

**CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA  
PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACION  
ESCUELA DE POSGRADUADOS**

**EVALUACION DE TIERRAS PARA LA IMPLEMENTACION DE UN  
SISTEMA DE GANADERIA SEMIESTABULADA EN LA SUBCUENCA  
GUAYABO DEL RIO REVENTAZON, COSTA RICA**

**POR**

**FRIDA YOLANDA MONZON STROSKY**

**CATIE**

**Turrialba, Costa Rica  
2004**

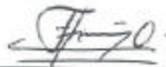
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del Estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

**MAGISTER SCIENTIAE**

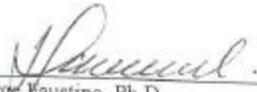
**FIRMANTES:**



José Arze, Ph.D.  
Consejero Principal.



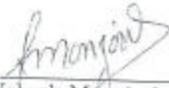
Francisco Jiménez, Dr.Sc.  
Miembro Comité Consejero



Jorge Faustino, Ph.D.  
Miembro Comité Consejero



Glenn Galloway, Ph.D.  
Director Programa de Educación y  
Decano de la Escuela de Posgrado



Frida Yolanda Monzón Strosky  
Candidata

**Con todo mi amor para mi mami querida 🍷**

## **DEDICATORIA**

A Dios Todopoderoso y a la Virgen María, por toda la fuerza y sabiduría que me han brindado en estos años para lograr una meta más en mi vida.

A mi esposo José Ricardo, por todo su amor y apoyo incondicional, sin los cuales yo no sería quien soy.

A mis padres por todo su amor y la ayuda que me brindaron en estos años, pues este triunfo también es de ellos.

A mi Paola preciosa, por ser la fuerza de amor que me impulsa y alegra cada día de mi vida.

## AGRADECIMIENTOS

A Don José Arze (Don Pepe), por su apoyo, colaboración, dedicación y sus invaluable enseñanzas.

Al Dr. Francisco Jiménez por su tiempo, ayuda y comprensión.

Al Dr. Jorge Faustino y Dr. Raúl Moreno por su colaboración

Al personal de UMCRE/ICE por toda su colaboración en la obtención de la información para la elaboración de esta investigación, en especial a Gustavo Calvo y Eddie.

Al DAAD por su apoyo financiero y en especial a la Sra. Nedy Zamora por su confianza.

Al personal de la Escuela de Posgrado, quienes desde antes de nuestra llegada nos brindaron una mano amiga y apoyo en todo momento.

Al personal de la Biblioteca Orton por su ayuda incondicional.

A todos mis amigos y en especial a los amigos de mi hija Paola, por habernos hecho vivir en CATIE momento inolvidables.

## **BIOGRAFIA**

La autora nació el 22 de Octubre de 1973 en la ciudad de San Salvador, El Salvador.

En 1980 ingresa en el Colegio Guadalupano en donde en 1991 obtiene el título de “Bachiller Físico-Matemático”.

En 1992 ingresa a la Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas” de El Salvador, de donde se gradúa de la facultad de Ingeniería con el título de “Licenciada en Química Agrícola”.

En 1998 forma parte del Departamento de Ciencias Naturales de la Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas” donde labora como analista del Laboratorio de Servicios de Química Agrícola. En el año 2000 es Catedrática de las materias Química Analítica II y Química Analítica III y en el 2001 es Encargada del Laboratorio de Aguas y Suelos de los Laboratorios de Servicios de Química Agrícola.

En enero de 2002 ingresa al programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical para la Investigación y la Enseñanza (CATIE), con el apoyo financiero del DAAD, donde obtiene el grado de Magíster Scientae en Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas.

# INDICE DE CONTENIDOS

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>IV</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>V</b>
<b>BIOGRAFIA .....</b>	<b>VI</b>
<b>INDICE DE CONTENIDOS .....</b>	<b>VII</b>
<b>INDICE DE CUADROS .....</b>	<b>X</b>
<b>INDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>XII</b>
<b>INDICE DE MAPAS .....</b>	<b>XIII</b>
<b>INDICE DE ANEXOS .....</b>	<b>XIV</b>
<b>SIGLAS Y ABREVIATURAS .....</b>	<b>XV</b>
<b>SUMMARY.....</b>	<b>XVI</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>XVIII</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS .....</b>	<b>5</b>
? <b>OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>5</b>
? <b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>5</b>
<b>III. HIPOTESIS .....</b>	<b>6</b>
<b>IV. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>7</b>
<b>4.1 EVALUACION DE TIERRAS .....</b>	<b>7</b>
<b>4.2 METODOS DE EVALUACION DE TIERRAS .....</b>	<b>10</b>
4.2.1 El sistema USDA .....	10
4.2.2 Sistema del Centro Científico Tropical (CCT).....	11
4.2.3 Sistema de la FAO .....	11
<b>4.3 EL PROGRAMA ALES (AUTOMATED LAND EVALUATION SYSTEM) .....</b>	<b>14</b>
4.3.1 Generalidades .....	14
4.3.2 Características del ALES .....	16
4.3.3 Método de la Evaluación .....	18
4.3.4 Conceptos básicos del Sistema Automatizado de Evaluación de Tierras ALES. ....	19
4.3.5 Sistemas expertos.....	22
4.3.6 Árboles de decisión .....	24
4.3.7 Sistemas de Información Geográfica.....	25
<b>4.4 GANADERIA .....</b>	<b>27</b>
4.4.1 Generalidades .....	27
4.4.2 Pastos y forrajes .....	27
4.4.3 Sistemas de pastoreo.....	30

<b>4.5 CALIDAD DE AGUA</b> .....	<b>33</b>
4.5.1 Generalidades .....	33
4.5.2 Calidad de agua en las Cuencas y Ganadería .....	35
<b>V. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>38</b>
<b>5.1 ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	<b>38</b>
5.1.1 Ubicación de la zona .....	38
5.1.2 Descripción de la zona .....	40
<b>5.1.2.1 Características Biofísicas</b> .....	<b>40</b>
a. Clima .....	40
b. Hidrología .....	40
c. Geología .....	41
d. Geomorfología y Erosión .....	41
e. Suelos (uso actual, capacidad de uso, divergencias de uso) .....	41
f. Forestal .....	42
<b>5.1.2.2 Características Sociales</b> .....	<b>43</b>
a. Aspectos Sociales .....	43
b. Producción Agropecuaria .....	44
<b>5.1.2.3 Aspectos Ambientales</b> .....	<b>44</b>
a. Impactos Ambientales .....	44
b. Calidad de Agua .....	45
<b>5.2 MATERIALES</b> .....	<b>46</b>
<b>5.3 ETAPAS METODOLOGICAS</b> .....	<b>47</b>
5.3.1 Selección del área .....	47
5.3.2 Selección del método de Evaluación .....	47
5.3.3 Unidades de mapeo .....	48
5.3.4. Selección de los tipos de uso de tierra (TUT) .....	49
? <b>Sorgo Forrajero</b> .....	50
? <b>Pasto King Grass</b> .....	51
? <b>Pasto Kikuyo</b> .....	52
? <b>Pasto Estrella Africana</b> .....	53
? <b>Morera</b> .....	54
? <b>Sauco</b> .....	55
5.3.5 Definición de las Características de la Tierra (CaT) .....	57
<b>Factores climáticos, Clima:</b> .....	58
<b>Factores edáficos, Edáfico:</b> .....	59
5.3.6 Definición de los Requisitos de Uso de la Tierra (RUT) y de las Cualidades de la Tierra (CuT) .....	59
<b>Requisitos de crecimiento:</b> .....	60
<b>Requisito de Manejo:</b> .....	61
<b>Requisito de conservación:</b> .....	61
5.3.7 Sistemas expertos .....	62
<b>Árboles de decisión</b> .....	62
<b>Factores limitantes</b> .....	63
<b>Factores del rendimiento proporcional</b> .....	63
5.3.8 Construcción de los modelos .....	64
5.3.9 Evaluación física y Evaluación Económica .....	64
5.3.10 Sistema de Información Geográfica .....	66
<b>VI. RESULTADOS Y DISCUSION</b> .....	<b>67</b>
<b>6.1 UNIDADES DE MAPEO</b> .....	<b>67</b>
6.1.1 Generación de mapas .....	67
<b>Mapa de precipitación</b> .....	67
<b>Mapa de altitud</b> .....	69
<b>Mapa de pendiente</b> .....	70
6.1.2 Obtención unidades de mapeo .....	71
6.1.3 Características de unidades de mapeo .....	74
<b>6.2 EVALUACIONES</b> .....	<b>75</b>

6.2.1 Capacidad de uso y Uso actual de la zona .....	75
6.2.2 Aptitud física y económica por Tipo de Uso de la Tierra .....	77
<b>6.2.2.1 Construcción de modelos</b> .....	77
6.2.2.2 Tipos de Uso de la Tierra.....	78
? <b>Sorgo Forrajero</b> .....	78
? <b>King Grass</b> .....	86
<b>Comparaciones entre pasto de corte:</b> .....	94
? <b>Kikuyo</b> .....	96
? <b>Estrella Africana</b> .....	104
<b>Comparaciones entre pastos de piso</b> .....	112
? <b>Morera</b> .....	114
? <b>Sauco</b> .....	122
<b>Comparaciones entre forrajes</b> .....	130
6.2.3 Comparaciones de aptitud física y económica para los cultivos.....	132
? <b>Aptitud física</b> .....	132
? <b>Aptitud económica</b> .....	139
<b>VIII. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>146</b>
<b>IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICA</b> .....	<b>147</b>
<b>X. ANEXOS</b> .....	<b>155</b>

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Nombre</b>	<b>Página</b>
Cuadro 4.1	Uso de la tierra en Costa Rica	36
Cuadro 5.1	Cuadro resumen de requerimientos de cada uno de los Tipos de Usos de la Tierra	56
Cuadro 5.2	Cuadro de relación de los Requisitos de Uso de la Tierra con sus características involucradas	60
Cuadro 5.3	Niveles de Requisitos de Uso de la Tierra	61
Cuadro 5.4	Clases de aptitud de la tierra y su descripción	65
Cuadro 6.1	Unidades de mapeo y áreas respectivas	73
Cuadro 6.2	Características de la tierra de las unidades de mapeo	74
Cuadro 6.3	Resultado de aptitud física para Sorgo Forrajero	78
Cuadro 6.4	Clases de aptitud física y área para Sorgo Forrajero	79
Cuadro 6.5	Rendimiento proporcional y real para el Sorgo Forrajero	82
Cuadro 6.6	Rendimiento proporcional y área para el Sorgo Forrajero	83
Cuadro 6.7	Relación beneficio/costo y margen bruto para Sorgo Forrajero	84
Cuadro 6.8	Resultado de la evaluación física para el King Grass	86
Cuadro 6.9	Clases de aptitud física y área para King Grass	87
Cuadro 6.10	Rendimiento proporcional y rendimiento real para King Grass	90
Cuadro 6.11	Rendimiento proporcional y área para King Grass	91
Cuadro 6.12	Relación beneficio/costo y margen bruto para King Grass	92
Cuadro 6.13	Resultado de la evaluación física para Kikuyo	96
Cuadro 6.14	Clases de aptitud física y área para Kikuyo	97
Cuadro 6.15	Rendimiento proporcional y real para Kikuyo	100
Cuadro 6.16	Rendimiento proporcional y área para Kikuyo	101
Cuadro 6.17	Relación beneficio/costo y margen bruto para Kikuyo	102
Cuadro 6.18	Resultado de la evaluación física para Estrella Africana	104

Cuadro 6.19	Clases de aptitud física y área para Estrella Africana	105
Cuadro 6.20	Rendimiento proporcional y real para Estrella Africana	108
Cuadro 6.21	Rendimiento proporcional y área para Estrella Africana	109
Cuadro 6.22	Relación beneficio/costo y margen bruto para Estrella Africana	110
Cuadro 6.23	Resultado de la evaluación física para Morera	114
Cuadro 6.24	Clases de aptitud física y área para Morera	115
Cuadro 6.25	Rendimiento proporcional y real para Morera	118
Cuadro 6.26	Rendimiento proporcional y área para Morera	119
Cuadro 6.27	Relación beneficio/costo y margen bruto para Morera	120
Cuadro 6.28	Resultado de la evaluación física para Sauco	122
Cuadro 6.29	Clases de aptitud física y área para Sauco	123
Cuadro 6.30	Rendimiento proporcional y real para Sauco	126
Cuadro 6.31	Rendimiento proporcional y área para Sauco	127
Cuadro 6.32	Relación beneficio/costo y margen bruto para Sauco	128
Cuadro 6.33	Cuadro resumen de aptitud física de todos los TUT	132
Cuadro 6.34	Cuadro resumen de rendimiento real no normalizado de cada TUT	136
Cuadro 6.35	Aprovechamiento del alimento para el ganado	138
Cuadro 6.36	Resumen de la relación beneficio/costo para cada TUT	139
Cuadro 6.37	Resumen de margen bruto no normalizado para cada TUT	142

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Nombre</b>	<b>Página</b>
Figura 5.1	Ubicación geográfica de la cuenca del río Reventazón	38
Figura 5.2	Ubicación geográfica de la subcuenca del río Guayabo	39
Figura 6.1	Capacidad de uso de la tierra de la subcuenca Guayabo	75
Figura 6.2	Uso de la tierra actual de la subcuenca Guayabo	76
Figura 6.3	Clase de aptitud física para Sorgo Forrajero	79
Figura 6.4	Rendimiento proporcional para Sorgo Forrajero	83
Figura 6.5	Clase de aptitud física para King Grass	87
Figura 6.6	Rendimiento proporcional para King Grass	91
Figura 6.7	Clase de aptitud física para pastos de corte	94
Figura 6.8	Rendimiento proporcional para pastos de corte	95
Figura 6.9	Clase de aptitud física para Kikuyo	97
Figura 6.10	Rendimiento proporcional para Kikuyo	101
Figura 6.11	Clase de aptitud física para Estrella Africana	105
Figura 6.12	Rendimiento proporcional para Estrella Africana	109
Figura 6.13	Clase de aptitud física para pastos de piso	112
Figura 6.14	Rendimiento proporcional para pastos de piso	113
Figura 6.15	Clase de aptitud física para Morera	115
Figura 6.16	Rendimiento proporcional para Morera	119
Figura 6.17	Clase de aptitud física para Sauco	123
Figura 6.18	Rendimiento proporcional para Sauco	127
Figura 6.19	Clase de aptitud física para forrajes	130
Figura 6.20	Rendimiento proporcional para forrajes	131
Figura 6.21	Comparación de aptitud física para los pastos y forrajes	133
Figura 6.22	Comparación de rendimiento proporcional para los pastos y forrajes	140

## INDICE DE MAPAS

<b>Mapa</b>	<b>Nombre</b>	<b>Página</b>
Mapa 6.1	Mapa de precipitación de la subcuenca Guayabo	68
Mapa 6.2	Mapa de altitud de la subcuenca Guayabo	70
Mapa 6.3	Mapa de pendiente de la subcuenca Guayabo	71
Mapa 6.4	Mapa de unidades de mapeo identificadas	72
Mapa 6.5	Aptitud física para Sorgo forrajero	81
Mapa 6.6	Aptitud física para King grass	89
Mapa 6.7	Aptitud física para Kikuyo	99
Mapa 6.8	Aptitud física para Estrella Africana	107
Mapa 6.9	Aptitud física para Morera	117
Mapa 6.10	Aptitud física para Sauco	125

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo</b>	<b>Nombre</b>	<b>Página</b>
Anexo 1	Identificación de fincas pertenecientes al proyecto del establecimiento de Ganadería Semiestabulada del ICE	156
Anexo 2	Localización de las fincas ganaderas pertenecientes al proyecto de ganadería Semiestabulada del ICE, dentro de la subcuenca del río Guayabo.	157

## SIGLAS Y ABREVIATURAS

ALES	Sistema Automatizado de Evaluación de Tierras
CaT	Características de la tierra
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CCT	Centro Científico Tropical
CuT	Cualidades de la tierra
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación
ICE	Instituto Costarricense de Electricidad
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
RUT	Requisito de uso de la tierra
SIG	Sistema de Información Geográfica
TUT	Tipo de uso de la tierra
UMCRE	Unidad de Manejo de la Cuenca del Río Reventazón
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos

## SUMMARY

**Monzón Strosky, F.** 2004. Land evaluation prior to the implementation of a partially- stabled cattle breeding system in the Guayabo watershed of the Reventazón river, Costa Rica. MSc. Thesis, Turrialba. CR, CATIE. 159 p.

**Keywords:** Dried fodder cultivation, Economic aptitude, Forage, Green grass, Guayabo watershed, Land Evaluation, Partially stabled cattle breeding, Physical aptitude.

This is a study on land evaluation prior to the implementation of a partially- stabled cattle breeding system in the Guayabo watershed. The study's goal is to determine the cattle production potential in the area by identifying the features of cartographic units related to cattle breeding, by establishing the requirements for the use of the land for purposes of cattle breeding, and by studying the physical and economic aptitude of the land at the Guayabo watershed.

The study methodology is basically the assessment of six uses of the land in 26 mapping units identified in the area. The assessment was done with an ALES (Automated Land Evaluation System) program, which matches the requirements for different cultivations (uses) with the land conditions (qualities) in order to provide an approximate estimate of the cultivation behavior; that is, it evaluates the land's physical and economic aptitude.

The results show that the Guayabo watershed has land with potential for the establishment of partially stabled cattle breeding because it shows physical and economic aptitude for most of the cultivations, except for the cartographic units located in the highest parts of the watershed (mapping units 1 and 2). Forage sorghum (*sorghum alnum*) and King Grass (*pennisetum purpureum*) are the cultivations with the best physical aptitude for mid-height to low-height lands (starting from mapping unit 6 on). The green grass types studied, Kikuyo (*pennisetum clandestinum*) and African Star (*Cynodom nlenfuensis*) show similar adaptability to that of the ones mentioned above, from mid-height to low-height lands (from mapping unit 6 on), although they show high to moderate aptitude. On the other hand cultivations for dried fodder show variability in terms of aptitude. For instance, White Mulberry (*Morus Alba*)

seems to grow best in mid-low to low lands (mapping units 9 on), and Elderberry (*Sambucus canadensis*) is good from the highest part to the beginning of the lowest part (mapping units 1 to 19).

Regarding the economic evaluation of the land, the study shows that the Guayabo watershed land is not good for forage sorghum (*Sorghum alnum*) or for African Star (*Cynodon nlemfuensis*) because the benefit-cost relationship is smaller than 1, which means that costs would be higher than benefits. On the contrary, the land is economically suitable for the other 4 cultivations. King Grass (*Pennisetum purpureum*) is the one with the best economic aptitude. It is from the mid-low part of the area (from mapping unit 9 on) where most mapping units show that the land is good for all cultivations. The most variable characteristics of the area that limit the land aptitude the most are elevation and temperature.

## RESUMEN

**Monzón Strosky, F.** 2004. Evaluación de tierras para la implementación de un sistema de ganadería semiestabulada en la subcuenca Guayabo del río Reventazón, Costa Rica. Tesis MSc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 159 p.

**Palabras claves:** Evaluación de tierras, ALES, Ganadería semiestabulada, Aptitud física, Aptitud económica, Pastos de piso, Pastos de corte, Forrajes.

