ( % )	Porosidad ( % )
• Pastizal	00 - 15	Franco- arenoso	Muy ácido	Extrem/te rica	Rico	Bajo	Muy pobre	Muy pobre	Muy pobre	Baja	10.63	51
	15 - 27	Franco - arenoso	Muy ácido	Rico	Median/te	Bajo	Muy pobre	Muy pobre	Muy pobre	Baja	10.50	49
	27 - 40	Franco - arenoso	Muy ácido	Median/te pobre	rico	Bajo	Muy pobre	Muy pobre	Muy pobre	Baja	9.17	42
	40 - 57	Franco - arenoso	Muy ácido	Extrem/te pobre	Median/te	Bajo	Muy pobre	Muy pobre	Muy pobre	Baja	8.24	40
	57 - 67	Fran - Arc.- Arenoso	Muy ácido	Pobre	pobre	Bajo	Muy pobre	Muy pobre	Muy pobre	Baja	7.90	44
	67 - x	Arcillo - Arenoso	Muy ácido	Extrem/te pobre	Pobre	Bajo	Muy pobre	Muy pobre	Muy pobre	Baja	10.07	46
• Eucalyptal	00 - 12	Fran.- Arc.- Arenoso	Muy ácido	Extrem/te rico	Rico	Bajo	Muy pobre	Muy pobre	Muy pobre	Media	15.94	48
	12 - 20	Fran.- Arc.- Arenoso	Muy ácido	Medio	Mediano	Bajo	Muy pobre	Muy pobre	Muy pobre	Baja	11.75	42
	20 - 70	Arcilloso	Muy ácido	Pobre	Pobre	Bajo	Muy pobre	Muy pobre	Muy pobre	Media	19.01	49
	70 - x	Arcilloso	Muy ácido	Extrem/te pobre	Pobre	Bajo	Muy pobre	Muy pobre	Muy pobre	Alta	21.94	50
• Acahual	00 - 23	Fran.- Arc.- Arenoso	Muy ácido	Extrem/te rico	Rico	Bajo	Muy pobre	Muy pobre	Muy pobre	Media	10.44	50
	23 - 40	Fran.- Arc.- Arenoso	Muy ácido	Medio	Mediano	Bajo	Muy pobre	Muy pobre	Muy pobre	Baja	9.13	40
	40 - x	Arcilloso	Muy ácido	Extrem/te pobre	Pobre	Bajo	Muy pobre	Muy pobre	Muy pobre	Alta	11.51	

Fuente: Malagón y Rey (1998).

## Apéndice 1.2 Estimación de la erosión hídrica

Se toma como indicador del impacto la pérdida de suelo, según la ecuación de Taylor (1970), citado por Conesa (1995).

El modelo ha sido diseñado para producir y controlar las alteraciones en las condiciones del suelo debidas a la erosión superficial, que pueden darse tanto de forma natural como las provocadas por las actividades humanas. La ecuación de pérdida de suelo se expresa como sigue:

$$A = 2.24 \times R \times K \times L \times S \times C \times P$$

donde:

A = Pérdida media anual del suelo en t/ha, año.

R = Factor lluvia =  $E \times I^*$ , en MJ x mm / ha x h. (ver SARH, ?).

E =  $12.142 + 8.887 \log I$  = Energía cinética de lluvia, en MJ x mm / ha.

I\* = Intensidad de la lluvia en mm / ha.

I = Intensidad máxima de la lluvia en 30 min.

K = Factor de erosionabilidad del suelo, en t/ha, por unidad de R, en condiciones estándar de pendiente del 9%, longitud el 22.13 m y en barbecho continuo. Varía para la mayoría de los suelos de 0.60 a 1.70 t/ha. Su cálculo se efectúa a través del nomograma de Wischmeier (ver SARH, ).

L = Factor de longitud de declive =  $(\lambda / 22.13)^m$  ( Becerra, M.,A. 1994 ).

$\lambda$  = Longitud del declive de escorrentía en el campo ( Becerra, M.,A. 1994 ).

m = 0.6; 0.3; 0.5 para pendientes > 10%; < 1.5%; 1.5% a 10%.

S = Factor de pendiente de declive  $(0.065 + 0.45 s + 0.065 s^2)/6613$ .

s = Pendiente en %.

C = Factor de cultivo y ordenación, o relación entre la pérdida de suelo en un terreno cultivado en condiciones específicas y la pérdida correspondiente del suelo en barbecho continuo. Para su cálculo pueden usarse las tablas del US Soil Conservation Service (1975), o las de Wischmeier (1974).

P = Factor de prácticas mecánicas, que expresa la influencia que ejercen las prácticas del cultivo, corrección y conservación de la erosión hídrica. Su valor se deduce de las tablas del US Conservation Service (1975) del suelo.