El presente trabajo sobre la Evaluación de tierras para la implementación de un sistema de ganadería semiestabulado en la subcuenca del río Guayabo, pretende como objetivo específico establecer el potencial de producción de ganadería semiestabulada en las tierras en esa zona por medio de la identificación de las características de unidades cartográficas asociadas a la producción ganadera, estableciendo los requisitos de uso de la tierra de los sistemas de producción relacionada con producción ganadera y conociendo la aptitud física y económica de las tierras de la subcuenca del río Guayabo.

La metodología básica comprende la evaluación de seis usos de la tierra en 26 unidades de mapeo identificadas dentro de la zona, cada una con características físicas climáticas diferentes. La Evaluación se realiza por medio del programa ALES (Automated Land Evaluation System), el cual realiza una confrontación de los requisitos de los cultivos específicos (usos), con las condiciones de la tierra (cualidades) para dar una predicción aproximada del comportamiento de los cultivos, es decir, evalúa la tierra por aptitud física y económica.

Los resultados obtenidos indican que la subcuenca del río Guayabo posee tierras con potencial para el establecimiento de ganadería semiestabulada demostrando aptitud física y económica para la mayoría de los cultivos, con excepción de las unidades de mapeo que se encuentran en la parte más alta de la subcuenca (unidades de mapeo 1 y 2). Son los pastos de corte Sorgo Forrajero (*Sorghum alnum*) y King Grass (*Pennisetum purpureum*) los que presentan mayor alta aptitud física en las tierras que se encuentran en la parte media alta a la baja de la subcuenca (a partir de la unidad de mapeo número 6). Los pastos de piso en

estudio, Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y Estrella Africana (*Cynodon nlenfuensis*) presentan su mejor adaptabilidad de igual forma que los pastos anteriores, desde la parte media alta hacia la baja de la subcuenca (a partir de la unidad de mapeo 6 en adelante), pero presentan aptitud alta y moderada. En cambio los forrajes presentan variabilidad en su aptitud pues la Morera (*Morus alba*) demuestra ser más apto en las tierras que se encuentran en la parte baja alta de la subcuenca (a partir de la unidad de mapeo número 9) y el Sauco (*Sambucus canadienses*) lo es desde la parte más alta hasta la zona media baja de la subcuenca (de la unidad de mapeo 1 a la 19). Por el lado de la evaluación económica las tierras de la subcuenca Guayabo no son aptas económicamente para Sorgo Forrajero (*Sorghum alnum*) ni para Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*) pues la relación beneficio/costo obtenida es menor que uno, indicando que los costos son mayores que los ingresos. Por el contrario las tierras de las subcuenca Guayabo si son económicamente aptas para los otros cuatro cultivos en estudio, siendo el King grass (*Pennisetum purpureum*) el que presenta mayor rentabilidad en la subcuenca. Es a partir de la unidad nueve se presenta el mayor número de unidades de mapeo que poseen tierras aptas para todos de los cultivos. Las características más variables dentro de la zona y que limitan más la aptitud de las tierras a los cultivos son la elevación y la temperatura.

# I. INTRODUCCIÓN

La población centroamericana se acerca actualmente a los 36 millones de habitantes. Su tasa de crecimiento (3.5% anual) es una de las más altas del continente americano. Los problemas socioeconómicos y ambientales son similares en todos los países del Istmo, como similar es su aspiración de erradicar la pobreza, proteger el medio ambiente e impulsar el crecimiento económico.

Conforme ha ocurrido el aumento de la población humana, ha sido necesario intensificar la explotación agrícola y ganadera, para satisfacer las necesidades alimentarias, de tal manera que los bosques con toda la biodiversidad que albergan, han ido cediendo espacios para incrementar las áreas dedicadas a cultivos. La intensificación de prácticas sin planificación ni control ha generado un desequilibrio ecológico tal, que hoy día nos encontramos ante una grave destrucción de los recursos naturales, con enormes repercusiones socioeconómicas. Entre los problemas suscitados se trata el impacto sobre el suelo, así como diferentes métodos para reducir su degradación y deterioro de la calidad de las aguas de las diferentes cuencas hidrográficas.

El estado actual de deterioro y degradación de las cuencas hidrográficas en Centroamérica, como consecuencia de prácticas inapropiadas del uso de la tierra, tala de bosques, expansión de la actividad ganadera, agricultura de ladera, agricultura migratoria, sumado a los problemas socioeconómicos prevalecientes; es considerado como crítico para la mayoría de las cuencas de todos los países, con excepción de Belice.

La cuenca hidrográfica es un área topográficamente delineada, drenada por un sistema de ríos o arroyos que permite ser usada y descrita como unidad físico-biológica, socioeconómica o sociopolítica para planear e implementar actividades de manejo de los recursos. Por sus límites naturales, la evaluación de los recursos y el manejo adecuado tiene mejores posibilidades de seguimiento y monitoreo; sin embargo, las prácticas de aprovechamiento, el

uso inadecuado de la tierra o el mal manejo de las actividades de la población, tienen efectos negativos en los ríos, aguas abajo de las poblaciones y en el ambiente. Estas prácticas inadecuadas, crean problemas en la calidad del agua, provocando contaminación en los ríos con sedimentos y elementos tóxicos siendo cada vez más limitado su aprovechamiento. En este sentido, es necesario valorar la vocación de la cuenca y ponderar los niveles y procesos de degradación, para determinar el tipo de intervención.

En Costa Rica una de las cuencas más importantes es la cuenca del río Reventazón, la cual se encuentra en la vertiente Atlántica, perpendicular a la cordillera de Talamanca. Esta cuenca hasta su salida al mar Caribe, ocupa un área de 2,950 kilómetros cuadrados, ubicada en su mayoría en la Provincia de Cartago, posee una de las zonas agrícolas más fértiles de Costa Rica.

Esta cuenca se encuentra actualmente dentro de un Plan de Manejo Integrado de el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), el cual, es el punto culminante de una larga serie de acciones de protección del medio ambiente dentro de un marco de desarrollo sostenible. La cuenca contribuye actualmente con el 25% a la capacidad eléctrica del país con varios proyectos hidroeléctricos en funcionamiento.

El plan de manejo persigue los siguientes objetivos:

- ✍ Mantener la cantidad, calidad y continuidad del recurso hídrico en beneficio de las plantas hidroeléctricas existentes y futuras, con el propósito de regularizar el régimen hídrico y aumentar la vida útil de la infraestructura física, especialmente de los embalses.
- ✍ Mejorar la situación económica y social de la población residente, incrementando la productividad de los recursos naturales renovables, generando empleo local por medio de sistemas y tecnologías apropiadas de producción, de tipo conservacionista.

Además de la generación hidroeléctrica, la cuenca alta del río Reventazón se caracteriza por otros dos usos prioritarios. En el área sur se encuentra una serie de zonas protegidas, como parques nacionales y reservas naturales, las cuales aseguran una cobertura de bosques

adecuada para la protección del recurso hídrico en la zona. El área norte se destaca por su producción agropecuaria, por ejemplo en ella se produce el 85% de la papa y cebolla del país, así como el 30% de la leche y carne a escala nacional, la mayor parte de la producción hortícola del país se produce en esta zona (UMCRE: Unidad de Manejo de la Cuenca del río Reventazón).

La cuenca del Reventazón esta compuesta por 11: subcuencas: Río Aguacaliente-Reventado, Río Paez-Birrisito, Río Birris, Río Chiz-Maravilla, Río Turrialba, Río Guayabo, Río Navarro, Río Grande de Orosi, Río Pejibaye, Río Atirro y Río Tuis

La subcuenca del Río Guayabo es la más pequeña de la cuenca del Reventazón con una extensión de 40.09 Km<sup>2</sup> y está ocupada por varias poblaciones rurales ubicadas al norte y noroeste de la ciudad de Turrialba, siendo las principales Santa Cruz y San Antonio. La subcuenca se ubica a una elevación de entre 800 y 2700 msnm y la parte mas bajas en la confluencia del río Guayabo con el río Reventazón, está a 420 msnm (UMCRE: Unidad de Manejo de la Cuenca del río Reventazón).

Esta subcuenca es de gran importancia en el plan de Manejo de la Cuenca del Reventazón, considerada como área prioritaria especialmente por su uso actual eminentemente agropecuario con una mayor incidencia en la producción de pastos para ganadería de leche y de doble propósito. En esta subcuenca, un 20.2% de las tierras tienen capacidad de uso agrícola, y un 20.8% son de capacidad para cultivos perennes o reforestación comercial. El 58.9% restante esta destinado a regeneración natural, protección y áreas protegidas. En cuanto al uso actual un 19% de las tierras se encuentran bajo bosque y charrales, pero un 62% están bajo pastos. Los cultivos perennes cubren un 9% de la subcuenca y los anuales sólo un 7% (UMCRE: Unidad de Manejo de la Cuenca del río Reventazón).

El impacto de la alteración de la calidad del agua superficial en la subcuenca Guayabo, es adverso y moderado, ocasionado por el uso de pesticidas y fertilizantes en cafetales y la actividad lechera (pastos), también por las lecherías y chancheras en la zona alta.

La extensa actividad ganadera, que en su mayoría se encuentra en la parte media de la zona (aproximadamente de 800 a 1,200 msnm), considerada en su mayoría de pastoreo tradicional, causa en la subcuenca problemas de contaminación de agua por sedimentación y disminución de la infiltración, este último causado por la compactación del suelo por el ganado.

La disminución cotidiana de la producción agropecuaria y la pérdida de calidad del recurso hídrico debido al creciente deterioro en algunos sitios, son el problema más severo y evidencia la necesidad de planificar el uso de la tierra. Integrando información biológica, socioeconómica y ambiental se espera fortalecer la toma de decisiones y evitar criterios ligeros a la hora de proponer usos de la tierra.

El manejo del uso de la tierra es una actividad que tiene como meta la determinación, el establecimiento y el mantenimiento de una combinación de sistemas de usos de la tierra hasta un potencial sostenible, el cual está determinado por un proceso más o menos cíclico de evaluación y definición de factores y procesos contribuyentes en un contexto físico, biológico, social (político) y económico.

Ante esta problemática es necesario realizar una evaluación del uso de la tierra para la implementación de un sistema de ganadería semiestabulado, que permita disminuir los problemas de contaminación de las fuentes de agua, incrementar la infiltración y a la vez mejorar los ingresos de los productores ganaderos de la zona.

## II. OBJETIVOS

### ?? *Objetivo General*

Establecer el potencial de producción de ganadería semiestabulada en las tierras de la subcuenca del Río Guayabo.

### ?? *Objetivos específicos*

1. Identificar las características de unidades cartográficas asociadas a la producción ganadera.
2. Establecer los requisitos de uso de la tierra de los sistemas de producción relacionada con producción ganadera.
3. Conocer la aptitud física y económica de las tierras de la subcuenca del río Guayabo.

### **III. HIPOTESIS**

1. Las unidades cartográficas asociadas a la producción de ganadería semiestabulada en la subcuenca Guayabo no poseen características en común.
2. Los requisitos de uso de la tierra en los sistemas de producción relacionados a la producción ganadera en la zona de la subcuenca Guayabo son similares.
3. La aptitud física y económica de los sistemas de producción ganadera no son diferentes.

## **IV. REVISIÓN DE LITERATURA**

### ***4.1 EVALUACION DE TIERRAS***

Existen solamente tres usos principales básicos de la tierra: agrícola, pastura y bosques. Estos no siempre pueden delimitarse de un modo preciso, a causa de las combinaciones de la agricultura y la ganadería o del uso parcial del bosque como zonas de pastoreo. Sin embargo, siempre es posible separar todas las tierras en tres categorías según su uso principal (Holdridge, 2000).

La actividad clave para una planificación del uso de la tierra en una región es la evaluación de tierras y su uso. Se puede definir 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 usos probables de la tierra y compararlos con el rendimiento estimado de su aplicación sostenible (Richters, 1995).

También puede definirse como la valoración de la explotación de la tierra cuando se utiliza con propósitos específicos. De esta manera, presenta un fundamento racional para tomar decisiones relativas al uso de la tierra basadas en análisis de relaciones entre la utilización de la tierra y la tierra misma, con estimaciones de los insumos necesarios y de la producción proyectada (FAO, 1985).

El proceso de planificación tendiente al desarrollo de sistemas agropecuarios sostenible requiere de un adecuado inventario de los recursos del suelo y clima que, en forma integral, pueden combinarse para establecer un sistema de capacidad de uso de las tierras (Cubero, 2001).

Es conveniente distinguir entre evaluación y clasificación de tierras. La clasificación tiene una vigencia temporal limitada, es relativamente estática en el tiempo y su propósito es de ordenar

por clases o categorías. La clasificación más general de tierras es la clasificación geográfica; en esta se toma en cuenta todos los parámetros estables y menos estables, describiendo en conjunto las características básicas de la tierra en cuestión. La evaluación de tierras por el contrario asigna y calcula valores a la tierra dentro de una connotación de aptitud física y económica (Celada, 1993).

Los objetivos para la actividad de evaluación son:

- La valoración neutral o positiva de las tierras, en el sentido amplio del catastro o en sentido específico del valor ambiental para la producción de ciertos cultivos
- La protección y recuperación de tierras frágiles, como primera orientación hacia una acción al respecto
- La implementación de usos deseados (Richters, 1995).

En el proceso de evaluación, cada una de las unidades de mapeo son confrontadas con los modelos de conocimiento y se producen varias matrices de resultados para las unidades de mapeo evaluadas con los tipos de utilización de la tierra seleccionados. Las respuestas de la evaluación están referidas a: rendimiento, aptitud física, aptitud económica, requisito de uso, ingresos, costos, margen bruto y valor presente neto (Arze, 1993a).

La evaluación de tierras puede referirse a su producción actual. Sin embargo, con frecuencia, una evaluación supone cambio y busca también estimar sus efectos. Estos cambios se dan en el uso de las tierras y, en algunos casos, constituyen alteraciones mayores de las tierras mismas. Es una evaluación de carácter amplio, la cual se refiere no solamente al suelo sino a las tierras en general, se toma en consideración la economía de las empresas, las consecuencias sociales para la población de la zona del país en cuestión y las consecuencias para el ambiente. La evaluación debe dar respuestas a interrogantes como:

- De qué manera se manejan actualmente las tierras y qué sucederá si no se modifican las prácticas actuales?
- En el contexto de su utilización actual, cuáles mejoras podrían introducirse en las prácticas de manejo de tierras?

- Cuáles otros usos de las tierras son físicamente posibles y económica y socialmente oportunos?
- Cuáles de estos otros usos ofrecen posibilidades de una producción sostenible y, tal vez, de otros beneficios?
- Cuáles efectos negativos, físicos, económicos o sociales están asociados con cada uso?
- Cuáles insumos recurrentes son necesarios para alcanzar la producción deseada y reducir a un mínimo los efectos adversos?
- Cuáles son los beneficios de cada forma de uso? (Richters, 1995).

El proceso de evaluación no determina por sí mismo los cambios que se deberán adaptar en el uso de tierras, pero facilita datos con los que se puede llegar a estas decisiones. Normalmente, el resultado de una evaluación da información sobre dos o más formas potenciales de uso para cada zona de tierras, incluidas las consecuencias favorables o adversas (Richters, 1995).

La actividad de evaluación es parte de la planificación del uso de las tierras que se ejecuta en el contexto de un buen manejo. Análoga a la secuencia de consideraciones en una actividad de planificación, se presenta ahora una secuencia de actividades y decisiones con respecto a una evaluación del uso de las tierras:

1. Reconocimiento de la necesidad de un cambio
2. Identificación de los objetivos
3. Formulación de propuestas que supone otros usos posibles de las tierras y reconocimiento de sus requisitos principales
4. Reconocimiento y demarcación de las diferentes unidades de tierras presentes en la zona
5. Comparación y evaluación de cada unidad de tierras en cuanto a su aptitud para la aplicación sostenible de los usos propuestos
6. Selección del uso preferido para cada unidad de tierras
7. Diseño del proyecto, para lo cual muchas veces se requieren otros análisis detallados de aspectos relacionados con su implementación
8. Decisión de implementación

9. Implementación
10. Vigilancia de las operaciones
11. Evaluación posproyecto

## ***4.2 METODOS DE EVALUACION DE TIERRAS***

Algunos métodos de evaluación (del uso) de la tierra han sido propuestos y aplicados. Los más famosos internacionalmente son el sistema de la USDA (1961), el sistema del CCT (Centro Científico Tropical) y el de la FAO (1976). El sistema USDA y varios sistemas parecidos, como el de Sheng (Jamaica, 1975), el de Barrera (Filipinas, 1961) o el de Gil y Rosensaft (Israel, 1955) han sido diseñados con cierta necesidad específica en mente, por ejemplo, para conservación del suelo o para aplicar agricultura bajo riego, y han usado maneras muy adecuadas para clasificar la tierra y su uso más o menos hipotético, es ese respecto (Richters, 1995).

### ***4.2.1 El sistema USDA***

El sistema del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos fue desarrollado en el 1961 por Klingebel y Montgomery y tuvo como propósito ser un instrumento de clasificación para minimizar los procesos de erosión en el suelo. La clasificación de la capacidad de la tierra es una interpretación de los estudios de mapas de suelos hechos preliminarmente con propósitos agrícolas, basadas en los efectos combinados de aspectos climáticos, características permanentes del suelo, riesgo al deterioro y remoción del suelo, limitaciones de uso, capacidad productiva y requerimientos de manejo. Los tipos similares de suelo son agrupados dentro de mapas o unidades.

El sistema concibe ocho clases de capacidad de uso, partiendo de una primera clase óptima para efectos agrícolas y clases subsecuentes que incorporan progresivamente el riesgo al deterioro del suelo hasta llegar a la clase 8, que presenta serias limitaciones que impiden el crecimiento de todo tipo de plantas o cultivos.

La orientación fundamental de este sistema es hacia objetivos agrícolas en zonas templadas, con sistemas de labranza y subsidios propios de países desarrollados. Desde el punto de vista metodológico es un poco complicado y no incluye evaluación económica (Sharma citado por León Pérez, 1994).

#### ***4.2.2 Sistema del Centro Científico Tropical (CCT)***

Desarrollado para las condiciones de Costa Rica, está enfocado a determinar la capacidad de uso de las tierras acorde a sus propias condiciones y necesidades.

Supone una alta relación entre la capacidad de uso y el rendimiento, sin embargo no considera todos los aspectos socioeconómicos.

Esta metodología divide a la tierra en 10 clases y un total de 11 tablas distintas (zonas de vida), las cuales difieren entre sí principalmente en cuanto al número de clases y a los rangos de los valores numéricos de los parámetros. Cada clave consta de trece parámetros agrupados en factores climáticos, topográficos, edáficos y drenaje.

Para las condiciones físicas (edáficas) y climáticas “normales” el sistema tiene un orden jerárquico establecido, el cual acepta que la unidad de tierra pueda usarse en la actividad de la clase resultante o que también pueda utilizar esa tierra para las actividades de las clases inferiores a esta, pero no se debe usar para las actividades o grupo de plantas de las clases superiores a la misma. Este sistema pretende evitar el conflicto entre el sobreuso y subuso de la tierra (CCT, 1985).

#### ***4.2.3 Sistema de la FAO***

El sistema de la FAO ha sido innovativo en el sentido de que propone definir primero los usos probables y después evaluar las unidades de tierras en ese respecto.

Los principios del Sistema FAO y del Sistema USDA son compatibles en el sentido de que el sistema FAO provee un método bien documentado hacia la evaluación del uso de la tierra integrado en tanto que el Sistema USDA ha provisto maneras adecuadas de clasificación de la tierra (Richters, 1985).

En el enfoque de la FAO se distinguen los siguientes principios:

- a. La evaluación es de la tierra, no del suelo. Según la definición de tierra, se deben considerar todos los aspectos biofísicos y socioeconómicos.
- b. La aptitud de las tierras se evalúa y clasifica con respecto a clases de utilización. En este principio, se reconoce implícitamente el hecho de que las diferentes clases de uso de las tierras tienen exigencias también diversas.
- c. La evaluación exige una comparación de los beneficios obtenidos de los insumos necesarios en diferentes tipos de tierra. Las tierras por sí mismas, sin insumos, rara o ninguna vez poseen un potencial productivo.
- d. Se necesita lograr una solución multidisciplinaria. El proceso de evaluación exige aportaciones procedentes de los sectores de las ciencias naturales, tecnología y uso de las tierras, economía y sociología.
- e. La evaluación se hace en términos pertinentes al contexto físico, económico y social de la zona en cuestión.
- f. La evaluación supone la comparación de más de una clase de uso. Por lo menos se debe comparar las propuestas con la situación inalterada.

En este sistema se reconocen cuatro categorías de generalización:

#### 1. Ordenes de aptitud de las tierras

Son las que indican si una tierra se ha evaluado como apta para el uso objeto de estudio. Se divide en dos categorías:

- Orden A (Apta): tierra en que se espera obtener beneficios que justifiquen los insumos sin riesgos inaceptables de peligros para los recursos de tierras
- Orden N (No apta): tierras que poseen cualidades que parecen impedir un uso sostenido de la clase objeto de examen

#### 2. Clases de aptitud de las tierras

Las clases de aptitud de las tierras reflejan grados de adaptabilidad, y se enumeran en cifras arábigas en grado descendiente de adaptabilidad dentro de un orden. La cantidad de clases no

se especifica aunque generalmente se utilizan tres clases para una clasificación cualitativa, como sigue:

- Clase A1 (Altamente apta): sin limitaciones
- Clase A2 (Moderadamente apta): limitaciones moderadamente graves
- Clase A3 (Marginalmente apta): limitaciones graves, uso marginalmente justificado
- Clase N1 (No apto actualmente): limitaciones graves, pueden cambiar o modificarse
- Clase N2 (No apto permanentemente): limitaciones graves, con carácter permanente

### 3. Subclases de aptitud de las tierras

Las subclases de aptitud representan clases de limitaciones indicadas generalmente con letras minúsculas de sentido mnemotécnico, por ejemplo A3m, A2e, etc. Las limitaciones pueden ser carencia de humedad, riesgo de erosión, etc.

No hay limitaciones en la clase A1.

### 4. Unidades de aptitud de las tierras

Las unidades de aptitud son subdivisiones de una subclase. Todas las unidades dentro de una subclase tienen el mismo grado de aptitud a nivel de clase y características análogas de limitación a nivel de subclase. Las unidades difieren entre sí en sus características de producción o en aspectos secundarios de sus exigencias de ordenación (con frecuencia definible como diferencias de detalle en sus limitaciones). Su reconocimiento permite una interpretación detallada a nivel de planificación de la explotación (Ugalde Morales, 1995).

Un concepto muy importante definido en el enfoque de la FAO es el tipo de utilización de la tierra. Este lo define la FAO como una clase de uso de la tierra definida más detalladamente, de conformidad con una serie de especificaciones técnicas, en un determinado marco físico, económico y social.

Según la FAO, una vez descritos los tipos de utilización de la tierra, el paso siguiente es definir los requisitos de uso de la tierra para el éxito de estos tipos de utilización. Para esto se debe establecer para cada tipo de utilización de la tierra:

- Las mejores condiciones para empleo
- Las condiciones que no son las mejores, pero que siguen siendo aceptables
- Las condiciones que no son satisfactorias

Estos requisitos se pueden agrupar en tres:

- Requisitos de cultivo: los requisitos fisiológicos del cultivo: energía, temperatura, humedad, oxígeno, nutrientes disponibles, condiciones de enraizamiento, condiciones que afectan la germinación o el establecimiento de la planta, humedad relativa, condiciones para la maduración, riesgo de inundación, riesgos climáticos, toxicidad del suelo, plagas y enfermedades.
- Requisitos de ordenación: los requisitos relacionados con la tecnología de los sistemas de manejo: capacidad de laboreo del suelo, posibilidad de mecanización, condiciones que afectan el almacenamiento y la elaboración, condiciones que afectan el manejo temporal de la producción, acceso dentro de la unidad de producción, tamaño de las posibles unidades de manejo, ubicación.
- Requisito de conservación: los requisitos para evitar la erosión o degradación de suelos, riesgo de erosión, riesgo de degradación del suelo (FAO, 1985).

En el proceso de evaluación de tierras se confrontan los requisitos de uso de la tierra con las llamadas cualidades de terreno. A este proceso de connotación se le conoce como armonización. Las cualidades de la tierra están determinadas por la interacción de las características de la tierra (FAO, 1985).

### ***4.3 EL PROGRAMA ALES (Automated Land Evaluation System)***

#### ***4.3.1 Generalidades***

El sistema automatizado de evaluación de tierras (ALES), es un programa para ordenador (computadora) desarrollado en la Universidad de Cornell (USA); con la finalidad de asistir el

proceso de evaluación de tierras, basado en el esquema de la FAO (Rossiter citado por Arze, 1993a).

Permite al evaluador de tierras construir su propio sistema experto con el cual puede establecer la aptitud física y económica de unidades de tierra respecto a tipos de utilización establecidos (Rodas, 1996; Rossiter citado por Rodas 1996).

El ALES un esquema dentro del cual los evaluadores pueden expresar sus propios conocimientos locales. Las entidades evaluadas por el ALES son las unidades de mapeo, las cuales pueden definirse a escalas de reconocimiento o a escala de detalle, por ejemplo a nivel de finca. El modelo es construido de acuerdo a los objetivos y condiciones locales del área de estudio (Rodas, 1996).

La planificación del uso de la tierra, tiene como propósito básico asegurar que cada área de la misma sea usada de manera tal que provea el máximo beneficio social, incluyendo especialmente la producción de alimentos, sin la degradación de los recursos. Dicha planificación tiene dos aspectos: el político y el racional. El político es necesario para iniciar a ejecutar la planificación del uso de la tierra, determinar sus objetivos y arbitrar en los conflictos de intereses. La parte racional o técnica de la planificación asegura que los planes sean factibles, que los costos y retornos estimados sean precisos, y que hayan sido recolectados y comprados suficientes datos para asegurar dichas estimaciones (Rossiter et al, 1993).

Dado que cada modelo de evaluación de tierras es construido individualmente por cada investigador para satisfacer sus necesidades locales, no hay una lista fija de requisitos de usos de la tierra para evaluar los usos, ni tampoco una característica de la cual se infieren las cualidades, dichas características son definidas por el evaluador de acuerdo a los objetivos y las condiciones locales, con lo que se facilita la aplicabilidad de los sistemas de evaluación de tierras en diferentes circunstancias en diferentes puntos en el tiempo (Laínez, 1997).

Es importante notar que en ALES el término modelo se refiere a un grupo de procedimientos de decisión y no a un modelo de procesos (p. ej. del crecimiento de plantas relacionado con las condiciones del suelo), o a modelos empíricos (p. ej. ecuaciones de regresión que relacionan usos de la tierra con características de la misma). Sin embargo, el término modelo todavía es apropiado, ya que en ALES éste representa el juicio del experto en uso de la tierra, juicio que a su vez constituye un modelo mental de la realidad. No obstante modelos empíricos o de procesos pueden ser usados en ALES para guiar la construcción de los procedimientos de decisión (Rossiter *et al*, 1993).

De manera general para todos los estudios efectuados, se ha determinado que el Sistema Automático de Evaluación de Tierras (ALES), permite una eficiente toma de decisiones para el uso adecuado de la misma, permitiendo con facilidad la actualización de las bases de datos y la experiencia de las bases de conocimientos, procurando un mayor dinamismo del sistema (Camas, 1995).

Una vez decididos los usos adecuados de la tierra, de acuerdo a la evaluación, el agricultor debe realizar inversiones para implementar las recomendaciones producto de la evaluación de tierras. Sin embargo, no se le ofrece un instrumento de manejo para tomar decisiones durante el proceso de la producción. Para ello se propone utilizar un sistema de expertos para el manejo de la producción de cada tipo de uso de la tierra específico, de forma tal que pueda auxiliar al productor sobre un problema particular, en un momento y espacio dado durante la producción (Arze, 1993b).

#### ***4.3.2 Características del ALES***

La base del programa radica en los siguientes aspectos:

- a) El modelo es construido de manera que permita satisfacer las necesidades locales y los objetivos de la evaluación.

- b) El sistema es construido con base en sistemas expertos y cada una de las entidades evaluadas son definidas por los usuarios.
- c) El ALES consta de una estructura para una base de conocimientos que describe los usos propuestos en términos de los resultados esperados.
- d) El ALES se alimenta de una base de datos que describe las características de las áreas que están siendo evaluadas.
- e) Consta de un mecanismo de inferencia para relacionar la base de datos con base de conocimientos.
- f) Dispone de facilidades de explicación, que ayudan a comprender el porque de un resultado determinado, al indicar los actores que están contribuyendo a proyectar un resultado determinado.
- g) Tiene un modelo de consulta que permite buscar información en forma sistemática además de generar informes de manera georeferenciada (Buch, 2001)

El ALES permite al evaluador de tierras construir su propio sistema experto con el que se puede establecer la aptitud física y económica de unidades de tierra, respecto a los tipos de utilización seleccionados. Cada modelo es desarrollado por el investigador para satisfacer las necesidades locales bajo sus propios objetivos. En consecuencia no existe una lista establecida de requerimientos para evaluar los tipos de utilización de tierras, y tampoco de las características de las cuales se pueden inferir las cualidades de la tierra.

Las unidades de mapeo pueden definirse a escalas de reconocimiento o de detalle (nivel de finca). El modelo es construido de acuerdo a los objetivos y condiciones locales del área en estudio.

El sistema automatizado para la evaluación de tierras ALES, se fundamenta en dos aspectos: bases de datos y base de conocimientos.

?? Las bases de datos incorporan todas las características de la tierra, consideradas como aquellos atributos observables y medibles cuantitativa o cualitativamente. Con la

información de características de la tierra se identifican unidades de mapeo (unidades homogéneas de tierra), de acuerdo con características normalmente físicas. El conjunto de características de cada unidad de mapeo define las cualidades de las características de la tierra en las bases de datos. Además, en la base de datos se registran las siguientes listas: requisitos de uso de la tierra, productos, insumos, descripción de las características de la tierra. Estas listas son usadas en la construcción de modelos de acuerdo con su definición.

?? Las bases de conocimientos se estructuran en los modelos para cada uno de los tipos de utilización de la tierra a desarrollar. Dentro de la construcción del modelo la elaboración de árboles de decisión constituyen el corazón del modelo y la estructura principal del conocimiento desarrollado en el modelo. Los árboles se estructuran primero para determinar los niveles de severidad de los requisitos de la tierra a partir de las características de la tierra para cada tipo de utilización. Segundo para definir las sub-clases de aptitud física, utilizando los requisitos de uso de la tierra. Tercero, para evaluar el rendimiento proporcional de acuerdo con la influencia de los requisitos de uso y cuarto, para hacer inferencias de características de la tierra no medidas a partir de otras conocidas (Arze, 1993a).

#### ***4.3.3 Método de la Evaluación***

La evaluación de tierras mediante el uso del ALES es posible realizarla de tres formas:

a) Método de arriba-abajo

Generando la información mediante estudios de suelos, sondeos, experimentos, etc. Este procedimiento permite definir la escala y el nivel de precisión deseado, sin embargo es un procedimiento usualmente caro y prolongado

b) Método abajo-arriba

La mayoría de los países poseen volúmenes grandes de información sobre estudios de suelos e inventarios de recursos de la tierra, mucha de ella sin uso y en archivos o bases de datos. ALES permite el uso de información de suelos, clima, socioeconomía, etc. en casi cualquier formato, lo mismo la lectura por computadora de base de datos. Este método es barato, permite utilizar y maximizar la información disponible sobre la tierra y sus usos.

c) Método intermedio

Si la información disponible en fuentes secundarias es sumamente escueta o insuficiente para efectuar una evaluación, es posible efectuar estudios de campo específicos para completar los niveles mínimos de información requeridos.

#### ***4.3.4 Conceptos básicos del Sistema Automatizado de Evaluación de Tierras ALES.***

- Tipo de uso de la tierra (TUT)

Es una clase de uso de la tierra descrito o definido con un grado de detalle mayor que el de una clase primordial de uso (subdivisión de uso de la tierra). Esta formado por especificaciones técnicas expuestas en términos físicos, económicos y sociales. En estos estudios de reconocimiento se define hasta clases primordiales; en estudios a detalle los tipos de utilización pueden definirse hasta el nivel de sistemas de fincas.

- Requisitos de uso de la tierra (RUT)

Los requisitos de uso de la tierra, son las condiciones exigidas por los diferentes tipos de uso de la tierra en términos de características de la tierra. Son clasificados mediante criterios desde aptos a no aptos y sirven para determinar la aptitud de la tierra. Se clasifican en requisitos fisiológicos de los cultivos, de manejo (relacionados con la tecnología) y de conservación (para evitar la degradación). Estos requisitos se expresan en los mismos términos que las cualidades de la tierra para confrontarlos en el proceso de armonización.

- Características de la tierra (CaT)

Es un atributo de la tierra que puede medirse o estimarse y describir una cualidad de la tierra, influyen en el uso de la tierra de una manera particular, por ejemplo pendiente del suelo, textura, temperatura promedio anual, etc.

- Cualidades de la tierra (CuT)

Es un atributo de la tierra que cualifica una o un conjunto de características y hace cambiar la aptitud según el tipo de uso, ejemplo: humedad disponible o la disponibilidad de nutrientes. Se expresan en los mismos términos que los requisitos para poder confrontarlos. Se define como un atributo complejo de la tierra que actúa de manera distinta en su influencia sobre la adaptabilidad de la tierra para un uso concreto.

- Unidades cartográficas (o mapeo)

La unidad cartográfica es el área de la tierra mapeada con valores o características específicas similares, es usada como base para la evaluación. En la delimitación es conveniente utilizar características estables como geomorfología, uso actual, clima, etc.

La definición de las unidades de tierra debe guardar la máxima relación posible con la serie de usos de la tierra previstos por la evaluación. Es conveniente seguir las normas siguientes al definir y cartografiar las unidades de tierra.

1. Las unidades deben ser lo más homogéneas posibles
2. La agrupación debe tener un valor práctico, en relación con el uso de la tierra propuesto
3. Cartografiar las unidades de manera coherente
4. Se deben definir en forma más simple y basarse en propiedades observables

- Árboles de decisión

Los árboles de decisión son llaves ordenadas jerárquicamente, contruidos con las características de la tierra y criterios lógicos, resultando evaluaciones de las cualidades y aptitud de la tierra. Están estructurados por el constructor del modelo, con base en los conocimientos suministrados por las personas que funcionan como expertos.

- Armonización

Es la confrontación de los requisitos de los cultivos específicos (usos), con las condiciones de la tierra (cualidades) para dar una predicción aproximada del comportamiento de los cultivos, es decir, evalúa la tierra por aptitud.

La evaluación de cada unidad de tierra para cada tipo de utilización se efectúa de la siguiente forma;

1. Determinando los valores actuales de las características de la tierra para cada unidad cartográfica;
2. Combinando los valores de dichas características para generar los valores de las cualidades de la tierra;
3. Armonizando los valores de las cualidades con los requisitos de uso (RUT);
4. Combinando los valores de las cualidades de la tierra dentro de las clases de aptitud. Hay dos clases de aptitud: física y económica (Rossiter et al, 1993).

- Evaluación física

Indica el grado de capacidad para un uso de la tierra sin condiciones económicas. Enfatiza aspectos físicos poco cambiables como clima y condiciones edáficas. En esta evaluación las unidades cartográficas son asignadas a clases de aptitud física, las cuales indican una relativa aptitud desde 1 (la mejor) hasta el número máximo especificado por el evaluador.

Tiende a concentrarse sobre riesgos y peligros, por ejemplo, del ambiente o en limitaciones absolutas como el clima.

- Evaluación económica

Provee una estimación de la adaptabilidad económica de cada unidad de tierra para cada propósito de uso. Se basa en la predicción de los costos y retornos. Debido a que el cálculo de la evaluación por aptitud física precede el de aptitud económica, aquellas tierras calificadas como no aptas físicamente, no serán consideradas para el uso sin importar los aspectos económicos.

### *Evaluación física vs. Evaluación económica*

Una importante decisión que debe tomar el evaluador es si evaluar la tierra solamente en términos físicos, o en términos físicos y económicos. El resultado de una evaluación física son aptitudes relativas de un grupo de Tipos de Utilización de la Tierra para cada área de tierra, basadas dichas aptitudes en criterios del evaluador. Dentro de un solo Tipo de Utilización de la Tierra, esto puede ser muy útil. Sin embargo, cuando se comparan Tipos de Utilización de la Tierra, una evaluación física no tiene una base común. Si estamos tratando de determinar el mejor uso para un área de tierra, necesitamos poder comparar de alguna forma de aptitudes para los diferentes usos.

Bien puede suceder que una tierra calificada en términos físicos como “muy apta” para un determinado Tipo de Utilización de la Tierra, pero apenas “marginamente apta” para otro, puede preferente ser usada por los productores con el segundo TUT y no con el primero como sería de esperarse. Esto debido a que los productores de alguna forma tratan de optimizar el uso de la tierra de acuerdo con criterios distintos a la adaptabilidad del cultivo. Regularmente los criterios de optimización están fuertemente basados en factores económicos, así como también en factores sociales y culturales que verdaderamente pueden jugar un rol muy importante (Rossiter *et al*, 1993).

### **4.3.5 Sistemas expertos**

Se considera que los sistemas de expertos corresponden a un campo derivado de la Técnica de Inteligencia Artificial. Se define a la inteligencia artificial como la “capacidad de un ser vivo o de una máquina de ordenar información externa, observaciones, experiencias, descubrir interrelaciones, valorarlas con las informaciones para abstraer inferencias y poderlas ligar entre sí” (Nebendahl, 1988).

La conformación de un sistema de expertos es a través de relaciones lógicas cuyos componentes son:

- a) La base de conocimientos que contienen los hechos y experiencias de los expertos en un dominio determinado
- b) Los mecanismos de inferencia
- c) El componente explicativo
- d) La interfase del usuario para realizar consultas en un lenguaje muy natural y adecuado (Arze, 1992).

Un sistema experto, puede almacenar el conocimiento de expertos para un campo de especialidad determinada y muy estrechamente delimitada y solucionar un problema mediante la deducción lógica. Los sistemas expertos encuentran su aplicación donde hay conocimientos especializados y experiencias valiosas y no resulte posible una solución convencional de procesamiento de datos (Celada Robles, 1993).

Es importante distinguir entre los sistemas de expertos para manejo o fisiología de cultivos y los modelos de evaluación. En el primer caso se utilizan mecanismos o prototipos de decisión siguiendo un diagrama causal, es decir las relaciones lógicas de efecto y respuesta en el manejo o comportamiento de una especie. Los modelos de evaluación se dirigen a la definición de árboles de decisión para determinar las características que inciden sobre la cualidad de la tierra y posteriormente establecer árboles de decisión para la aptitud física y económica (León Pérez, 1994).