#### 1.2.1 Para pradera

$$A = ( 2.24 ) ( 20,000^a ) ( 0.036^b ) ( 1.47^c ) ( 0.2585 ) ( 0.003^d ) ( 1 )$$

$$A = 1.83 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$$

#### 1.2.2 Para cultivo de Eucalipto

$$A = ( 2.24 ) ( 20,000^a ) ( 0.036^b ) ( 1.9355^c ) ( 0.2585 ) ( 0.001^d ) ( 1 )$$

$$A = 0.8 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$$

a/ Ver SARH, ?, apéndice A1, factor de erosividad, p 150.

b/ Ver SARH, ?, tabla 4.8, para factor K de erosividad.

c/ Ver Becerra, M., A (1994), para factor de long. de la pendiente, p. 50.

d/ Ver Becerra, M., A (1994), cuadro 15, para factor de manejo de cultivo, p.59.

### Apéndice 1.3 Capacidad Agrológica de los suelos

Se define como la adaptación que presentan los suelos a determinados usos específicos, dando información acerca de la aptitud para el cultivo del terreno considerado. Un territorio se clasifica según las limitaciones que presenta respecto a los usos agrícolas, pratenses y forestales; esta clasificación contempla tres categorías de clasificación de los grupos de suelos: unidad de capacidad, sub clase de capacidad y clase de capacidad (Conesa, 1995).

La capacidad del suelo se divide en siete clases agrológicas. Los riesgos de daños al suelo o limitaciones en su uso se hacen progresivamente mayores de la clase I a la clase VII. La asignación de un suelo a una clase debe cumplir todos los requisitos exigidos e indicados en la columna correspondiente.

Las variables independientes serán:

- Grado y riesgo de erosión.
- Incremento del exceso de agua: capacidad de campo y punto de marchitez permanente.
- Incremento de las limitaciones del suelo en la zona radical: capacidad de retención de agua, nivel de fertilidad, nivel de salinidad o alcalinidad.
- Factores climáticos: temperaturas extremas, lluvias, vientos, etc.

La capacidad agrológica se estima mediante la siguiente ecuación:

$$C.Agro. = ( 100/St ) ( Si + SII / 2 + SIII / 3 + SIV / 4 + SV / 5 )$$

Donde:

Si = la superficie de la clase agrológica I a V.

St = La superficie total.

Apéndice 1.3 Continuación...

Clasificación de la capacidad agrológica de los suelos.

Clase	I	II	III	IV	V	VI	VII
Pluviometría	> 600 mm o riego	600 > p >300 mm o riego	Igual c. II	Igual c. II y III	Indiferente	Indiferente	Indiferente
Temperatura	Permite cultivo de maíz c. medio	Permite cultivo cereales invierno	Igual c. II	Igual c. II y III	Indiferente	Indiferente	Indiferente
Pendientes	< 3%	< 10%	< 20%	Igual c. III	< 3%	20 < p < 30%	30 < p < 50%
Estructura	Equilibrada	Equilibrada	Equilibrada	Equilibrada	Indiferente	Indiferente	Indiferente
Profundidad	> 90 cm	> 60 cm	> 30 cm	> 30 cm	Indiferente	Indiferente	Indiferente
Pedregosidad < 25 cm. superficie cubierta > 25 cm.	-	< 20%	< 50%	< 90%	Indiferente	Indiferente	Indiferente
Rociedad	-	< 0.1 %	< 0.1%	< 3%	Indiferente	Indiferente	Indiferente
Encharcamiento	-	< 2%	< 10%	< 25%	Indiferente	Indiferente	Indiferente
Salinidad	-	Puede ser estacional	Puede ser estacional	Igual c.III	Continúa o frecuente	-	-
Erosión	-	-	Algo de salinidad	Igual c.III	Salinidad impida cultivo	-	-
	-	Moderada	Moderada	Igual c. III	-	Fácil	Fuerte

Fuente: Conesa (1995).

**Apéndice 1.4 Cantidad y valor económico de los nutrientes perdidos por erosión hídrica, por año, para los sistemas de pradera y de plantación de eucalipto, en el Municipio de Las Choapas, Veracruz.**

Minerales Elemento	Sistema de Pradera				Sistema de Plantación de Eucalipto			
	Pérdida Kg / ha	Costo \$ / Kg	Valor \$ / ha	Valor \$ / 80 ha	Pérdida Kg / ha	Costo \$ / Kg	Valor \$ / ha	Valor \$ / 80 ha
• M.O.	93.56	1.20	112.27	8,981.16	28.39	1.20	34.06	2,724.80
• Ntotal	4.64	15.94 a	73.96	5,916.80	1.40	15.94 a	22.31	1,724.80
• P	0.0074	2.10 b	0.033	5.54	0.0015	2.10 b	0.0031	0.248
• Na	0.0230		-	-	0.0045			
• K	0.0101	1.77 d	-	-	45 x 10 <sup>-7</sup>	1.77 d	-	-
• Ca	0.0089	2.50 e	-	-	55 x 10 <sup>-7</sup>	2.50 e	-	-
• Mg	0.0042	-	-	-	173 x 10 <sup>-7</sup>	-	-	-
• Fe	0.3478	-	-	-	421 x 10 <sup>-7</sup>	-	-	-
• Cu	9.18 x 10 <sup>-5</sup>	-	-	-	115.9 x 10 <sup>-9</sup>	-	-	-
• Zn	18.37 x 10 <sup>-8</sup>	-	-	-	289.8 x 10 <sup>-9</sup>	-	-	-
• Mn	27.55 x 10 <sup>-8</sup>	-	-	-	115.9 x 10 <sup>-9</sup>	-	-	-