El desarrollo de los sistemas de expertos para la producción agrícola adquiere cada vez más importancia debido a las múltiples posibilidades de su aplicación, desde aspectos altamente específicos correspondientes a disciplinas especializadas, como por ejemplo: química de suelos, hasta su utilización en actividades integradas, como la transferencia de tecnología o la planificación regional, donde la influencia de gran cantidad de factores hacen difícil tomar decisiones (Arze, 1993a).

Los sistemas de expertos pueden constituir un valioso aporte al desarrollo de alternativas tecnológicas en por lo menos cuatro campos:

1. Conocimientos relacionados con la evaluación de tierras y decisiones de planificación a nivel nacional, regional y de unidades de producción (fincas).
2. Conocimientos asociados al manejo de cada una de las unidades de producción (finca).
3. Conocimientos referidos al manejo de la producción agrícola, pecuaria y/o forestal, específica (rubros de producción/agroecosistemas).
4. Conocimientos altamente especializados estrechamente relacionados al campo de la producción agrícola (Arze, 1993a).

#### ***4.3.6 Árboles de decisión***

La razón por la cual el constructor de modelos en ALES trabaja con información clasificada es para poder construir los árboles de decisión. Los árboles de decisión son claves jerárquicas multidireccionales en donde las hojas representan los resultados, tales como rangos de cualidades de la tierra, y los nodos interiores del árbol (puntos de las ramas) son criterios de decisión, por ejemplo los valores de la característica de la tierra. Estos árboles son elaborados por el constructor del modelo y son examinados durante el cálculo del resultado de la evaluación, utilizando datos reales de la tierra (Rossiter *et al*, 1993).

Los procesos de toma de decisiones se pueden representar en forma simplificada por medio de un árbol o modelo de decisiones (Gladwin, 1981) y es un modo de representar las relaciones lógicas entre los factores de un problema de decisión (CIDIAT-MARNR. 1983).

Cada una de las decisiones en un árbol de decisión pueden tener diez o más factores de decisión, llamados también dimensiones, criterios o aspectos que el que decide debe tener en cuenta. Ya que la capacidad de acumulación de la memoria de corta duración del individuo es limitada, al contrario de una computadora, la persona no puede manipular toda esa información. Por lo tanto la persona elimina rápidamente las opciones que son pertinentes, a menudo inconscientemente, hasta reducir el conjunto a unas cuantas entre las cuales puede decidir de manera detallada (Gladwin, 1981). Una opción es independiente y debe definirse

claramente. Cada opción está compuesta por un conjunto de acciones que se emprenden para alcanzar los objetivos previamente establecidos (CIDIAT-MARNR. 1983).

El árbol de decisión busca respetar la lógica humana, de la que todos son independientes y no es comparable con la de la ciencia de la computación. Los árboles proceden comparando alternativas unidimensionales, una a la vez, para determinar cuál es la mejor opción a tomar, en vez de asignarle un valor a varias variables simultáneamente para entonces decidir de acuerdo al valor prioritario final (Ferrán, 1991).

En ALES los árboles de decisión son utilizados para:

- Determinar los valores de las cualidades de la tierra a partir de valores de características de la tierra
- Predecir rendimientos proporcionales a partir de valores de cualidades de la tierra
- Definir subclases de aptitud física también a partir de valores de cualidades de la tierra
- Inferir valores de características de la tierra a partir de valores de otras características de la tierra (Rossiter *et al*, 1993).

#### ***4.3.7 Sistemas de Información Geográfica***

Un sistema de Información Geográfica es la cadena de operaciones que conduce desde la planificación, observación y recolección de los datos, hasta su almacenamiento y análisis y luego a la utilización de la información obtenida en algún proceso de toma de decisiones (Rodas, 1996).

El término Sistema de Información Geográfica, más que un sistema es una tecnología para apoyar la toma de decisiones, y consiste en almacenar, analizar y desplegar datos espaciales y no-espaciales. El dato espacial representa objetos de dimensiones físicas, cuyas características se pueden especificar mediante descriptores: puntos, líneas y polígonos, siempre y cuando se

especifique donde se ubica geográficamente, cual es su característica o atributo y la relación entre esta y otras características del mapa (Ugalde, 1995).

En relación con el proceso automatizado de evaluación de tierras, el SIG posee dos unidades fundamentales:

- a) El componente operativo o funcional
- b) La base de datos espacial y de atributos.

El componente operativo permite actuar sobre la información contenida en la base de datos. La parte central del sistema es la base de datos (una colección de mapas e información asociada en forma digital). A la base de datos le concierne las características de superficies de la tierra y puede ser vista en dos elementos, una base de datos espacial que describe la geografía (forma y posición) de una determinada superficie, y una base de datos de atributos que describe las características de las mismas (Eastman citado por León, 1994).

Una limitación importante de ALES es que no tiene ninguna capacidad de georeferencia, de modo que los análisis no pueden tomar en cuenta fácilmente requisitos de proximidad o adyacencia. ALES trabaja con unidades cartográficas, es decir un conjunto de delineaciones hechas sobre un mapa, y supone que las propiedades de todas las delineaciones con el mismo nombre son idénticas, obviamente dentro de la precisión de la descripción de la unidad cartográfica. Las unidades cartográficas pueden ser fases de suelos, campos, granjas u otras unidades geográficamente definidas, así como también unidades de mapas de suelos tradicionales. Los SIG son herramientas ideales para análisis espacial, y los resultados del análisis hechos con ALES pueden fácilmente ser utilizados como capas de información en estos sistemas (Rossiter, 1993).

## **4.4 GANADERIA**

### **4.4.1 Generalidades**

Tradicionalmente la ganadería se ha considerado como un sistema productivo aislado y separado del resto de las actividades agrarias. Esta forma de producir ha provocado, en muchos casos, deterioro notable de los recursos naturales, principalmente de los bosques y del suelo. La situación de baja productividad de la ganadería y su impacto sobre el medio ambiente, requiere que se ubique dentro el enfoque de sistemas de producción y menos al enfoque atomístico. Debe buscarse más una productividad agrícola, pecuaria y forestal que implique el uso racional de los recursos existentes o potencialmente disponibles (Libreros et al, 1994).

Las tierras ganaderas o de pastoreo comprenden aquellas áreas de terreno con topografías más quebrada que la de las tierras agrícolas, y algunos terrenos de topografía apropiada para uso agrícola, pero carentes de otras características necesarias para los cultivos, las cuales pueden ser mantenidas permanentemente sin deterioro, y pueden proveer un nivel satisfactorio de vida para propietarios y trabajadores (Holdridge, 2000).

La ganadería debe de incrementar su productividad por unidad animal y por superficie, sin abrir nuevas áreas, ya que existen la tecnología y los recursos humanos para superar este reto (Mendoza Martínez, 1998).

### **4.4.2 Pastos y forrajes**

América Central cuenta con una gran variedad de especies arbóreas y arbustivas nativas con potencial forrajero, identificándose más de 200 especies localizadas en diversas zonas agroecológicas (Benavides citado por Vallejo y Oviedo, 1994).

En las zonas tropicales existen numerosas especies de árboles y arbustos que son utilizados normalmente como sombra, leña y en cercas vivas, por la literatura se sabe que el follaje de muchas de ellas contiene un alto valor nutricional (Medina, 1994). La utilización del forraje de especies leñosas en la alimentación de rumiantes no es una práctica desconocida por los productores de escasos recursos de América Central. Normalmente muchas de estas especies son utilizadas para diversos propósitos por los productores, quienes poseen sólidos conocimientos empíricos sobre sus propiedades y técnicas de manejo agronómico. Sin embargo, la utilización de este recurso como forraje, se realiza en forma circunstancial, faltando elementos técnicos que posibiliten su uso de manera sistemática (Araya *et al*, 1994).

En las regiones tropicales húmedas, las gramíneas constituyen el recurso forrajero más abundante para la alimentación bovina. Sin embargo, existe una limitación desde el punto de vista nutricional, relacionada con los bajos contenidos de proteína cruda y de energía de las especies forrajeras más utilizadas. Se estima que, bajo condiciones favorables, los niveles más altos de contenido proteico en base seca que pueden esperarse oscilan alrededor del 12%. Dadas las características socio-económicas de una gran proporción de productores, el uso de concentrados no ha sido adoptado por los altos desembolsos que representa. Esta circunstancia ha influido fuertemente para que la investigación se haya orientado a la búsqueda de soluciones más factibles (Vargas *et al*, 1994).

Las pasturas basadas en leguminosas y gramíneas adaptadas pueden ser extremadamente eficientes en el uso y la conservación de los recursos, debido a que:

El pasto bien manejado protege el suelo contra la erosión

La presencia de una cobertura constante y de una capa de hojarasca sobre la superficie aseguran una alta tasa de infiltración y poca escorrentía

Las leguminosas en asociación con gramíneas fija nitrógeno suficiente mediante simbiosis rizobial, para sus necesidades en la producción de forraje de alta calidad

Por la cobertura, la presencia de rastrojo, un balance favorable de carbono y nitrógeno y el sistema radicular eficiente de las plantas forrajeras, hay un reciclaje muy eficiente nutrimentos que resultan del excremento del animal y del mismo rastrojo (Spain, 1983).

El desarrollo de sistemas de crianza para el ganado, basados en la máxima utilización de los pastos, es una necesidad al constituirse éstos en la fuente más barata y disponible para el productor (Rojas, 1992)

El pasto que se use en una explotación ganadera debe estar bien adaptado a las condiciones del medio ambiente y ser productivo. Debe poseer buenas características agronómicas como alta relación de hojas a tallos, rápida recuperación después del corte o pastoreo, facilidad de propagación, alto poder competitivo con las malezas, resistente a plagas y enfermedades, persistente, gustoso y nutritivo (Bernal Eusse, 1994).

El valor del forraje, en términos de calidad y cantidad, provenientes de especies leñosas perennes (árboles y arbustos), representa un amplio rango de posibles alternativas en la alimentación animal, debido a la adaptabilidad a diferentes condiciones agroecológicas (Hidalgo Arden, 1998).

Existen factores intrínsecos y extrínsecos que determinan la calidad de los forrajes. Entre los intrínsecos se pueden citar: factores genéticos, morfológicos y fisiológicos. Entre los extrínsecos se encuentran factores climáticos, factores del suelo, factores de manejo de la pastura y del animal. El valor nutritivo de un forraje está en función de la tasa y el nivel de consumo, la tasa y grado de digestión y la eficiencia de utilización de los nutrientes que contiene (Céspedes, 1994).

Una forma de medir el valor nutritivo de los forrajes para rumiantes es a través de su eficiencia potencial para crecimiento y producción de carne o leche. Por lo tanto un pasto se considera de buena calidad si reúne las siguientes condiciones:

1. Posee todos los nutrimentos esenciales disponibles en proporciones balanceadas
2. Tiene alta digestibilidad
3. Es gustoso o agradable para el animal.

La falta de alguna de estas tres condiciones afecta la calidad y disminuye proporcionalmente el valor nutritivo del forraje (Bernal Eusse, 1994).

Con las especies de mayor contenido de nutrimentos se han observado los niveles de producción de leche más elevados. Estas especies también pueden utilizarse para controlar la pérdida de suelo gracias a que pueden plantarse en alta densidad, a que son perennes y a que permiten la asociación con otros cultivos (Benavides, 1998).

Un animal adulto consume selectivamente entre 50-70 kilos diarios de materia verde procedente de las hojas. Las vacas prefieren pastar las plantas que crecen en lugares secos y soleados que las que lo hacen en lugares húmedos y sombreados. Los bovinos rechazan el pasto que crece cerca de sus propios excrementos, pero consumen el que se desarrollo ceca de los excrementos de otras especies (Bernal Eusse, 1994).

#### ***4.4.3 Sistemas de pastoreo***

La finalidad básica de cualquier sistema de pastoreo es la de mantener una alta producción de forraje y pasto de buena calidad durante la mayor parte del tiempo, y por lo tanto alcanzar buenos niveles de producción por animal o por unidad de área.

El método de pastoreo o de utilización de los forrajes debe estar relacionado con las características morfológicas y fisiológicas de las plantas. Algunas especies se adaptan muy bien al pastoreo, mientras otras no lo resisten y deben ser utilizadas como pastos de corte. Algunas toleran el pastoreo bajo, al contrario de otras que deben ser pastoreadas alta, dejando una buena cantidad de material verde cuando salen los animales (Bernal Eusse, 1994).

El Pasto de corte, su siembra y establecimiento se recomiendan en áreas que no permite el pastoreo, y debe ser integrada al manejo de ganado estabulado o semiestabulado (Cubero, 1996).

El pastoreo por los animales, tiene como principales ventajas: bajo costo de producción de carne, leche o fuerza de trabajo, por consumir plantas que no compiten con la alimentación del hombre, al seleccionar el animal su mejor dieta, en diversos ambientes y terrenos, no aptos para la agricultura, lo que favorece el reciclaje de nutrimentos en el suelo y propicia el rebrote regular de las plantas, bajo la acción del pastoreo. Existen desventajas como la compactación del suelo, pérdidas de forraje por daño del animal y cercado de potreros (Pérez Pérez *et al*, 1998).

El ganado en pastoreo tiene patrones de comportamiento que afectan la composición de especies vegetales y la competencia entre estas. El ganado tiene preferencia por gramíneas, plantas o partes de estas verdes y ricas en proteínas. También tiene un marcado rechazo de vegetación contaminada con sus propias heces. La selectividad varía con el tiempo debido a los cambios en la composición química de las especies presentes y puede variar también por el nivel de presión de pastoreo. La selectividad junto a la distribución del pisoteo, también varía espacialmente, el pastoreo se distribuye heterogéneamente en potreros que cuentan con diversidad espacial de vegetación, topografía, distancia a lugares de abrevadero, suplementación y sombreado (Barrios, 1998).

Entre los sistemas más importantes de pastoreo están:

?? *Pastoreo continuo*

Consiste en mantener un número determinado de animales permanentemente en la pradera hasta que se considere necesario para los objetivos establecidos. El sistema presenta ventajas y desventajas tanto para el pasto como para el animal. Utilizando este sistema los animales son más selectivos, consumen las plantas más suculentas y nutritivas y continuamente están defoliando los nuevos rebrotes de estas plantas sin permitirles la acumulación de reservas para su recuperación; las especies más deseables tienden a desaparecer y las menos deseables procuran dominar la pradera. La producción total por hectárea es baja, siendo este el menos eficiente de los sistemas de pastoreo. La mayor ventaja del pastoreo continuo consiste en la poca inversión de cercas y bebederos. Se implementa generalmente en áreas donde el costo de

la tierra es muy bajo o las condiciones de fertilidad natural no justifican la inversión del mejoramiento de la pradera.

#### ?? *Pastoreo alterno*

Consiste en dividir el potrero en dos partes más o menos iguales en las cuales pastorea el mismo grupo de animales; mientras una parte se encuentra ocupada, la otra está en descanso. Este tipo de pastoreo no es flexible, debido a que el período de descanso en un potrero depende del tiempo que el otro potrero sea capaz de alimentar el grupo de animales y viceversa. Este sistema permite ajustar mejor la carga animal, concede más tiempo para la acumulación de reservas, permite hacer mejor uso de los fertilizantes, facilita el control de malezas y un control más eficiente de los animales, que consumen menos energía caminando y limitación en la selectividad, por lo que se mantienen la composición botánica. La mayor desventaja consiste en que debido al reducido número de potreros, el período de ocupación es más largo que el ideal para un buen manejo de los pastos. Este sistema no se recomienda en tierras valiosas.

#### ?? *Pastoreo rotacional*

Consiste en dividir el área total en tres o más potreros, de tal manera que mientras uno está ocupado, los demás permanecen en descanso. En este sistema los animales no deben regresar a un potrero previamente pastoreado sin que haya transcurrido un tiempo suficiente para su recuperación. El tiempo que un grupo de animales puede permanecer en un potrero varía de acuerdo con la época. En ganado de leche han sido frecuentes las rotaciones más o menos intensivas con un número alto de potreros pequeños, con el fin de mantener altas producciones y evitar fluctuaciones diarias en la producción de estos animales. Este sistema permite mantener capacidades de carga altas, se puede hacer un mejor uso de los fertilizantes, facilita el control de malezas y manejo del ganado, elimina la selectividad obligando al animal a remover la mayor parte del forraje disponible y estimulando el rebrote de nuevas hojas (Bernal Eusse, 1994).

Por carga animal se entiende el número de animales o peso vivo total de los animales que pastorean en una determinada área en un tiempo dado, independientemente de la cantidad de forraje disponible. También se puede expresar como el número de hectáreas necesario para sostener un animal adulto durante un tiempo determinado. Se relaciona con tres factores: animales, superficie y tiempo. Se expresa como cabezas o unidades animales (U.A), siendo ésta la mejor forma de expresión, porque permite unificar las diferentes categorías de animales. La superficie se puede expresar como hectáreas, acres, manzanas, etc., y los períodos de ocupación en días, meses o años (Bernal Eusse, 1994).

## **4.5 CALIDAD DE AGUA**

### **4.5.1 Generalidades**

Es preciso decir que la disponibilidad del recurso agua no puede abordarse únicamente en términos de su abundancia o escasez relativas, sino también de su calidad, la que puede constituirse en limitante para usos específicos al producirse interferencia con las fuentes de contaminación del recurso. En este caso, la calidad del agua está sujeta a alteraciones que puedan ser provocadas por causas naturales o por la acción del hombre, por tal razón el manejo de cuencas consiste en aprovechar y conservar los recursos naturales en función de las necesidades del hombre, con un uso apropiado para garantizar en el futuro el agua, conservándola no sólo en cantidad sino en calidad.

Calidad del agua se puede definir como las características de las aguas que puedan afectar su adaptabilidad a un uso específico, en otras palabras, la relación entre la calidad del agua y las necesidades del usuario. También la calidad del agua se puede definir por su contenido de sólidos y gases, ya sea que estén presentes en suspensión o en solución (Mendoza, 1986).

Hay diversos tipos de cuencas hidrográficas, unas que sirven entre otros usos para abastecimiento de agua para consumo humano, sin embargo, las prácticas de

aprovechamiento, el uso inadecuado de la tierra o el mal manejo de las actividades de la población, tienen efectos negativos en los ríos, aguas abajo de las poblaciones y en el ambiente. Estas prácticas inadecuadas, crean problemas en la calidad del agua, provocando contaminación en los ríos con sedimentos y elementos tóxicos siendo cada vez más limitado su aprovechamiento. En este sentido, es necesario valorar la vocación de la cuenca y ponderar los niveles y procesos de degradación, para determinar el tipo de intervención. (Ramakrishna, 1997).

El análisis de cualquier agua revela la presencia de gases, elementos minerales y elementos orgánicos en solución o suspensión. Estos elementos tienen un origen natural, rocas, suelo y aire, al que hay que añadir el procedente de las actividades de producción y consumo humano que originan una serie de desechos que son vertidos, depurados o no, a las aguas para su eliminación. Son precisamente la naturaleza y la cantidad de estos elementos constituyentes los que definen a un agua, los cuales precisan y limitan su empleo para los diversos usos posibles del mismo, agua potable, de uso doméstico, industrial, agrícola y/o recreativo (Seoanez y Angulo, 1999).