a. Fuente de aplicación: Urea al 46 %

b. Fuente de aplicación: Supertriple al 46 %

d. Fuente de aplicación: Cloruro de potasio

e. Fuente de aplicación: Carbonato de calcio

Fuente: Malagón y Rey (1998).

## APÉNDICE 2. COSTOS DE PRODUCCIÓN PARA UNA GANADERÍA DE TIPO EXTENSIVO.

Apéndice 2.1 Proyección del inventario ganadero, de tipo extensivo, de un hato de doble fin, en Las Choapas, Veracruz.

PROYECCIÓN GANADERA	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7
Tipo de animal							
• Toros reproductores	4	4	4	4	4	4	4
- Ventas	1	1	1	1	1	1	1
- % Mortalidad ( 25% )	0	1	0	0	0	0	0
- Compras	1	2	1	1	1	1	1
Total toros	4	4	4	4	4	4	4
• Vacas de cría	127	127	127	127	127	127	127
- Ventas	22	22	22	22	22	22	22
- % Mortalidad ( 5% )	5	5	5	5	5	5	5
Total vacas	100	100	100	100	100	100	100
• Novillas de vientre ( 2-3 años )	24	24	24	24	24	24	24
- Ventas	2	2	2	2	2	2	2
- % Mortalidad ( 2% 9	1	1	1	1	1	1	1
Total novillas vientre	21	21	21	21	21	21	21
• Novillas de levante	24	24	24	24	24	24	24
- Ventas	0	0	0	0	0	0	0
- % Mortalidad ( 3% )	1	1	1	1	1	1	1
Total novillas levante	23	23	23	23	23	23	23
• Terneros ( 0-1 año )	51	51	51	51	51	51	51
- Ventas	23	23	23	23	23	23	23
- % Mortalidad ( 7% )	4	4	4	4	4	4	4
Total terneros	24	24	24	24	24	24	24
Total muertes	11	12	11	11	11	11	11
Total compras	1	2	1	1	1	1	1
Total ventas	48	48	48	48	48	48	48
Inventario animal	172	172	172	172	172	172	172
Área en pastos ( ha )	80	80	80	80	80	80	80
Unidades de Ganado ( UG )	150.3	150.3	150.3	150.3	150.3	150.3	150.3
Capacidad de Carga ( UG / ha )	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87

Apéndice 2.2 Costos de producción para un hato de doble fin, de tipo extensivo, en Las Choapas, Veracruz.

TIPO DE COSTOS	Unidades	Cantidad	Valor Unidad	Valor Total
• COSTOS FIJOS TOTALES				
1. Costo de mano de obra				
1.1 Administrador	Mensualidad	12	1,350.00	16,200.00
1.2 Vaqueros <sup>1</sup>	Mensualidad	12	900.00	10,800.00
1.3 Ordeñadores <sup>2</sup>	Mensualidad	12	900.00	10,800.00
Sub total				37,800.00
2. Valor inventario animal				
2.1 Valor reproductores	Unidad	4	9,500.00	38,000.00
2.2 Valor vacas de cría	Unidad	100	5,200.00	520,000.00
2.3 Valor novillas de vientre	Unidad	22	3,800.00	83,600.00
2.4 Valor novillas de levante	Unidad	23	3,100.00	71,300.00
2.5 Valor terneros destetos	Unidad	51	1,100.00	51,100.00
2.6 Valor equinos de labor	Unidad	4	4,000.00	16,000.00
Sub total				780,000.00
3. Costo de construcciones				
3.1 Corral rústico	Unidad	1	7,000.00	7,000.00
3.2 Construcción cercas <sup>3</sup>	Km	19	8,345.00	158,555.00
3.3 Mant. anual cercas	Km	19	900.00	17,100.00
3.4 Bebederos	Unidad	4	5,500.00	22,000.00
3.5 Saladeros	Unidad	6	100.00	10,00.00
3.6 Comederos	Unidad	1	3,500.00	3,500.00
3.7 Galera de ordeño	Unidad	1	10,000.00	10,000.00
3.8 Corral de manejo	Unidad	1	25,000.00	25,000.00
3.9 Casa de habitación	Unidad	1	20,000.00	20,000.00
Sub total				273,155.00
TOTAL COSTOS FIJOS				1'090,955.00

## Continuación Apéndice 2.2

TIPO DE COSTOS	Unidades	Cantidad	Valor Unidad	Valor Total
• COSTOS VARIABLES				
4. Costos por medicamentos				
4.1 Vacunas	Varias			647.00
4.2 Desparasitantes	Varias			6,780.00
4.3 Otros medicamentos	Varias			3,330.00
Sub total				10,757.00
5. Costos de alimentación <sup>4</sup>				
5.1 Pastos y forrajes	Ton	2,592	74.07	191,989.00
5.2 Sal común	Kg	938	1.70	1,594.60
Sub total				193,583.60
6. Mano de obra eventual				
6.1 Limpieza de potreros	jornal	40	30.00	1,200.00
6.2 Mantenimiento de instalaciones	Jornal	20	30.00	600.00
Su total				1,800.00
7. Otros				
7.1 Herbicidas	Lt	3	110.00	330.00
7.2 Implementos de trabajo	Varios			6,000.00
7.3 Herramientas de trabajo	Varios			5,000.00
Sub total				11,330.00
TOTAL COSTOS VARIABLES				217,470.60
TOTAL COSTOS DE PRODUCCIÓN				1'308,425.60

1. Corresponde al trabajo de dos vaqueros.

2. El ordeño es realizado por cuatro ordeñadores, los que realizan el trabajo en horas de la mañana, es decir, medio jornal

3. Los costos de construcción y mantenimiento anual de cercos pueden verse en el apéndice 2. 3

4. Los costos de alimentación son equivalentes al valor de renta del predio, ya que su alquiler implica el consumo de los forrajes existentes en el terreno rentado.

Apéndice 2.3 Cuadro anual de ingresos para una ganadería de doble fin, de tipo extensivo, en Las Choapas, Veracruz.

CONCEPTO	Unidad	Cantidad	Valor Unidad	Valor Total
1. Venta de leche	Kg	53,040.00	3.00	159,120.00
2. Venta de animales				
2.1 Toro descarte <sup>1</sup>	Unidad	1	7,990.00	7,990.00
2.2 Vacas de descarte <sup>2</sup>	Unidad	22	5,980.00	131,560.00
2.3 Novillas de vientre <sup>3</sup>	Unidad	2	3,850.00	7,700.00
2.4 Terneros destetos <sup>4</sup>	Unidad	23	1,800.00	41,400.00
TOTAL INGRESOS				347,770.00

1. Peso toro descarte: 850 kg, a razón de \$ 9.40 / kg
2. Peso vaca descarte: 650 kg, a razón de \$ 9.00 / kg
3. Peso novilla descarte: 350 kg, a razón de \$ 11.00 /kg
4. Peso ternero destete: 180 kg, a razón de \$ 10.00 / kg

Apéndice 2.4 Costo de establecimiento y mantenimiento de un kilómetro de cerca viva, para una ganadería de doble fin, de tipo extensivo, en Las Choapas, Veracruz.

• ESTABLECIMIENTO				
CONCEPTO	Unidad	Cantidad	Valor Unidad	Valor Total
1. Insumos				
1.1 Semilla				
1.1.1 Postes vivos <sup>1</sup>	Postes	735	1.00	735.00
1.1.2 Resiembra <sup>2</sup>	Postes	220	1.00	220.00
1.2 Posteo				
1.2.1 Postes de madera <sup>3</sup>	Postes	100	30.00	3,000.00
1.2.2 Alambre de púas <sup>4</sup>	Kg	321	6.90	2,215.00
1.2.3 Grapas	Kg	31	30.00	930.00
2. Mano de obra				
2.1 Ahojado ( postes vivos y muertos, para 835 unid. )	Jornal	13	30.00	390.00
2.2 Plantado de postes	Jornal	7	30.00	210.00
2.3 Pegado del alambre	Jornal	13	30.00	390.00
2.4 Deschuponado <sup>5</sup>	Jornal	1.5	30.00	45.00
2.5 Resiembra postes vivos	Jornal	7	30.00	210.00
<b>TOTAL ESTABLECIMIENTO</b>				<b>8,345.00</b>
• MANTENIMIENTO				
1. Poda anual de árboles de la cerca viva	Jornal	20	30.00	600.00
2. Mantenimiento de alambrado y puertas	Jornal	10	30.00	300.00
<b>TOTAL MANTENIMIENTO</b>				<b>900.00</b>
<b>GRAN TOTAL</b>				<b>9,245.00</b>

1. Distancia de siembra entre postes de 1.5 m.
2. Se considera un 70% de prendimiento.
3. La altura del poste es de 2.5 m de largo por 10 cm de grueso.
4. El cerco está formado por 4 hilos.
5. Se realiza para evitar el ramoneo de los animales y posibilitar el rebrote.

Apéndice 2.5 Costo anual de medicamentos para una ganadería de doble fin, de tipo extensivo, en Las Choapas, Veracruz.