Los usos específicos del agua pueden tener diferentes requerimientos de calidad. Así, el agua puede ser considerada de mejor calidad, si produce mejores resultados o causa menos problemas. Por ejemplo, un agua de río que puede ser considerada de buena calidad para un sistema de riego, por su carga de sedimentos o concentraciones de coliformes, es inaceptable para uso municipal sin antes ser tratada para eliminar dichos contaminantes.

La contaminación se puede definir como la alteración de las características físicas, químicas o biológicas de las aguas, motivada por la descarga de líquidos, gases o sustancias sólidas, de manera tal que las haga peligrosas para la salud del hombre, para los animales y para las formas acuáticas de vida, o las haga inapropiadas para los usos domésticos, pecuarios, agrícolas, hidroeléctricos, industriales, recreativos, etc. (Beitia, 1989)

La mayoría de los investigadores coinciden en que el modo más económico para abordar los problemas de contaminación de aguas es prevenirlos en el punto donde se producen, en lugar de tratar las aguas contaminadas. El tratamiento de agua es con frecuencia el modo más rápido pero más costoso de abordar el problema. La mayoría de las plantas de tratamiento están concebidas para entregar agua de calidad relativamente alta, para que pueda ser reutilizada corriente abajo por otros usuarios domésticos.

La agricultura no puede enfrentar el costo de estas plantas de tratamiento pero, por otra parte, tampoco necesita agua de tan alta calidad como la destinada al uso doméstico. Por tal razón los esfuerzos deben estar encaminados a la adopción de medidas preventivas con frecuencia estimulada por incentivos financieros, como el subsidio de ciertas prácticas de producción agrícola, también las medidas relativas a precios y a impuestos tienden a ser sumamente eficaces, éstas pueden complementarse mediante medidas regulatorias y campañas educativas. (FAO, 1993).

#### ***4.5.2 Calidad de agua en las Cuencas y Ganadería***

El manejo de cuencas es un proceso integrado donde se conjugan dos grupos de acciones complementarias: las orientadas a aprovechar los recursos naturales presentes en la cuenca (usarlos, transformarlos, consumirlos) con propósito de crecimiento económico y otras orientadas a manejarlos (conservarlos, recuperarlos, protegerlos) con el fin de buscar la sostenibilidad ambiental y el uso adecuado de los recursos. Estos dos grupos de acciones deben ejecutarse en función de la intervención humana y sus necesidades, lo que requiere la participación directa de los usuarios, habitantes y actores que tienen interés en la cuenca, con el fin de buscar la equidad social y el desarrollo del hombre (*Jiménez et al, 2001*).

La mayor parte del territorio de Costa Rica está dedicado a la producción agropecuaria y es poca la superficie que ocupan los bosques (Cuadro 1), situación que no debería darse, ya que el 66% de la superficie del país corresponde a terrenos de vocación forestal, producción de agua y producción para la biota (*García Díaz, 2003*).

**Cuadro 4.1 Uso de la tierra en Costa Rica**

<b>Uso</b>	<b>Hectáreas</b>	<b>Porcentaje</b>
Tierra de labranza	306000	6,18
Cultivos permanentes	357000	7,20
Pastos	2095000	41,28
Charrales	200000	4,04
Bosques	1640000	33,10
Otros	357000	7,2

Fuente: García Díaz, 2003

Como se observa en el cuadro 1, las tierras cubiertas de pastos para propósitos ganaderos son las que ocupan la mayor extensión. De los más de dos millones de hectáreas de pasto, se calcula que aproximadamente el 39% (810000Ha) son explotadas comercialmente, mientras las restantes están abandonadas, aunque es posible que se estén convirtiendo en bosques, gracias al proceso natural de sucesión ecológica.

Debido a su extensión, la ganadería afecta la calidad del agua en forma directa o indirecta de la siguiente manera:

- Compactación del suelo

Es la reducción del volumen del suelo, a causa de la aplicación de una fuerza. Puede ocurrir en todos los tipos de suelo, pero sus efectos son mayores en aquellos con alto contenido de humedad y de textura franco-arcillosa.

Cuando las gotas de lluvia cae sobre el suelo desprovisto de vegetación y lo golpean, se provoca la desintegración de sus agregados, se dispersan las partículas, favoreciéndose la compactación superficial. La maquinaria de uso para labores de labranza, es la principal causante de la compactación en la parte profunda del suelo y en el subsuelo (García Díaz, 2003).

La presión ejercida por los animales en el mediano o largo plazo resultará en la reducción del volumen de macroporos del suelo. Esto afectará negativamente la tasa de infiltración de agua.

La compactación es mayor cuando la vegetación herbácea es de hábito de crecimiento erecto y se incrementa con la carga animal impuesta. Además es más alta en las áreas donde los animales tienden a concentrarse, como puede ser debajo de la copa de los árboles, cuando hay pocos árboles dispersos en los potreros o cerca de las fuentes de agua (Ibrahim y Pezo, 2001).

#### - Erosión

Es uno de los problemas más graves en la destrucción del suelo, que tiene relación directa con la compactación. Solo en Costa Rica se ha estimado que anualmente se pierden alrededor de 700 millones de toneladas de suelos, las cuales son arrastradas por los ríos en forma de sedimentos hasta lagunas y mares. Esta situación se presenta de igual manera en los embalses de las represas hidroeléctricas, donde existen serios problemas en la producción de energía eléctrica a causa de la acumulación de sedimentos, que es necesario eliminar periódicamente, lo cual implica además elevar los costos.

La erosión se presenta porque con frecuencia las laderas de las montañas son deforestadas y transformadas en potreros en terrenos con pendientes (García Díaz, 2003).

#### - Contaminación de las aguas por agroquímicos

El exceso de agroquímicos que queda sobre el suelo es arrastrado por la lluvia hasta los ríos y mares, lo cual provoca una serie de efectos nocivos. Cuando se desarrolla una actividad ganadera intensa, parte de los agroquímicos aplicados se filtran y contaminan los mantos acuíferos de las profundidades (García Díaz, 2003).

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 ÁREA DE ESTUDIO

#### 5.1.1 Ubicación de la zona

La cuenca del río Reventazón hasta su desembocadura al mar Caribe se encuentra ubicada en la vertiente Atlántica de la República de Costa Rica, situada en el sureste del país, en la zona central en la provincia de Cartago, perpendicular a la cordillera de Talamanca.

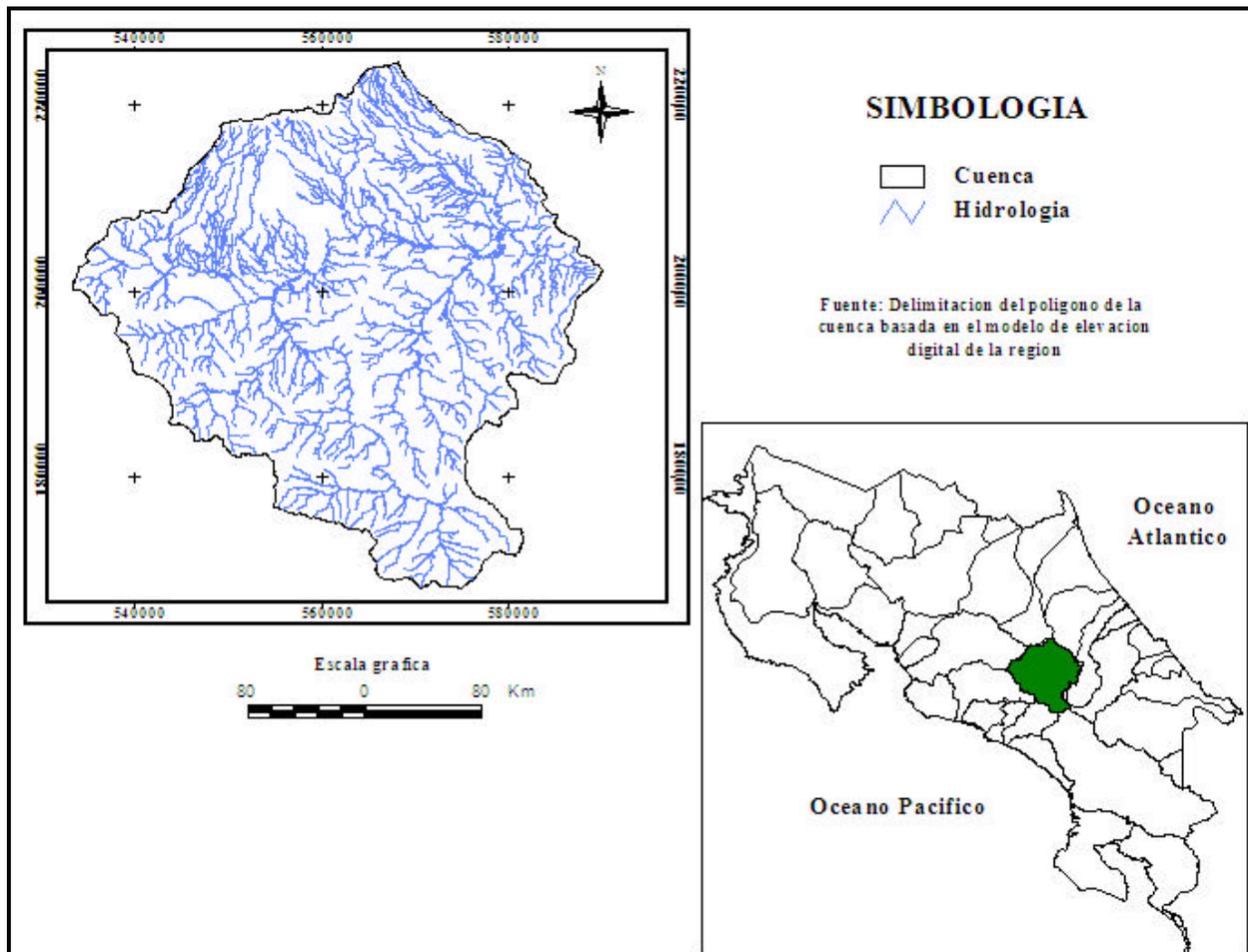


Figura 5.1 Ubicación geográfica de la cuenca del Río Reventazón

La cuenca hidrográfica del río Reventazón, hasta su salida al mar, ocupa un área de 2.950 kilómetros cuadrados.

La zona de estudio comprende la subcuenca del río Guayabo, en la parte alta del río Reventazón.

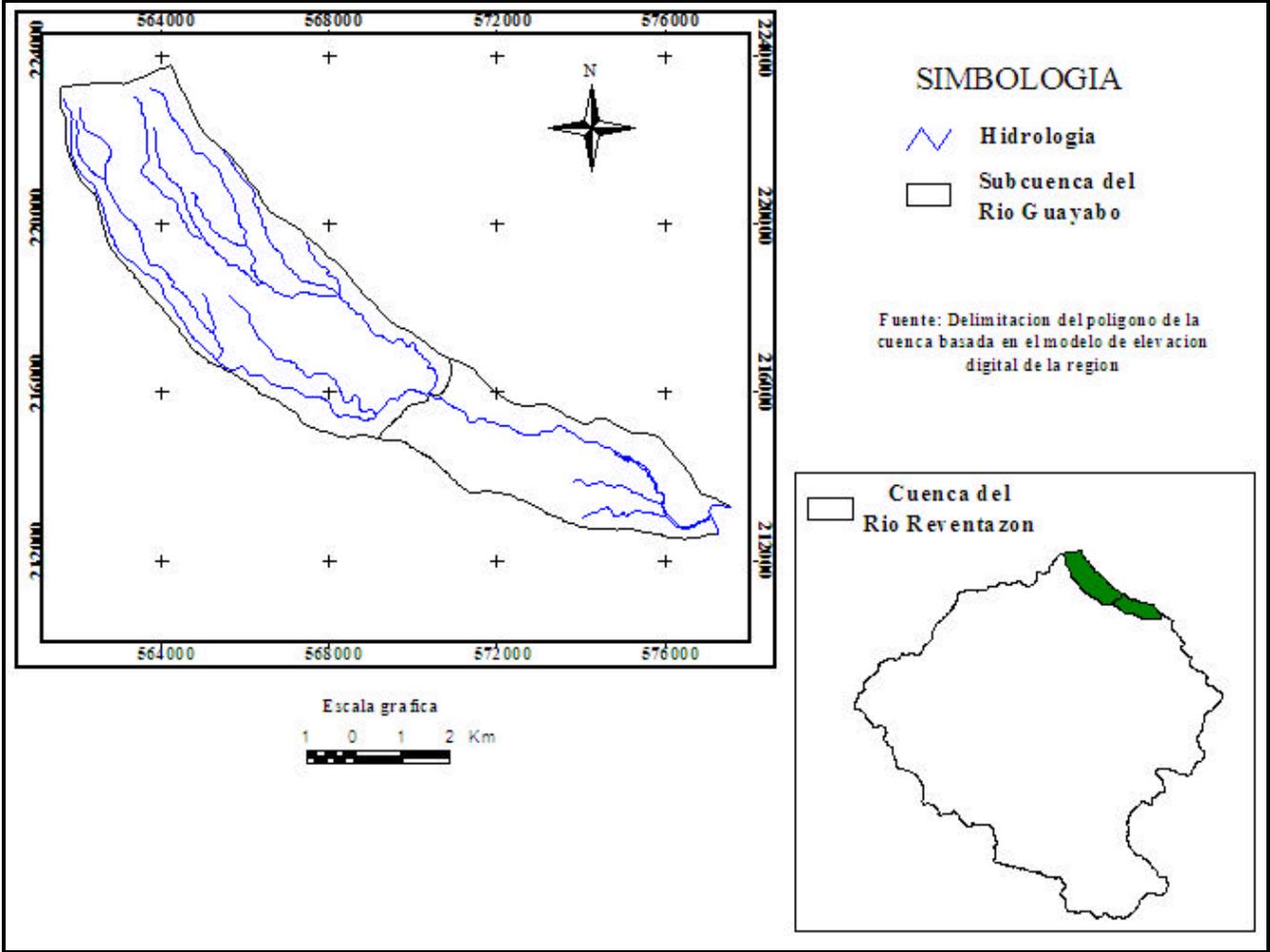


Figura 5.2 Ubicación geográfica de la subcuenca del Río Guayabo

### **5.1.2 Descripción de la zona**

La subcuenca del río Guayabo tiene una extensión total de 40.09 km<sup>2</sup> y comprende los distritos de Santa Cruz, Santa Rosa, Turrialba y Santa Teresita del cantón Turrialba. Esta zona posee altitudes variables entre los 400 y 3300 msnm; sin embargo la mayor parte de la zona se encuentra entre los 800 y 2700 msnm.

#### **5.1.2.1 Características Biofísicas**

##### **a. Clima**

No hay datos disponibles propios del área por falta de estaciones, por lo que se toman en cuenta los datos de las estaciones más cercanas a la zona, con una temperatura máxima de 27°C y una mínima de 12°C. La temperatura promedio es de 21°C.

##### **b. Hidrología**

Con un área de drenaje de 40.21 km<sup>2</sup>, posee una precipitación y una escorrentía anual de respectivamente 3145 y 2287 mm. El caudal promedio anual es de 2.9 m<sup>3</sup>/s. Para un periodo de retorno de 10 años se estima un caudal máximo instantáneo anual de 144 m<sup>3</sup>/s y finalmente, para un periodo de retorno de 5 años se calcula un caudal mínimo diario a nivel anual de 0.68 m<sup>3</sup>/s.

Suponiendo que un 20% del caudal remanente sea necesario dejarlo para fines ambientales, quedaría un caudal de utilización de agua para consumo humano, agrícola e industrial de 0.58 m<sup>3</sup>/s. Este caudal supe ampliamente las necesidades de abastecimiento de agua para consumo humano de la población, igual a 0.02 m<sup>3</sup>/s, el cual serviría, estimando una demanda global para consumo agrícola en la época más crítica del estiaje de 0.8 l/s/ha hectáreas y sin considerar agua para consumo industrial, para explotar, sin ningún tipo de embalse y tomando agua directamente desde las corrientes, unas 700 ha.

### ***c. Geología***

En general gran parte de los materiales que afloran en la subcuenca presentan una inestabilidad aparente, producto en algunos casos de intensa meteorización, caolinización, grado de coherencia, intenso fallamiento local, etc.

La subcuenca del Guayabo se caracteriza por una buena presencia de aguas superficiales. El río mantiene caudal durante todo el año con presencia de manantiales y ojos de aguas a lo largo del cauce del río o al pie o a media ladera diseminados principalmente en la subcuenca media y baja. Hay escasas concesiones de agua registradas en la subcuenca.

### ***d. Geomorfología y Erosión***

#### ***Erosión y Sedimentos***

La subcuenca cubre el 3% de la superficie total de la cuenca, posee una tasa media de erosión de 23 t/ha/año y una tasa media de aporte de sedimentos de 21 t/ha/año.

La cifra de erosión es moderada en esta subcuenca, pero no refleja la magnitud real de producción de sedimentos, dado que son producidos por movimientos en masa.

#### ***Riesgos de Erosión en Masa***

La subcuenca del río Guayabo es una zona de relieve accidentado, calificada en mayor parte como de riesgo severo.

Se observa la existencia de conoide de deyección en la confluencia del río Guayabo con el Reventazón. Esta forma esta asociada con la inestabilidad de laderas, actividad del Volcán Turrialba, sismicidad, lluvias de elevadas intensidad y avalanchas de lodo.

### ***e. Suelos (uso actual, capacidad de uso, divergencias de uso)***

Un 71% de los suelos de esta subcuenca son derivados de cenizas volcánicas (Hapludands, Hydrdands), en relieve fuertemente ondulado, lo que los torna frágiles a la erosión; pero además, un 20% son también volcánicos en relieve escarpado, siendo por lo tanto más frágiles

que los anteriores. Sólo un 9% de estos suelos son de relieve moderadamente ondulados, los que bajo apropiadas prácticas de manejo y conservación, pueden ser muy productivos.

En esta subcuenca, un 20.2% de las tierras tienen capacidad de uso agrícola, y un 20.8% son de capacidad para cultivos perennes o reforestación comercial. Un 31.4% de las tierras deben someterse a regeneración natural o manejo forestal, y un 8.9% debe destinarse a protección. Un 18.6% de las tierras de la subcuenca han sido destinadas a áreas protegidas.

En cuanto al uso actual un 19% de las tierras se encuentran bajo bosque y charrales, pero un 62% están bajo pastos. Los cultivos perennes cubren un 9% de la subcuenca y los anuales sólo un 7%.

Por sus divergencias de uso, aparecen en esta subcuenca un 60% de las tierras sobreexplotadas, de las que un 39% está gravemente sobreexplotadas. Asimismo, un 29% de las tierras están siendo utilizadas dentro de su capacidad de uso, pero un 11% de ella requieren tratamientos adicionales de conservación de suelos. Sólo un 10% de las tierras de esta subcuenca están siendo subutilizadas. La sobreexplotación grave ocurre hacia el extremo norte de la subcuenca y la sobreexplotación, hacia la parte central y sur de la misma, ambas provocadas por la presencia de pastos y cultivos anuales en áreas de vocación forestal y agroforestal.

#### ***f. Forestal***

En general se encuentra muy deforestada, sin embargo, en la parte alta existen muchas áreas boscosas y la parte media y baja, la deforestación ha sido muy fuerte, principalmente por la actividad agropecuaria. La deforestación de la zona se sigue produciendo a tasas pequeñas. El único proyecto de reforestación es el de la Industria Nacional de Cemento en el sector aldeaño a la Cantera en el sector hacia Guayabo.

El porcentaje de área de bosque de la subcuenca es de 18.6%. Sin embargo, es necesaria la conservación de aproximadamente 1377 hectáreas (34%) que califican dentro de la Clase VIII. Por otra parte cerca de 261 hectáreas (7%) deberán ser sometidas a regeneración natural

ya que califican dentro de la clase VII y a la vez, estas áreas podrán ser manejadas con fines de producción forestal. Además, 679 hectáreas (17%) clasificaron dentro de la Clase VI lo que implica que son potenciales para la producción forestal y agroforestal, considerando las limitaciones en cuanto a calidad del suelo y erosión.

Para esta subcuenca el balance es negativo en cuanto a uso del suelo forestal, ya que cerca de 2317 ha deberían estar en protección, manejo de bosques, regeneración y producción forestal con plantaciones, lo que representan un 58% del total del área de la subcuenca.

### ***5.1.2.2 Características Sociales***

#### ***a. Aspectos Sociales***

Para el año 1997, la subcuenca posee un total de 3,961 habitantes, y una densidad habitacional de 99 hab/km<sup>2</sup>, situación que la califica como despoblada, siendo la más despoblada de la vertiente norte.

La población total estimada para la subcuenca en el año 2015 es de 6,677 habitantes, lo que significa el 1% del total de la población para la cuenca en estudio, y una densidad habitacional de 166 hab/km<sup>2</sup>, que equivaldrá a la sexta densidad de la cuenca.

Al igual que la subcuenca Turrialba, la subcuenca Guayabo, actualmente registra saldos migratorios positivos, por efecto de la construcción del Proyecto ICE – Angostura

La subcuenca en su uso actual es eminentemente agropecuaria con una mayor incidencia en la producción de pastos para ganadería de leche y doble propósito.

Las fincas de la subcuenca presentan un tamaño promedio que oscila entre 5 y 20 ha, a excepción del sector medio al este donde se registran fincas entre 50 y 100 ha.

El arrendamiento es una de las modalidades de explotación de las fincas. Los arrendatarios practican la tala de los bosques de las fincas ganaderas para utilizar las tierras en cultivos menores.

## ***b. Producción Agropecuaria***

Es la subcuenca más pequeña en cuanto área, con 719 ha para agricultura, 2494 ha para ganadería, 744 ha de bosque y 52 ha de otras áreas.

Se cultivan 320 ha de cultivos anuales, 302 ha de café y 17 ha de macadamia, entre otros.

Los cultivos anuales se reducen principalmente a frijol (192 ha) como una línea de subsistencia.

Se estimó que el ingreso bruto anual es de US \$2.4 millones con una productividad de US \$775/año. Se justifica esta situación al explotarse cultivos de baja rentabilidad (frijol) y ganaderías extensivas de leche y doble propósito.

### ***5.1.2.3. Aspectos Ambientales***

#### ***a. Impactos Ambientales***

##### *Suelos*

El impacto de la degradación de suelos, es adverso y moderado en esta subcuenca eminente rural, ocasionado por una importante alteración de la cobertura vegetal, por la existencia de cafetales sin sombra y con escasa conservación de suelos frágiles. El suelo también es afectado por el pisoteo de ganado en laderas inestables en el área alta (San Antonio, Cinchona, Guayabo arriba).

El impacto de la alteración del relieve que es accidentado, es adverso y severo en el área alta (actividad lechera) donde hay procesos de desprendimientos en pastizales y pequeñas cárcavas.

##### *Agua*

El impacto de la alteración de la calidad del agua superficial, es de adverso a moderado, ocasionado por el uso de pesticidas y fertilizantes en cafetales y la actividad lechera (pastos), también por las lecherías y chancheras en la zona alta.

### *Procesos*

El impacto de la sedimentación, es de adverso a moderado, ocasionado por la erosión producto de la actividad agropecuaria en áreas altas y los problemas de drenaje por los caminos y la vía férrea.

El impacto de la compactación de suelos en áreas ganaderas altas y también problema de estabilidad de terrenos manifiestos, en los hundimientos y deslizamientos frecuentes de la carretera Guayabo–Turrialba, especialmente durante eventos de precipitación extraordinaria.

### *Flora y Fauna*

El impacto de la reducción de la diversidad biológica, es adverso y moderado, por la combinación de procesos mencionada antes, considerando también que se trata de una subcuenca pequeña (40.09 km<sup>2</sup>).

El impacto de la reforestación que tiene la Industria Nacional de Cemento S.A. en el sector de Alto Varal, margen derecha de la subcuenca con más de 100 ha en diferentes edades, es benéfico y alto

### *Mano de Obra*

El impacto de la reducción de la demanda de mano de obra, es adverso y severo, porque la actividad lechera genera poco empleo en el área alta. En el área media y baja predomina el café en pequeñas propiedades y con baja productividad por suelos y enfermedades, algunas veces en tierras arrendadas.

## ***b. Calidad de Agua***

Comprende el área tributaria del río Guayabo, y está ocupada por varias poblaciones rurales ubicadas al norte y noroeste de la ciudad de Turrialba, siendo las principales Santa Cruz, San Antonio, Guayabo Arriba y Alto Varal.

En esta subcuenca no se identifican fuentes de contaminación importantes que afecten la calidad de las aguas del río Guayabo.

## **5.2 MATERIALES**

Para el desarrollo del presente trabajo, se utilizaron los medios y materiales siguientes:

### Materiales:

- ?? Mapa geográfico de la Cuenca del Río Reventazón
- ?? Mapa geográfico de la Subcuenca Guayabo
- ?? Estaciones meteorológicas de Costa Rica con datos de precipitación promedio anual, temperatura y meses secos en la zona
- ?? Mapa de elevación de la Cuenca del Río Reventazón
- ?? Mapa de Tipo de suelo de la Cuenca del Río Reventazón
- ?? Mapa de zona de vida de la Cuenca del Río Reventazón

### Fuentes de consulta:

- ?? Consulta con expertos de las instituciones: ICE, MAG y CATIE, acerca del manejo y la producción de los pastos sometidos a la evaluación
- ?? Información secundaria sobre los usos considerados (especificaciones de manejo y requisitos de uso)
- ?? Bases de datos de los Diagnósticos de las fincas en estudio, realizado por el ICE y la Universidad de Costa Rica en 2001
- ?? Entrevista directa con ganaderos de la zona
- ?? Datos de costos de insumos y productos de los pastos

### Programas:

- ?? Software Arc-View 3.2
- ?? Software ALES (Automates Land Evaluation System) versión 4.5, para la aplicación y evaluación de los modelos

### **5.3 ETAPAS METODOLOGICAS**

La evaluación de la introducción de un sistema de ganadería semiestabulada en la zona de la subcuenca del Guayabo, se realizó siguiendo el esquema de evaluación de tierras de la FAO, por medio del programa ALES.

#### **5.3.1 Selección del área**

En la determinación del área de estudio, se tomó en cuenta la zona en la que se encuentran ubicadas las fincas ganaderas del distrito de Santa Cruz, con las cuales trabaja actualmente el ICE y en las que se está implementando el sistema de ganadería semi-estabulada (Anexos 1 y 2). De este modo se pretende determinar la factibilidad de la zona a este cambio y cuáles serían las zonas de la subcuenca del Guayabo más apropiadas para la implementación del sistema de ganadería semiestabulado.

Debido a la importancia de evaluar la posibilidad de introducción del sistema de ganadería semiestabulado en las fincas ubicadas en la subcuenca del río Guayabo, se determina dicha subcuenca como el área de trabajo.

#### **5.3.2 Selección del método de Evaluación**

La evaluación del presente trabajo se realizó por medio del programa de computadora ALES (Automated Land Evaluation System). Este programa tiene la finalidad de asistir el proceso de evaluación de tierras, basado en el esquema de la FAO y permite construir un sistema experto con el cual se puede establecer la aptitud física y económica de unidades de tierra seleccionadas respecto a tipos de utilización establecidos.

El sistema automatizado para la evaluación de tierras ALES, se fundamenta en dos aspectos: bases de datos y base de conocimientos.

Las bases de datos incorporan todas las características de la tierra, consideradas como aquellos atributos observables y medibles cuantitativa o cualitativamente. Con la información de características de la tierra se identifican unidades de mapeo, cuyas características definen las cualidades de las características de la tierra en las bases de datos. Se registran además los requisitos de uso de la tierra, productos, insumos, descripción de las características de la tierra.

Las bases de conocimientos se estructuran en los modelos para cada uno de los tipos de utilización de la tierra a desarrollar y dentro de su construcción la elaboración de árboles de decisión constituyen el corazón del modelo. Los árboles se estructuran primero para determinar los niveles de severidad de los requisitos de la tierra a partir de las características de la tierra para cada tipo de utilización. Segundo para definir las sub-clases de aptitud física, utilizando los requisitos de uso de la tierra. Tercero, para evaluar el rendimiento proporcional de acuerdo con la influencia de los requisitos de uso y cuarto, para hacer inferencias de características de la tierra no medidas a partir de otros conocidos.

El sistema de evaluación mediante el uso del programa ALES se realizó con el método de “abajo-arriba”, el cual representa el método más apropiado para los objetivos determinados, debido a la información existente y las características del área de estudio, pues permite realizar la evaluación con información disponible sobre la tierra y sus usos, lo que permitió definir la escala y el nivel de precisión deseado.

### ***5.3.3 Unidades de mapeo***

La unidad de mapeo o unidad cartográfica es el área de la tierra mapeada con valores o características específicas similares y es usada como base para la evaluación.

La determinación de las unidades de mapeo se realizó mediante la sobreposición de tres mapas de la zona de la subcuenca del Guayabo. Estos mapas contenían la información:

- Precipitación
- Altitud
- Pendiente

#### *Precipitación*

Precipitación promedio anual en mm. Con el mapa de las estaciones meteorológicas de la Cuenca del Reventazón, se elaboró el mapa de Isoyetas de la zona, del que posteriormente se extrajo el mapa de distribución de la precipitación de la subcuenca del Guayabo.

#### *Altitud*

El mapa de altitud en msnm. Se obtuvo por medio del mapa de Curvas a nivel de la subcuenca del Guayabo.

#### *Pendiente*

El mapa de pendientes de la subcuenca Guayabo se obtuvo por medio del mapa de Pendiente de la Cuenca del Reventazón, del que posteriormente por sobreposición de la subcuenca Guayabo, se extrajo el mapa de Pendiente de la subcuenca Guayabo.

Algunos de los criterios como precipitación y altitud fueron reclasificados de los mapas originales en cinco clases cada uno, para no obtener un número muy alto de unidades de mapeo y por lo tanto obtener unidades de mapeo con un área muy pequeña para los cuales la evaluación no fuera significativa.

#### **5.3.4. Selección de los tipos de uso de tierra (TUT)**

Uno de los aspectos más importantes de la evaluación es la selección de los tipos de uso de la tierra. La selección de los tipos de uso de la tierra se realizó tomando en consideración los

usos actuales predominantes y tipos de uso que se quiere establecer por medio del sistema de ganadería semiestabulado. Estos TUT deben tener posibilidades de adaptarse y adoptarse por los agricultores de la zona.

Los TUT seleccionados para esta evaluación son seis:

Pastos de corte

?? Sorgo Forrajero

?? Pasto King Grass

Pastos de piso

?? Pasto Kikuyo

?? Pasto Estrella Africana

Arbustos

?? Morera

?? Sauco

**?? Sorgo Forrajero**

El Sorgo Forrajero (*Sorghum alnum*) es una gramínea. Originario de regiones tropicales. Su mejor crecimiento se ha observado desde el nivel del mar hasta los 2000 msnm y una temperatura promedio de 21-30°C. No es exigente en suelos, pero crece mejor en suelos limo-arcillosos profundos, bien drenados y ricos en elementos nutritivos, entre los rango de pH de 5.5-7.0. El sorgo es muy tolerante a sequías. Soporta bien un amplio rango de precipitaciones que va desde 800 hasta los 3500 mm y soporta hasta tres meses de sequía consecutivos.

Es un pasto utilizado en zonas lecheras de altura, que tolera períodos de sequía, no así los excesos de humedad prolongada, por su susceptibilidad a los hongos. Se siembra en distancias que van desde los 40 a 60 cm/surco y densidades de 25 a 45 Kg. de semilla/ha, con cortes

cada 85-90 días. Se estima que 1 ha de sorgo puede alimentar 7 vacas de 350 Kg. de peso con cortes cada 84 días.

El contenido promedio de proteína cruda es de aproximadamente 12% y la digestibilidad *in vitro* promedio de la materia seca es 60%. La producción promedio del Sorgo Forrajero alcanza los 45 Kg. MS/ha/día

### ?? **Pasto King Grass**

El pasto King Grass (*Pennisetum purpureum*) es originario de África del Sur, en el estado de Westfalia, a 900 msnm, en donde aparece en forma natural. En Costa Rica, el King Grass ha mostrado adaptación desde el nivel del mar hasta alturas superiores a 2000 msnm, en un amplio rango en cuanto a la distribución de las lluvias y fertilidad del suelo. Crece bien bajo temperaturas de 18 a 30°C, pero la más adecuada es alrededor de los 24°C. Resiste condiciones de sequía y humedad alta. Se desarrolla bien en regiones cuya precipitación varía de 1000-4000 mm y resiste entre 2-3 meses consecutivos de sequía. Se comporta bien en suelos de pH entre 4.5-7.5 y fertilidad baja.

Es una gramínea de corte, perenne, sus raíces constituyen un sistema de cepas, compactas y sólidas, con ramificaciones profundas, que alcanzan profundidades de 4.5 a 5.0 m. Sus tallos pueden ser delgados o robustos, semiprostrado o erectos, con nudosidades, en las cuales se encuentran las yemas y los primordios radiculares. Sus hojas son anchas, largas y con vellosidades. Su inflorescencia es una panícula compacta de forma cilíndrica.

El promedio de proteína cruda del pasto King Grass es de 8-10% dependiendo de la edad, parte de la planta y fertilización nitrogenada. La proteína cruda del King Grass declina conforme aumenta la edad de la planta por cambio en los contenidos de la pared celular y la relación hoja-tallo.

Varios investigadores coinciden en que la digestibilidad *in vitro* del King Grass oscila en un ámbito de 65-70% a las tres semanas y de 32-55% a las nueve semanas. Conforme aumenta la

edad de la planta se presenta una variación en la relación hoja-tallo, provocando un aumento en el porcentaje de tallos, incrementando por consiguiente los componentes estructurales y principalmente la lignina; ocasionando una disminución de la digestibilidad de la materia seca. La producción del King Grass es de 65 Kg. Ms/ha/día y en parcelas fertilizadas con 300 g N/ha, tiene una producción diaria de 127 Kg. MS/ha.

### ?? **Pasto Kikuyo**

El pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) una gramínea originaria del Africa Tropical. Recibió el nombre de la provincia Kikuyo (Kenya), en donde crece a alturas comprendidas entre los 1950 y 2700 msnm y con precipitaciones anuales promedio entre 1000 y 1600 mm. En Costa Rica, el Kikuyo se adapta muy bien a partir de los 1000 hasta los 3000 msnm, en regiones que tengan buena humedad, pero puede ser resistente a la sequía (precipitación 750 mm), pero su rango óptimo se encuentre entre los 1000-3000 mm, aunque no resiste más de medio mes de sequía consecutivo.

Buenos desarrollos del pasto se han logrado en suelos arcillo-arenosos con abundante materia orgánica. Tolera suelos con alta acidez (pH 4.5).

Es un pasto perenne, de tallos rastreros erectos o semierectos, muy abundantes y de gran capacidad para extenderse debido a lo cual forma un césped muy grueso y tupido. Las hojas se forman tanto en los tallos erectos como en los rastreros. Las raíces son muy profundas facilitando así el almacenamiento de reservas que ayudan a la planta a sobrevivir en épocas de secas. Se reproduce por medio de rizomas y estolones, aunque lo más conveniente es el empleo de estolones. Es de lento crecimiento pero una vez desarrollado, resulta competidor y agresivo.

El Kikuyo presenta contenidos de proteína cruda y DIVMS de 16.8% y 67% respectivamente. La producción de forraje depende en gran parte de la fertilidad y de la humedad del suelo. La

producción del Kikuyo es de 40 Kg. Ms/ha/día y con prácticas de manejo adecuadas, se han obtenido más de 20 ton/ha al año.

### ?? **Pasto Estrella Africana**

El pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) africana es nativo de Africa Oriental, localizándose en los lechos de los desecados con suelos alcalinos. Es una gramínea perenne, rastrera, con estolones largos y fuertes, de rápido crecimiento, que cubre densamente el suelo y con un amplio desarrollo radical que le permite soportar períodos de sequía. Tiene inflorescencia de 3 a 20 espigas, ajustadas a un eje común. Sus hojas, de superficie semiescabrosa y bordes lisos, son de medianas a largas, modificando su coloración verde de acuerdo a la variedad, fertilización u otras condiciones ambientales. Produce pocas semillas viables, por lo que su propagación es principalmente vegetativa. Soporta muy bien el pisoteo y su recuperación es rápida; tan solo requiere de 20 a 25 días o menos para soportar un nuevo pastoreo.

Se desarrollo bien en climas cálidos y secos, con precipitaciones que oscilan entre 700 hasta 2000 mm anuales, aunque no tolera suelos con exceso de humedad y se adapta bien a alturas que van desde 0 a 1800 msnm. No es exigente en cuanto humedad y tolera la sequía, siempre que no sea mayor de dos meses. Tiene un amplio rango de tolerancia a la acidez (pH 4.5 a 8.5) y crece mejor en suelos de textura media a fina, con humedad adecuada, pero bien drenados; aunque crece también en suelos pobres y secos. Su mayor utilización es en condiciones de pastoreo continuo rotacional.

Posee un contenido de proteína cruda y la digestibilidad *in vitro* de la materia seca a los 21 días de rebrote es de aproximadamente 10 y 57% respectivamente, con una producción de materia seca de 42 Kg. MS/ha/día

Se ha observado que la tasa de crecimiento aumenta a medida que disminuye la presión de pastoreo para luego disminuir cuando la presión del pastoreo es muy baja. A niveles de disponibilidad de forraje muy altos, la tasa de crecimiento se ve reducida por el poco efecto

que ejerce el animal sobre la pradera, lo que resulta en plantas lignificadas y viejas, de baja capacidad de crecimiento.

### ?? **Morera**

La Morera (*Morus sp*), es un arbusto de porte bajo. Pertenece al orden de las Urticales, familia Moráceas y género *Morus*. Las especies más conocidas son: *Morus alba* L. y *Morus nigra* L.

Se reportan buenos crecimientos en los siguientes rangos climáticos: temperatura de 18 a 38°C; precipitación de 1000 a 2500 mm; fotoperíodo de 9 a 13 horas/día; humedad relativa de 65 a 80%; altitud desde el nivel del mar hasta los 4000 msnm, extendiéndose de zonas húmedas tropicales a templadas, por lo consiguiente es considerada una especie cosmopolita dada su capacidad de adaptación a diferentes climas y altitudes. El pH de los suelos óptimo para Morera está dentro de 6.5-7.0, aunque crece en suelos dentro del rango de 4.5-9.0.