• CONCEPTO	Unidad	Cantidad	Valor Unidad	Valor Total
<b>1. Vacunas</b>				
1.1 Bacterina triple	Dosis	173	2.00	346.00
1.2 Derrienge	Dosis	173	1.74	301.00
<b>2. Desparasitantes</b>				
2.1 Internos <sup>1</sup>	Lt	9	700.00	6,300.00
2.2 Externos <sup>2</sup>	Lt	4	120.00	480.00
<b>3. Otros medicamentos</b>				
3.1 Azul de etilo	Lt	3	150.00	450.00
3.2 Ungüentos	Unidad	4	45.00	180.00
3.3 Emicina	Lt	2	360.00	720.00
3.4 Tonofosfan rec.	Lt	2	840.00	1,680.00
3.5 Bolos intra uterinos	Unidad	50	6.00	300.00
<b>TOTAL MEDICAMENTOS</b>				<b>10,757.00</b>

1. Se desparasita dos veces por año a todos los animales
2. Los baños se realizan con bomba aspersora, cada 30 días.

Apéndice 2.6 Costos de producción anuales para el establecimiento de una ganadería de tipo extensivo, en Las Choapas, Veracruz.

TIPO DE COSTOS	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
• COSTOS FIJOS TOTALES							
1. Costo de mano de obra							
1.1 Administrador	16,200.00	16,200.00	16,200.00	16,200.00	16,200.00	16,200.00	16,200.00
1.2 Vaqueros <sup>1</sup>	10,800.00	10,800.00	10,800.00	10,800.00	10,800.00	10,800.00	10,800.00
1.3 Ordeñadores <sup>2</sup>	10,800.00	10,800.00	10,800.00	10,800.00	10,800.00	10,800.00	10,800.00
Sub total	37,800.00	37,800.00	37,800.00	37,800.00	37,800.00	37,800.00	37,800.00
2. Valor inventario animal							
2.1 Valor reproductores	38,000.00						
2.2 Valor vacas de cría	520,000.00						
2.3 Valor novillas de vientre	83,600.00						
2.4 Valor novillas de levante	71,300.00						
2.5 Valor terneros destetos	51,100.00						
2.6 Valor equinos de labor	16,000.00						
Sub total	780,000.00						
3. Costo de construcciones							
3.1 Corral rústico	7,000.00						
3.2 Construcción cercas <sup>3</sup>	158,555.00						
3.3 Mantenimiento anual cercas	17,100.00						
3.4 Bebederos	22,000.00						
3.5 Saladeros	10,000.00						
3.6 Comederos	3,500.00						
3.7 Galera de ordeño	10,000.00						
3.8 Corral de manejo	25,000.00						
3.9 Casa de habitación	20,000.00						
Sub total	273,155.00						
TOTAL COSTOS FIJOS	1'090,955.00	37,800.00	37,800.00	37,800.00	37,800.00	37,800.00	37,800.00

Continuación Apéndice 2.6

TIPO DE COSTOS	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
• COSTOS VARIABLES							
4. Costos por medicamentos							
4.1 Vacunas	647.00	647.00	647.00	647.00	647.00	647.00	647.00
4.2 Desparasitantes	6,780.00	6,780.00	6,780.00	6,780.00	6,780.00	6,780.00	6,780.00
4.3 Otros medicamentos	3,330.00	3,330.00	3,330.00	3,330.00	3,330.00	3,330.00	3,330.00
Sub total	10,757.00	10,757.00	10,757.00	10,757.00	10,757.00	10,757.00	10,757.00
5. Costos de alimentación <sup>4</sup>							
5.1 Pastos y forrajes	191,989.00	191,989.00	191,989.00	191,989.00	191,989.00	191,989.00	191,989.00
5.2 Sal común	1,594.60	1,594.60	1,594.60	1,594.60	1,594.60	1,594.60	1,594.60
Sub total	193,583.60	193,583.60	193,583.60	193,583.60	193,583.60	193,583.60	193,583.60
6. Mano de obra eventual							
6.1 Limpieza de potreros	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00
6.2 Mantenimiento de instalaciones	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00
6.3 Mantenimiento cercas	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00
Sub total	2,700.00	2,700.00	2,700.00	2,700.00	2,700.00	2,700.00	2,700.00
7. Otros							
7.1 Herbicidas	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00
7.2 Implementos de trabajo	6,000.00			6,000.00			
7.3 Herramientas de trabajo	5,000.00			5,000.00			
Sub total	11,300.00	300.00	300.00	11,300.00	300.00	300.00	300.00
<b>TOTAL COSTOS VARIABLES</b>	<b>218,340.00</b>	<b>207,340.60</b>	<b>207,340.60</b>	<b>218,340.60</b>	<b>207,340.60</b>	<b>207,340.60</b>	<b>207,340.60</b>
<b>TOTAL COSTOS DE PRODUCCIÓN</b>	<b>1'309,295.00</b>	<b>245,140.60</b>	<b>245,140.60</b>	<b>256,140.60</b>	<b>245,140.60</b>	<b>245,140.60</b>	<b>245,140.60</b>

1. Corresponde al trabajo de dos vaqueros.

2. El ordeño es realizado por cuatro ordeñadores, los que realizan el trabajo en horas de la mañana, es decir, medio jornal

3. Los costos de construcción y mantenimiento anual de cercos pueden verse en el apéndice 2.4

4. Los costos de alimentación son equivalentes al valor de renta del predio, ya que su alquiler implica el consumo de los forrajes existentes en el terreno rentado.