Se puede sembrar en diferentes clases de suelos, con la excepción de los muy húmedos y muy duros. Una vez desarrollada su raíz tolera bien la sequía. Aunque es una especie muy extractiva de nutrientes del suelo, es muy eficiente en la utilización de los mismos cuando se aportan como abono orgánico. La Morera puede producir buenas cantidades de biomasa comestible por unidad área, 10.6 tm/ha/año en materia seca y 2.68 tm/ha/año de proteína cruda.

El follaje de la morera tiene un excelente valor nutricional debido a sus altos niveles de proteína entre el 20-24% y sus niveles de digestibilidad entre 75-85%, con una producción de materia seca de 60 Kg. MS/ha/día. Para vacas con una producción de 14 Kg./día y con 400 Kg. de peso, la cantidad de hoja y tallo tierno de morera verde a suministrarse es de 24 Kg./día.

Se reproduce bien por semillas (400 mil por Kg.) aunque es poco usado por su lento establecimiento. El método principal de reproducción es por estacas de 25 a 30 cm de largo con 3 ó 4 yemas, que es fácil y tiene un alto porcentaje de sobrevivencia (mayor del 80%).

## ?? **Sauco**

En el trópico de América Central, la base alimenticia para los rumiantes son las gramíneas que generalmente, por su bajo contenido en nutrimentos, no permiten la obtención de satisfactorios niveles de producción de leche y ganancia de peso. La identificación y caracterización de forrajeras arbustivas ha mejorado mucho las posibilidades de nutrición animal al aportar alimentos con altos niveles de proteína y digestibilidad. En tal sentido destaca el Sauco Amarillo.

El Sauco (*Sambucus canadiensis*) pertenece a la familia de Caprifoliaceae y es común en todo el continente americano. Es un árbol ramificado de hasta 4 metros en zonas templadas y en zonas tropicales y subtropicales crece hasta los 12 metros. Con hojas lobuladas y flores de color blanco en las cimas, fragantes, compuestas de tres a siete pétalos. Este género nativo desde Canadá hasta Panamá, las Antillas Mayores y ha sido introducido a Sur América. Común en charrales y cercas vivas desde los 1300 hasta los 3700 msnm. De climas húmedos a pluviales. Es típico de zonas con clima templado, aunque se observa también en altitudes inferiores a los 1000 msnm. En Costa Rica abunda en las faldas de las montañas que bordean la Meseta Central. Se reproduce bien en zonas con precipitación entre los 1900-2500 mm y no soporta más de dos meses consecutivos de sequía. Prefiere suelos de textura franco-arenoso y temperaturas entre los 15-20°C.

En anteriores trabajos realizados en Puriscal, Costa Rica, esta especie se encuentra entre las doce mejores ubicadas, entre cincuenta analizadas en el laboratorio. Su follaje tiene valores de proteína cruda de 28.5% y digestibilidad *in vitro* de la materia seca de 64.4%.

Se reproduce bien por estaca, con un porcentaje de prendimiento superior al 90%, presentando buena capacidad de rebrote al ser podado.

**Cuadro 5.1 Cuadro resumen de requerimientos de cada uno de los Tipo de Usos de la Tierra**

	<b>Pasto corte</b>		<b>Pasto piso</b>		<b>Arbustos forrajeros</b>	
<b>Nombre común</b>	<b>Sorgo Forrajero</b>	<b>King Grass</b>	<b>Kikuyo</b>	<b>Estrella Africana</b>	<b>Morera</b>	<b>Sauco</b>
<b>Nombre científico</b>	<i>Sorghum alnum</i>	<i>Pennisetum purpureum</i>	<i>Pennisetum clandestinum</i>	<i>Cynodon nlemfuensis</i>	<i>Morus sp</i>	<i>Sambucus canadiensis</i>
<b>Especie</b>	Gramínea	Gramínea	Gramínea	Gramínea	Arbusto	Arbusto
<b>Altura (msnm)</b>	0-2000	0-2000	1000-3000	0-1800	0-4000	1300-3700
<b>Precipitación (mm)</b>	800-3500	1000-4000	1000-3000	700-2000	1000-2500	1900-2500
<b>Meses secos consecutivos</b>	0-3	2-3	0-0.5	0-2	2-3	0-2
<b>pH</b>	5.5-7.0	4.5-7.5	> 4.5	4.5-8.5	6.5-7.0	< 4.5
<b>Tipo de suelo</b>	Limo-arcilloso		Arcilloso	Limo-arcilloso	Franco	Franco-arenoso
<b>Temperatura (°C)</b>	21-30	18-30	9-17	18-38	18-38	15-20
<b>Proteína (%)</b>	12	8-10	16.8	10	20-24	28.5
<b>Kg MS/ha/día</b>	45	65	40	42	60	60
<b>Digestibilidad (%)</b>	60	65-70	67	57	75-85	64.4

### ***5.3.5 Definición de las Características de la Tierra (CaT)***

Las características de la tierra son atributos de la tierra que pueden medirse o estimarse y describir una cualidad de la tierra, influyen en el uso de la tierra de una manera particular, por ejemplo pendiente del suelo, textura, temperatura promedio anual, etc.

Las características seleccionadas para esta evaluación son:

- Altitud
- Precipitación
- Temperatura
- Meses secos consecutivos
- Pendiente

Las características de la tierra están organizadas en cinco niveles o categorías los cuales pueden ser criterios absolutos o rangos para categorizar una característica, sin embargo necesariamente deben ser parámetros medibles o constatables (cuando son aspectos de apreciación) y son propuestos con base a los valores observados en la zona de estudio.

En este caso las características fueron divididas con base a los valores de precipitación, altura, temperatura, pendiente y meses secos consecutivos presentados en la subcuenca Guayabo.

Los grupos de características se establecen por áreas temáticas:

1. Factores climáticos
2. Factores edáficos

## Factores climáticos, Clima:

### 1. Altitud, Alt

Abz	Baja (< 1000 msnm)
Ajz	Moderadamente baja (1000-1600 msnm)
Amz	Media (1600-2200 msnm)
Alz	Moderadamente alta (2200-2800 msnm)
Aaz	Alta (> 2800 msnm)

### 2. Precipitación promedio anual, Ppa

Pbz	Baja (< 3050 mm)
Pjz	Moderadamente baja (3050-3200 mm)
Pmz	Media (3200-3350 mm)
Plz	Moderadamente excesiva (3350-3500 mm)
Pez	Excesivo (> 3500 mm)

### 3. Temperatura promedio anual, Tpa

Tbz	Baja (< 12 °C)
Tja	Moderadamente baja (12-14 °C)
Tmz	Media (14-16 °C)
Tlz	Moderadamente alta (16-18 °C)
Taz	Alta (> 18 °C)

### 4. Meses secos consecutivos, Msc

Mms	Muy bajo (< 0.5 meses)
Mbs	Bajo (0.5-1 meses)
Mop	Optimo (1-2 meses)
Mme	Moderadamente excesivo (2-4 meses)
Mex	Excesivo (> 4 meses)

## **Factores edáficos, Edáfico:**

### 1. Pendiente, Pen

Pla	Plana (< 3%)
Son	Suavemente ondulado (3-15%)
Mon	Moderadamente ondulado (15-30%)
Fon	Fuertemente ondulado (30-60%)
Esc	Escarpado (>60%)

### ***5.3.6 Definición de los Requisitos de Uso de la Tierra (RUT) y de las Cualidades de la Tierra (CuT)***

Los RUT son las demandas fisiológicas y de manejo (que se pueden medir o estimar) que requieren los TUT para una producción adecuada. Cada uno de los TUT tiene varios RUT, y cada uno los Requisitos está formado por una o más características de la tierra.

Los RUT son clasificados mediante criterios desde aptos a no aptos y sirven para determinar la aptitud de la tierra. Se clasifican en requisitos fisiológicos de los cultivos, de manejo (relacionados con la tecnología) y de conservación (para evitar la degradación).

?? Requerimientos para el crecimiento o fisiológicos

Condiciones de la tierra necesarias para la supervivencia exitosa y el crecimiento de las especies representadas en el uso. Basadas principalmente en clima y suelos.

?? Requerimientos de manejo

Asociados a las características estables de la tierra y factores socioeconómicos externos de la producción, necesarios o deseables para el manejo exitosos del uso a ser considerado.

### ?? Requerimientos de conservación

Son las condiciones que con probabilidad afectan la respuesta de los suelos (Rodas Camas, 1996).

Se determinaron los siguientes requisitos:

1. Agua disponible
2. Temperatura requerida
3. Altura requerida
4. Capacidad de laboreo
5. Riesgo de erosión

**Cuadro 5.2 Cuadro de relación de los RUT con sus características involucradas**

<b>Código de RUT</b>	<b>Nombre del RUT</b>	<b>Características involucradas</b>
AgDi	Agua disponible	Precipitación, Meses secos consecutivos
Tere	Temperatura requerida	Temperatura
AlRe	Altitud requerida	Elevación sobre el nivel del mar
CaLa	Capacidad de laboreo	Pendiente
RiEr	Riesgo de erosión	Precipitación, Pendiente (Características del terreno)

### **Requisitos de crecimiento:**

#### *Agua disponible:*

Son los factores que afectan o favorecen la cantidad de agua en el suelo, como la precipitación, el tipo de suelo y la cantidad de meses secos consecutivos en el área.

#### *Temperatura requerida:*

Son las condiciones de clima, como temperatura.

*Altitud requerida*

Se refiere a la altura en msnm requerida para el óptimo crecimiento.

**Requisito de Manejo:**

*Capacidad de laboreo:*

Se refiere a la capacidad natural para desarrollar labores en el suelo, considerando pendiente.

**Requisito de conservación:**

*Riesgo de erosión:*

Son los aspectos limitantes de conservación del suelo bajo determinado tipo de uso, tales como la pendiente.

Los requisitos de la tierra se dividen en niveles. Se utilizan cinco niveles para cada RUT y se expresan en magnitudes favorables, hasta la menos favorable del requisito.

**Cuadro 5.3 Niveles de los Requisitos de Uso de la Tierra**

Requisito	Niveles				
	1	2	3	4	5
<b>Agua disponible</b>	Apto	Moderadamente apto	Regular	Moderadamente no apto	No apto
<b>Temperatura requerida</b>	Muy apta	Moderadamente apta	Regular	Moderadamente no apta	No apta
<b>Altura requerida</b>	Muy apta	Moderadamente apta	Regular	Moderadamente no apta	No apta
<b>Capacidad de laboreo</b>	Muy apta	Moderadamente apto	Regular	Moderadamente no apta	No apta
<b>Riesgo de erosión</b>	Alto	Moderadamente alto	Medio	Moderadamente bajo	Bajo

### **5.3.7 Sistemas expertos**

El ALES es un marco vacío para estructurar una base de datos con las Características de las unidades de la tierra y una base de conocimientos a través de los procesos de decisión mediante un sistema de expertos. El marco es muy útil y permite al evaluador desarrollar el modelo de acuerdo al tipo de evaluación, utilizando el propio conocimiento y criterio y lo más importante capturando el conocimiento de expertos e incorporarlo al sistema.

La base del ALES son los procedimientos de decisión mediante los cuales se determina la aptitud física y económica de los usos de la tierra determinados.

Los sistemas de evaluación utilizados en ALES son:

- ?? Los árboles de decisión
- ?? Factores limitantes
- ?? Factores de rendimiento proporcional

#### **Árboles de decisión**

En la presente evaluación se realizaron tres diferentes clases de árboles de decisión:

1. Árbol de decisión para determinar los niveles de aptitud de las cualidades de la tierra correspondientes a un RUT.  
Para esto se elabora un árbol con un grupo de características discretas de la tierra para los niveles de aptitud de cada requisito de uso de la tierra dentro de cada uno de los tipos de utilización de la tierra.
2. Árbol de decisión para evaluar la aptitud física de un TUT.  
Este árbol permite asignar clases o subclases específicas de aptitud física a cualquier combinación de niveles de aptitud de las Cualidades de la tierra.

### 3. Árbol de decisión para evaluar el rendimiento proporcional de un TUT.

De igual manera se elaboró un árbol de decisión para asignar rendimientos proporcionales. Este árbol utiliza los niveles de aptitud de las Cualidades de la Tierra como entidades del árbol. La ventaja es que permite que todas las interacciones sean tomadas en cuenta. Es necesario especificar un rendimiento potencial, en un intervalo de 0 a 1, para cada combinación de niveles de aptitud de las Cualidades de la Tierra que están en el árbol.

Aunque el programa ALES contempla un tipo más de árbol de decisión el cual es la determinación de una característica por inferencia de una segunda o más características, este no fue elaborado pues la evaluación no lo amerita.

#### **Factores limitantes**

Con frecuencia en los sistemas naturales y sobretodo en los agroecosistemas pueden presentarse uno o varios factores limitantes de la aptitud física y/o económica. La seguridad de la limitación es importante, pues el sistema primero califica por este factor y luego por los otros procedimientos de decisión. Es posible combinar los árboles de decisión con el factor limitante.

Dentro de la presente evaluación no fue necesario considerar ningún factor limitante para los objetivos previamente planteados.

#### **Factores del rendimiento proporcional**

En algunos cultivos es posible documentar con mucha precisión cuál o cuáles factores afectan el rendimiento. Este procedimiento solo aplicable para efectos de la aptitud económica facilita la decisión. Una alta limitación de este procedimiento es la supuesta linealidad cuando hay más de dos factores, situación muy limitante y pues es poco probable que esto ocurra.

### ***5.3.8 Construcción de los modelos***

Para la presente evaluación como parte del procedimiento de la construcción del modelo, se tomó en cuenta lo siguiente:

- Los 6 TUT seleccionados son pocos pero representativos a los objetivos planteados y a la zona de estudio
- Los TUT están expresados en términos de cinco requerimientos de uso de la tierra
- Las cinco CaT seleccionadas son determinantes para formar la base de la evaluación
- Los árboles de decisión están contruidos en relación a las características de la tierra y de los requisitos de uso de las mismas
- Obtención de información reciente de parámetros económicos
- Elección de unidades de mapeo

### ***5.3.9 Evaluación física y Evaluación Económica***

En la presente evaluación se realizó primero la evaluación física seguido de la evaluación económica. Esta decisión de realizar las dos evaluaciones es libre para cada evaluador, sin embargo se tomo en consideración las dos opciones puesto que el resultado de un evaluación física son aptitudes relativas de un grupo de Tipos de utilización de tierras para cada área de tierra. Si se está tratando de determinar el mejor uso para un área de tierra, es necesario comparar de alguna forma las aptitudes para los diferentes usos. Puede suceder que una tierra calificada en términos físicos como “muy apta” para un determinado Tipo de utilización de tierra, pero apenas “marginamente apta” para otro, puede preferentemente ser usada por los productores con el segundo TUT y no con el primero, como sería de esperarse. Regularmente los criterios de optimización están fuertemente basados en factores económicos, así como también en factores sociales y culturales que verdaderamente juegan un rol importante.

En la evaluación física las Unidades cartográficas se asignaron a clases de aptitud física, las cuales indican una relativa aptitud, desde 1 (la mejor) hasta un número máximo de 5 (la

peor). Se manejan las cinco clases de aptitud de tierra asignados a la combinación de cada tipo de uso con cada unidad de tierra, propuesta por la FAO (FAO, 1985).

**Cuadro 5.4 Clases de aptitud de la tierra y su descripción**

No	Clase	Descripción
1	<p style="text-align: center;"><b>A1</b> <b>Sumamente</b> <b>apta</b></p>	<p>Tierras que no tiene limitaciones de importancia para una aplicación sostenida de un uso determinado, o que sólo tienen limitaciones de menos grado que no reducirán significativamente la productividad o los beneficios ni harán elevar los insumos por encima del nivel aceptable</p>
2	<p style="text-align: center;"><b>A2</b> <b>Moderadamente</b> <b>apta</b></p>	<p>Tierras con limitaciones que en conjunto son moderadamente graves para la aplicación sostenida un uso determinado; las limitaciones pueden reducir la productividad o los beneficios y aumentar los insumos necesarios hasta un grado en que las ventajas globales obtenidas de dicho uso, si bien todavía atractivas, serán bastantes inferiores a las esperadas de las tierras de clase A1</p>
3	<p style="text-align: center;"><b>A3</b> <b>Marginalmente</b> <b>apta</b></p>	<p>Tierras con limitaciones que en conjunto son graves para la aplicación sostenida de un uso determinado y reducirán la productividad o los beneficios, o incrementarán los insumos necesarios en tal medida que estos desembolsos quedarán solo marginalmente justificados</p>
4	<p style="text-align: center;"><b>N1</b> <b>No apta</b> <b>actualmente</b></p>	<p>Tierras con limitaciones que pueden ser superadas en el tiempo, pero que no pueden corregirse con los conocimientos existentes a un costo actualmente aceptable; las limitaciones son tan graves que impiden un uso sostenido y satisfactorio de la tierra del modo que se ha determinado</p>
5	<p style="text-align: center;"><b>N2</b> <b>No apta</b> <b>permanentemente</b></p>	<p>Tierras que con limitaciones que parecen ser tan graves que impiden toda posibilidad de un uso sostenido y satisfactorio de las tierras en el modo que se ha determinado</p>

Luego de realizar la evaluación física se realiza la evaluación económica. Debido a que el cálculo de la evaluación física precede el de la aptitud económica, aquellas tierras valoradas como no aptas físicamente no serán consideradas para el uso sin importar aspectos económicos. Para realizar la evaluación económica de aquellas tierras físicamente aptas se necesita información de los componentes económicos como precios, rendimientos óptimos, información sobre rendimiento proporcional, etc.

Se utilizan las cinco clases económicas propuestas por la FAO (FAO, 1985)

?? S1	APTA
?? S2	MODERAMENTE APTA
?? S3	MARGINALMENTE APTA
?? N1	TEMPORALMENTE NO APTA
?? N2	ECONOMICAMENTE NO APTA

### ***5.3.10 Sistema de Información Geográfica***

El ALES cuenta actualmente con una interfase con el Sistema de Información Geográfica IDRISI denominada ALIDRIS, de esta manera los resultados de los análisis hechos con ALES pueden ser fácilmente utilizados como capas de información de estos sistemas. Esta herramienta permite extraer datos vertidos al SIG e importarlos a ALES donde luego de ser manipulados son exportados nuevamente a IDRISI.

La idea básica de ALIDRIS es usar la base de datos o los resultados de la evaluación del ALES para reclasificar una imagen raster existente en IDRISI representando las unidades de tierra o de mapeo del ALES. Con el mapa base de las unidades de tierra, ALIDRIS pueden hacer mapas simples de cualquier característica de la tierra y los resultados de evaluaciones finales, tanto físicas como económicas.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSION

### ***6.1 UNIDADES DE MAPEO***

La obtención e identificación de unidades de mapeo se realizó por medio de la sobreposición de mapas de la zona de la subcuenca Guayabo que contenían las siguientes características:

- Precipitación promedio anual en mm de lluvia anual
- Altura en msnm
- Pendiente en %

#### ***6.1.1 Generación de mapas***

##### **Mapa de precipitación**

Este mapa fue elaborado a partir de los datos contenidos en las estaciones meteorológicas de la Cuenca del Reventazón con el cual se elaboró el mapa de Isoyetas de la zona, del que posteriormente se extrajo el mapa de distribución de la precipitación de la cuenca del río Reventazón. Por sobreposición del mapa de precipitación del Reventazón junto con el mapa de la subcuenca Guayabo, se pudo obtener el mapa de precipitación de la subcuenca del Guayabo.