### APÉNDICE 3. COSTOS DE PRODUCCIÓN PARA UNA PLANTACIÓN DE EUCALIPTO.

Apéndice 3.1 Costos de producción para el establecimiento y manejo de una plantación de eucalipto (turno de 7 años), en Las Choapas, Veracruz.

CONCEPTO	Unidad	Cantidad	Valor Unidad	Valor Total
<b>1. Planeación</b>				
1.1 Estudio edafológico ( 1 / 15 ha ) <sup>1</sup>	Unidad	5	373.00	1,865.00
1.2 Elaboración del proyecto ( técnico-financiero ) <sup>2</sup>	Ha	80	50.00	4,000.00
1.3 Elaboración y gestión del informe de Forestación <sup>3</sup>	Unidad		6,000.00	6,000.00
Sub total				11,865.00
<b>2. Establecimiento y manejo de la plantación</b>				
<b>2.1 Preparación del terreno</b>				
2.1.1 Limpia del terreno	Ha	80	200.00	16,000.00
2.1.2 Arada <sup>4</sup>	Ha	80	320.00	25,600.00
2.1.3 Rastrillada <sup>4</sup>	Ha	80	160.00	12,800.00
2.1.4 Trazo de la plantación	Jornal	4	200.00	800.00
<b>2.2 Plantado</b>				
2.2.1 Compra de plantas	Unidad	90,000	1.60	144,000.00
2.2.2 Colocación de la planta <sup>5</sup>	Jornal	560	30.00	16,800.00
<b>2.3 Labores culturales ( manejo )</b>				
<b>2.3.1 Control de malezas</b>				
2.3.1.1 Control químico <sup>6</sup>	Lt	160	110.00	17,600.00
2.3.1.2 Aplicación	Jornal	160	30.00	4,800.00
2.3.1.3 Control mecánico ( Chapeos ) <sup>7</sup>	Jornal	160	30.00	4,800.00
<b>2.3.2 Fertilización</b>				
2.3.2.1 Fertilización con urea <sup>8</sup>	Ton	24	1,630.00	39,120.00
2.3.2.2 Aplicación	Jornal	40	30.00	1,200.00
2.3.3 Control de plagas y enfermedades <sup>9</sup>	Varios		817.00	65,360.00
<b>2.3.4 Protección de la plantación</b>				
2.3.4.1 Cercado <sup>10</sup>	Km	3.6	7,435.00	25,686.00
2.3.4.2 Apertura y mant. de brechas corta fuegos <sup>11</sup>	Km	3	3,600.00	10,800.00
Sub Total				366,046.00

Continuación apéndice 3.1

CONCEPTO	Unidad	Cantidad	Valor Unidad	Valor Total
<b>3. Programa de Aprovechamiento ( cosecha )</b>				
3.1 Planeamiento de la extracción	Ha	80	187.50	15,000.00
3.2 Derribe y troceo <sup>12</sup>	M <sup>3</sup>	13,600	15.00	204,000.00
3.3 Arrime y apile <sup>13</sup>	M <sup>3</sup>	13,600	25.00	340,000.00
3.4 Carga	M <sup>3</sup>	13,600	10.00	136,000.00
Sub total				695,000.00
<b>4. Administración del proyecto</b>				
4.1 Administrador	M <sup>3</sup>	13,600.00	5.00	68,000.00
Sub total				68,000.00
<b>TOTAL COSTOS DE PLANTACIÓN</b>				<b>1'140,911.00</b>

1. El estudio edafológico considera los análisis de suelos, cuyo costo unitario realizado por el laboratorio de la UACH es de \$ 373.00 cada uno.
2. Corresponde a la viabilidad técnica-económica del proyecto, con base a la información del entorno donde se realizará la plantación.
3. Lleva implícito la gestión de la autorización para el establecimiento de la plantación.
4. Los costos estimados para la zona, con base al tipo de suelo, se obtuvieron por información de tractoristas de la zona, los cuales consideran un promedio de 2 horas ha<sup>-1</sup> para la arada y de 1 hora ha<sup>-1</sup> para la labor de rastrillada.
5. Se estima un valor de 7 jornales por Ha para la plantación; no se realiza replantación.
6. Se efectúa antes y después de la plantación, con herbicidas ( glifosato ), a razón de 2 lt ha<sup>-1</sup>
7. Se realizan 2 chapeos por Ha / año, durante los dos primeros años, hasta el cierre de copas.
8. La aplicación es de 100 Kg / Ha para el primer año y de 200 Kg ha<sup>-1</sup> para el segundo, distribuidos en dos aplicaciones.
9. Prodeplan estima un valor de \$ 817.00 ha<sup>-1</sup> para turno de 7 años.
10. Ver anexo 3.2 sobre costos de cercado y mantenimiento anual de cercas, por km lineal.
11. Fuente: SEMARNAP, División de prevención de Incendios Forestales.
12. Un corteño, con motosierra mediana, alcanza un promedio de 65 M<sup>3</sup> por día, en una plantación comercial con una pendiente del 2 %.
13. Para el arrastre y apile se considera que dos bestias y dos operarios pueden movilizar 17 M<sup>3</sup> / día.

**Apéndice 3.2 Costo de establecimiento y mantenimiento de un Km de cerco por año, para protección de la plantación de eucalipto, en Las Choapas, Veracruz.**

Concepto	Unidad	Cantidad	Valor Unidad	Valor Total
<b>1. Insumos</b>				
<b>1.1 Posteo</b>				
1.1.1 Postes de madera <sup>1</sup>	Unidad	100	30.00	3,000.00
1.1.2 Alambre de púas <sup>2</sup>	Kg	321	6.90	2,215.00
1.1.3 Grapas	Kg	31	30.00	930.00
<b>Sub Total</b>				<b>6,145.00</b>
<b>2. Mano de obra</b>				
2.1 Ahoyado	Jornal	13	30.00	390.00
2.2 Plantado de postes <sup>3</sup>	Jornal	7	30.00	210.00
2.3 Pegado de alambre	Jornal	13	30.00	390.00
<b>Sub Total</b>				<b>990.00</b>
<b>3. Mantenimiento anual cerco</b>	Jornal	10	30.00	300.00
<b>Sub Total</b>				<b>300.00</b>
<b>Total Costos</b>				<b>7,435.00</b>

1. La distancia entre postes es de 3 m.
2. El cerco está formado por 4 hilos.
3. Postes de 2.5 m de largo y 10 cm de grueso.

Apéndice 3.3 Costos de producción para el establecimiento y manejo de una plantación de eucalipto ( turno de 7 años ), en Las Choapas, Veracruz.

CONCEPTO	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
1. Planeación							
1.1 Estudio edafológico ( 1 / 15 ha ) <sup>1</sup>	1,865.00						
1.2 Elaboración del proyecto ( técnico-financiero ) <sup>2</sup>	4,000.00						
1.3 Elaboración y gestión del informe de Forestación <sup>3</sup>	6,000.00						
Sub total	11,865.00						
2. Establecimiento y manejo de la plantación							
2.1 Preparación del terreno							
2.1.1 Limpia del terreno	16,000.00						
2.1.2 Arada <sup>4</sup>	25,600.00						
2.1.3 Rastrillada <sup>4</sup>	12,800.00						
2.1.4 Trazo de la plantación	800.00						
2.2 Plantado							
2.2.1 Compra de plantas	144,000.00						
2.2.2 Colocación de la planta <sup>5</sup>	16,800.00						
2.3 Labores culturales ( manejo )							
2.3.1 Control de malezas							
2.3.1.1 Control químico <sup>6</sup>	17,600.00						
2.3.1.2 Aplicación	4,800.00						
2.3.1.3 Control mecánico ( Chapeos ) <sup>7</sup>	2,400.00	2,400.00					
2.3.2 Fertilización							
2.3.2.1 Fertilización con urea <sup>8</sup>	13,040.00	26,080.00					
2.3.2.2 Aplicación	450.00	750.00					
2.3.3 Control de plagas y enfermedades <sup>9</sup>	9,337.10	9,337.10	9,337.10	9,337.10	9,337.10	9,337.10	9,337.10

Continuación Apéndice 3.3

CONCEPTO	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
2.3.4 Protección de la plantación							
2.3.4.1 Cercado <sup>10</sup>	26,760.002	1,080.00	1,080.00	1,080.00	1,080.00	1,080.00	1,080.00
2.3.4.2 Apertura y mant. de brechas corta fuegos <sup>11</sup>	1,542.85	1,542.85	1,542.85	1,542.85	1,542.85	1,542.85	1,542.85
Sub total	291,929.95	41,189.95	11,959.95	11,959.95	11,959.95	11,959.95	11,959.95
3. Programa de Aprovechamiento ( cosecha )							
3.1 Planeamiento de la extracción							15,000.00
3.2 Derribe y troceo <sup>12</sup>							204,000.00
3.3 Arrime y apile <sup>13</sup>							340,000.00
3.4 Carga							272,000.00
Sub total							842,959.95
4. Administración del proyecto							
4.1 Administrador	9,714.28	9,714.28	9,714.28	9,714.28	9,714.28	9,714.28	9,714.28
Sub total	9,714.28	9,714.28	9,714.28	9,714.28	9,714.28	9,714.28	9,714.28
5. Renta de la tierra	96,000.00	96,000.00	96,000.00	96,000.00	96,000.00	96,000.00	96,000.00
<b>TOTAL COSTOS DE PLANTACIÓN</b>	<b>409,509.23</b>	<b>146,904.23</b>	<b>117,674.23</b>	<b>117,674.23</b>	<b>117,674.23</b>	<b>117,674.23</b>	<b>960,634.18</b>

1. El estudio edafológico considera los análisis de suelos, cuyo costo unitario realizado por el laboratorio de la UACH es de \$ 373.00 cada uno.

2. Corresponde a la viabilidad técnica - económica del proyecto, con base a la información del entorno donde se realizará la plantación.

3. Lleva implícito la gestión de la autorización para el establecimiento de la plantación.

4. Los costos estimados para la zona, con base al tipo de suelo, se obtuvieron por información de tractoristas de la zona, los cuales consideran un promedio de 2 horas ha<sup>-1</sup> para la arada y de 1 hora ha<sup>-1</sup> para la labor de rastrillada.

5. Se estima un valor de 7 jornales por Ha para la plantación; no se realiza replantación.

6. Se efectúa antes y después de la plantación, con herbicidas ( glifosato ), a razón de 2 lt ha<sup>-1</sup>.

7. Se realizan 2 chapeos por ha año<sup>-1</sup>, durante los dos primeros años, hasta el cierre de copas.

8. La aplicación es de 100 Kg ha<sup>-1</sup> para el primer año y de 200 Kg ha<sup>-1</sup> para el segundo, distribuidos en dos aplicaciones.

9. Prodeplan estima un valor de \$ 817.00 por ha<sup>-1</sup> para un turno de 7 años.

10. Ver anexo 3.3 sobre costos de cercado y mantenimiento anual de cercas, por km lineal.

11. Fuente: SEMARNAP, División de prevención de Incendios Forestales.

12. Un corteño, con motosierra mediana, alcanza un promedio de 65 M<sup>3</sup> por día, en una plantación comercial con una pendiente del 2 %.

13. Para el arrastre y apile se considera que dos bestias y dos operarios pueden movilizar 17 M<sup>3</sup> / día.

## APÉNDICE 4 COSTOS DE PRODUCCIÓN PARA UN SISTEMA SILVOPASTORIL.

Apéndice 4.1 Costos de producción por la introducción de ganado de engorda dentro del sistema silvícola de plantación de Eucalipto.

CONCEPTO	Unidad	Cantidad	Valor Unidad	Valor Total
• Costos variables				
1. Alimentación				
1.1 Pastos <sup>1</sup>				
1.2 Sal común <sup>2</sup>	kg	240.0	1.70	408.00
Sub total				408.00
2. Medicamentos				
2.1 Vacunas				
2.1.1 Bacterina triple	Dosis	198	2.00	396.00
2.1.2 Derrienge	Dosis	198	1.74	344.50
2.2 Desparasitantes				
2.2.1 Internos <sup>3</sup>	lt	3	700.00	2,100.00
2.2.2 Externos <sup>4</sup>	lt	1.2	120.00	144.00
2.3 Otros medicamentos				
2.3.1 Azul de etilo	lt	1	150.00	150.00
2.3.2 Ungüentos	Unidad	2	45.00	90.00
2.3.3 Emicina	lt	2	360.00	720.00
2.3.4 Tonofosfan	lt	3	840.00	2,520.00
Sub total				6,464.50
Total costos variables				6,872.50

1. En este caso se asume que el pasto no tiene ningún valor económico. Se asume una capacidad de carga de 1 UG por ha.

2. El consumo promedio de 1 UG es de 0.480 Kg / mes.

3. Se realiza una desparasitada al introducirse los animales.

4. Los baños se realizan cada mes

Continuación Apéndice 4.1

CONCEPTO	Unidad	Cantidad	Valor Unidad	Valor Total
• Costos fijos				
1. Mano de obra				
1.1 Administrador <sup>1</sup>	Mensualidad	7	1,350.00	9,450.00
1.2 Vaquero <sup>1</sup>	Mensualidad	7	900.00	6,300.00
Sub total				15,750.00
2. Costo de construcciones				
2.1 Corral rústico	Unidad	1	10,000.00	10,000.00
2.2 Construcción de cercas <sup>2</sup>	km	4	7,135.00	28,540.00
2.3 Manten. anual cercas <sup>2</sup>	km	4	300.00	1,200.00
2.4 Bebederos	Unidad	5	5,500.00	27,500.00
2. 5 Saladeros	Unidad	6	300.00	1,800.00
Sub total				69,040.00
3. Costo animales <sup>3</sup>	Unidad	198	1,800.00	356,400.00
Total costos variables				441,190.00
Total costos				448,062.50

1. La labor de el administrador y el vaquero esta supeditada al período de duración de la introducción de los animales, el cual es de 6 meses.

2. Se asume un costo igual al de la construcción de la cerca para la plantación.

3. Corresponde a un macho, castrado, de 180 kg de peso, cuyo costo dentro de la zona es de \$ 10.00 por Kg.