El mapa de precipitación obtenido de la subcuenca Guayabo fue reclasificado en cinco categorías con los siguientes propósitos:

- 1- Con el propósito de obtener valores y áreas más homogéneas de precipitación en toda la zona de la subcuenca

2- Para no obtener unidades de mapeo demasiado pequeñas a la hora de realizar la sobreposición de los tres mapas seleccionados.

Las cinco categorías resultantes son:

?? 2900-3050 mm

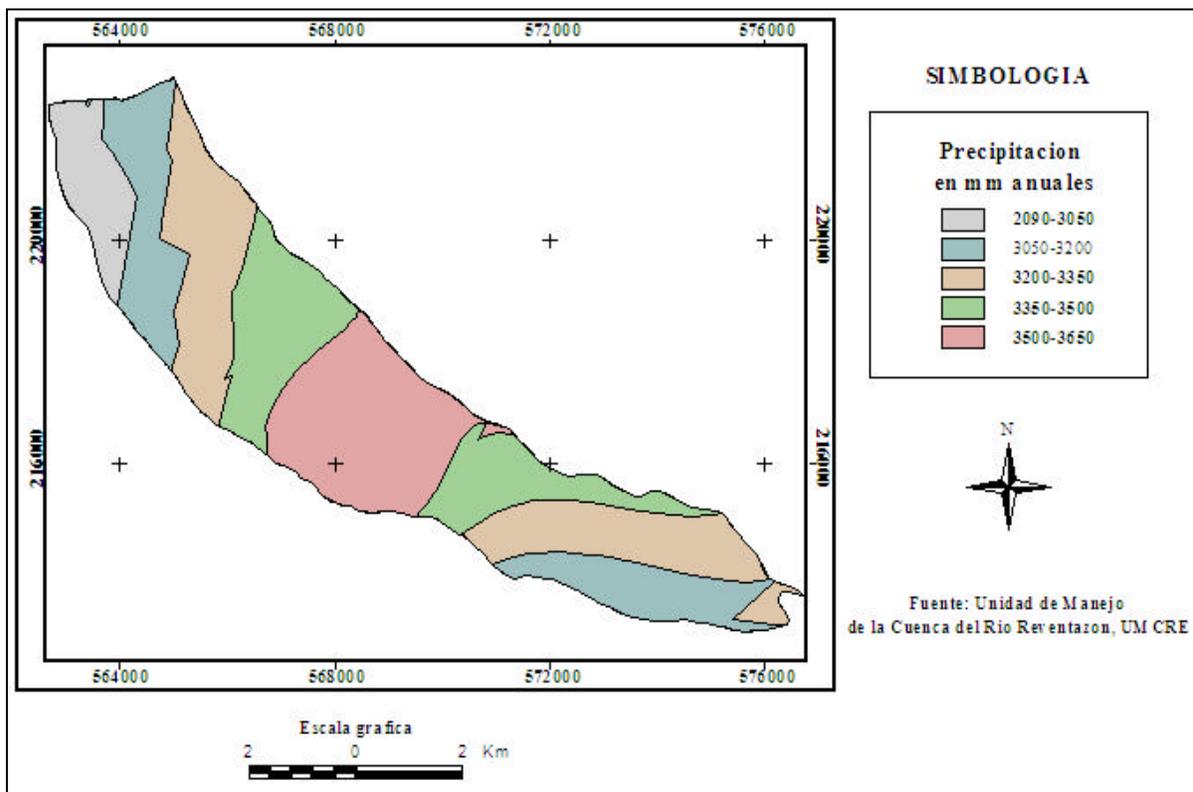
?? 3050-3200 mm

?? 3200-3350 mm

?? 3350-3500 mm

?? 3500-3650 mm

**Mapa 6.1 Mapa de precipitación de la subcuenca Guayabo**



La mayor parte de la subcuenca comprende la zona en la que la precipitación anual es entre 3200-3350 mm, y comprende el 28.07% (11.25 Km<sup>2</sup>) de la subcuenca Guayabo.

### **Mapa de altitud**

El mapa de altitud en msnm se obtuvo por medio del mapa de Curvas a nivel de la cuenca del río Reventazón, del que posteriormente por sobreposición del mapa de la subcuenca se obtuvo el mapa de altitud de la subcuenca del Guayabo.

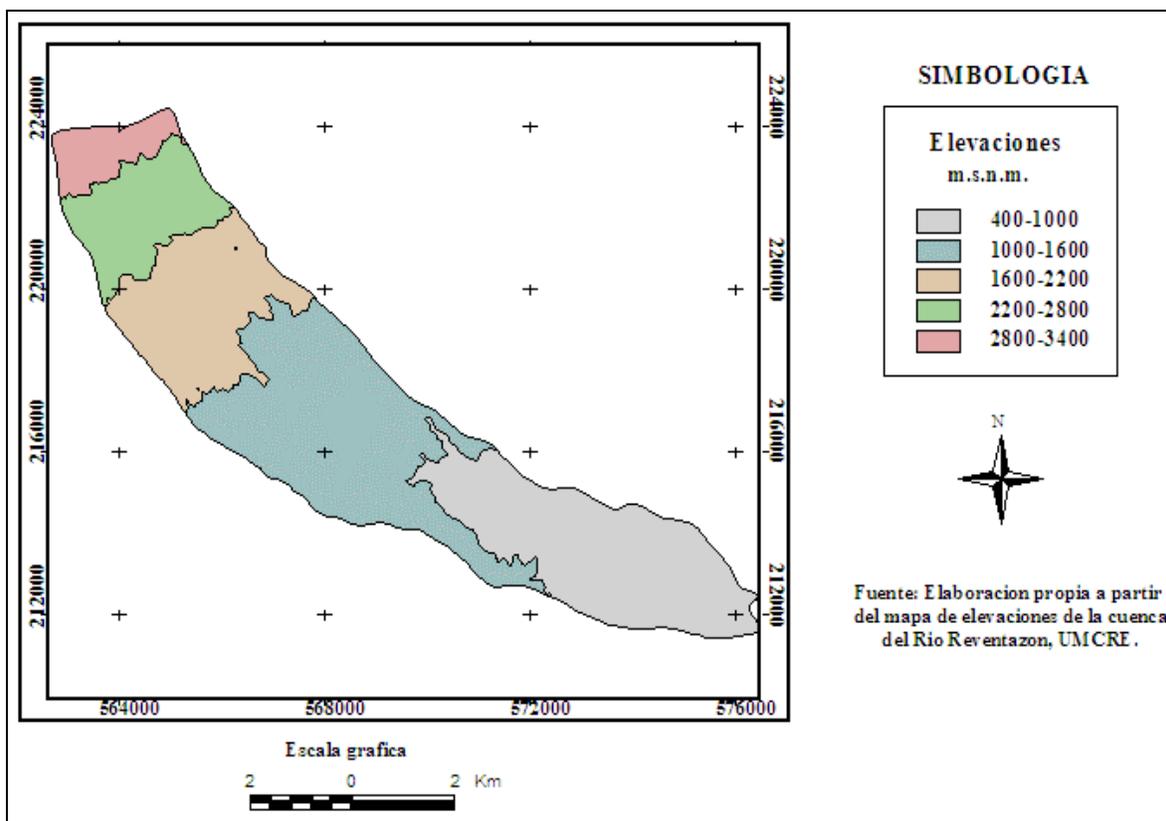
El mapa resultante de la altitud de la subcuenca Guayabo fue reclasificado en cinco categorías, siguiendo los mismos propósitos que con el mapa de precipitación de la subcuenca Guayabo.

Las clases resultantes son:

- ?? 400-1000 msnm
- ?? 1000-1600 msnm
- ?? 1600-2200 msnm
- ?? 2200-2800 msnm
- ?? 2800-3400 msnm

La mayor parte de la subcuenca se encuentra entre el rango de los 1000-1600 msnm, comprendiendo un área de 13.91 Km<sup>2</sup> es decir el 34.70% del área de la subcuenca.

**Mapa 6.2 Mapa de altitud de la subcuenca Guayabo**



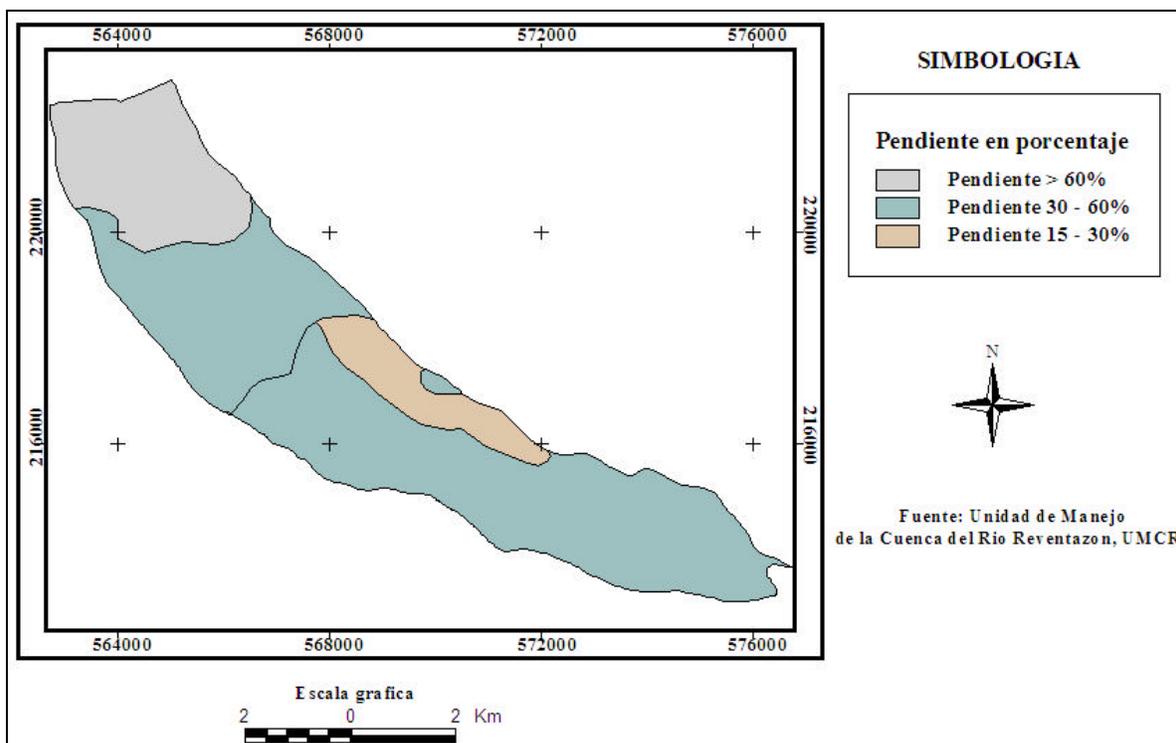
### Mapa de pendiente

El mapa de pendiente de la subcuenca Guayabo se obtuvo por medio del mapa de Pendiente de la Cuenca del Reventazón, del que posteriormente por sobreposición de la subcuenca Guayabo, se extrajo el mapa de Pendiente de la subcuenca Guayabo.

El mapa resultante del % de pendiente de la subcuenca Guayabo no fue reclasificado y contiene solamente tres categorías de las cinco que contiene el mapa de la cuenca Reventazón:

- |                           |                         |
|---------------------------|-------------------------|
| ?? Escarpado              | Pendiente de mas de 60% |
| ?? Fuertemente Ondulado   | Pendiente de 30-60%     |
| ?? Moderadamente Ondulado | Pendiente de 15-30%     |

**Mapa 6.3 Mapa de pendiente de la subcuenca Guayabo**

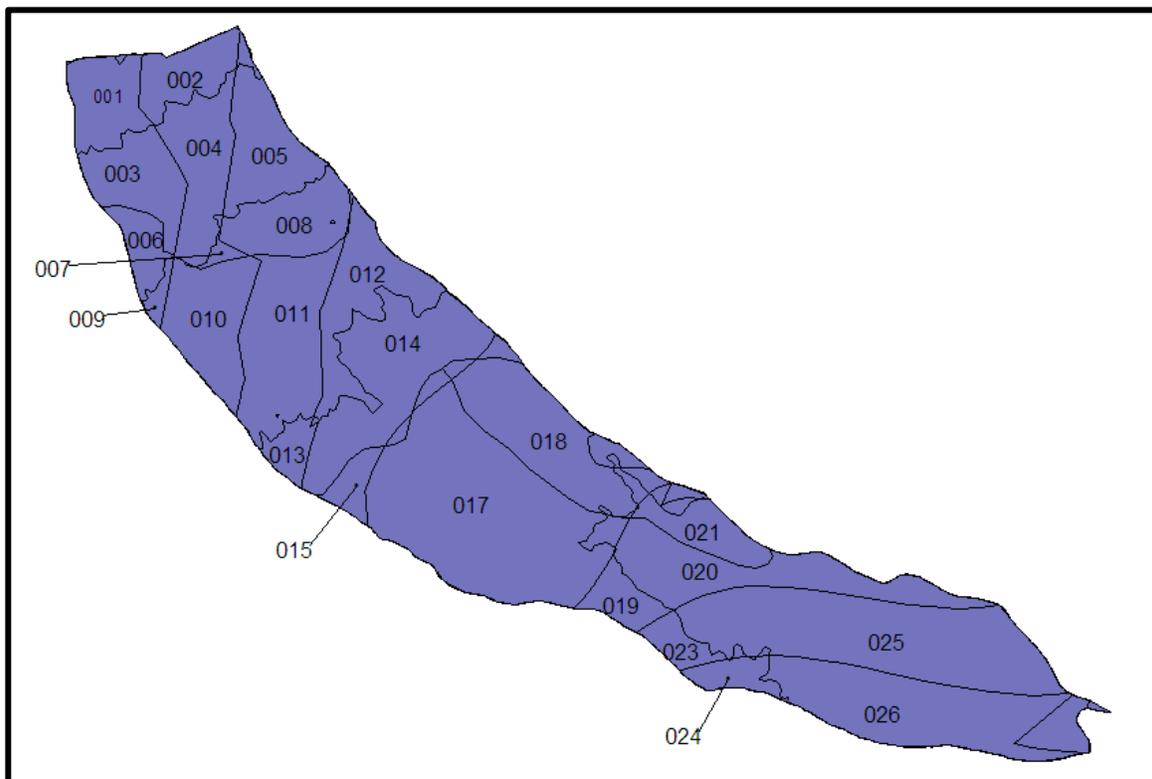


La mayor parte de la subcuenca del Guayabo con un 71.19% (28.54 Km<sup>2</sup>) del área de la subcuenca, se encuentra en la categoría con pendiente entre 30-60%

### **6.1.2 Obtención unidades de mapeo**

Por medio de la sobreposición de los mapas de precipitación, altitud y pendiente pertenecientes a la subcuenca del Guayabo, se obtuvieron 26 unidades de mapeo a evaluar. Vale la pena mencionar que con la sobreposición de los mapas se obtienen más de 26 áreas que puedan identificarse como unidades de mapeo, pero no se tomaron en cuenta aquellas que tuvieran un área menor de 0.10 Km<sup>2</sup>, pues resultan demasiadas pequeñas en relación al área total de la subcuenca y que por ende la evaluación en ellas no fuera significativa.

### Mapa 6.4 Mapa de unidades de mapeo identificadas



Las unidades de mapeo no fueron identificadas por código, como se suele hacer, sino solamente por números.

Las primeras 18 unidades de mapeo corresponden a la zona alta de la subcuenca del Guayabo llamado comúnmente Guayabo alto y las restantes pertenecen a Guayabo bajo.

En la evaluación se tomó en cuenta toda la zona de la subcuenca, aunque para el proyecto es más importante por el momento la zona de Guayabo alto, en la que se encuentran la mayoría de las fincas establecidas con el sistema de semiestabulación.

Por lo tanto el área evaluada es de 39.25 km<sup>2</sup>, correspondiente al 97.90% del total del área de la subcuenca (40.09 Km<sup>2</sup>).

Las unidades de mapeo identificadas con sus respectivas áreas son:

**Cuadro 6.1 Unidades de Mapeo y áreas respectivas**

<b>Identificación de la Unidad</b>	<b>Zona</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentaje de área (%)</b>
001	Guayabo alto	1.17	2.92
002	Guayabo alto	0.97	2.41
003	Guayabo alto	1.36	3.40
004	Guayabo alto	1.83	4.57
005	Guayabo alto	1.17	2.91
006	Guayabo alto	0.55	1.38
007	Guayabo alto	0.18	0.45
008	Guayabo alto	1.29	3.22
009	Guayabo alto	0.22	0.55
010	Guayabo alto	1.85	4.61
011	Guayabo alto	2.76	6.89
012	Guayabo alto	1.27	3.17
013	Guayabo alto	0.58	1.44
014	Guayabo alto	2.89	7.22
015	Guayabo alto	1.14	2.84
016	Guayabo alto	0.60	1.49
017	Guayabo alto	4.82	12.01
018	Guayabo alto	1.57	3.91
019	Guayabo bajo	0.70	1.74
020	Guayabo bajo	1.77	4.42
021	Guayabo bajo	0.91	2.27
022	Guayabo bajo	0.28	0.71
023	Guayabo bajo	0.43	1.08
024	Guayabo bajo	0.52	1.29
025	Guayabo bajo	4.71	11.74
026	Guayabo bajo	3.71	9.26

### 6.1.3 Características de unidades de mapeo

Para cada una de las unidades de mapeo obtenidas se evaluaron 5 características de la tierra agrupadas en factores climáticos y edáficos.

**Cuadro 6.2 Características de la tierra de las unidades de mapeo**

<b>Ident. de la Unidad</b>	<b>Elevación (msnm)</b>	<b>Precipitación (mm)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Meses secos consecutivos (meses)</b>	<b>Características del terreno (Pendiente)</b>
001	2800-3400	2900-3050	10-12	1	Escarpado
002	2800-3400	3050-3200	10-12	1	Escarpado
003	2200-2800	2900-3050	10-12	2	Escarpado
004	2200-2800	3050-3200	12-14	1	Escarpado
005	2200-2800	3200-3350	12-14	1	Escarpado
006	2200-2800	2900-3050	12-14	2	Fte. ondulado
007	1600-2200	3050-3200	12-14	2	Escarpado
008	1600-2200	3200-3350	14-16	2	Escarpado
009	1600-2200	2900-3050	12-14	2	Fte. ondulado
010	1600-2200	3050-3200	14-16	2	Fte. ondulado
011	1600-2200	3200-3350	14-16	2	Fte. ondulado
012	1600-2200	3350-3500	14-16	2	Fte. ondulado
013	1000-1600	3200-3350	16-18	2	Fte. ondulado
014	1000-1600	3350-3500	16-18	2	Fte. ondulado
015	1000-1600	3350-3500	16-18	2	Fte. ondulado
016	1000-1600	3500-3650	16-18	2	Mod. ondulado
017	1000-1600	3500-3650	16-18	2	Fte. ondulado
018	1000-1600	3500-3650	16-18	2	Mod. ondulado
019	1000-1600	3350-3500	18-20	2	Fte. ondulado
020	400-1000	3350-3500	18-20	2	Fte. ondulado
021	400-1000	3350-3500	16-18	2	Mod. ondulado
022	1000-1600	3350-3500	16-18	2	Mod. ondulado
023	1000-1600	3200-3350	18-20	2	Fte. ondulado
024	1000-1600	3050-3200	18-20	2	Fte. ondulado
025	400-1000	3200-3350	18-20	2	Fte. ondulado
026	400-1000	3050-3200	18-20	2	Fte. ondulado

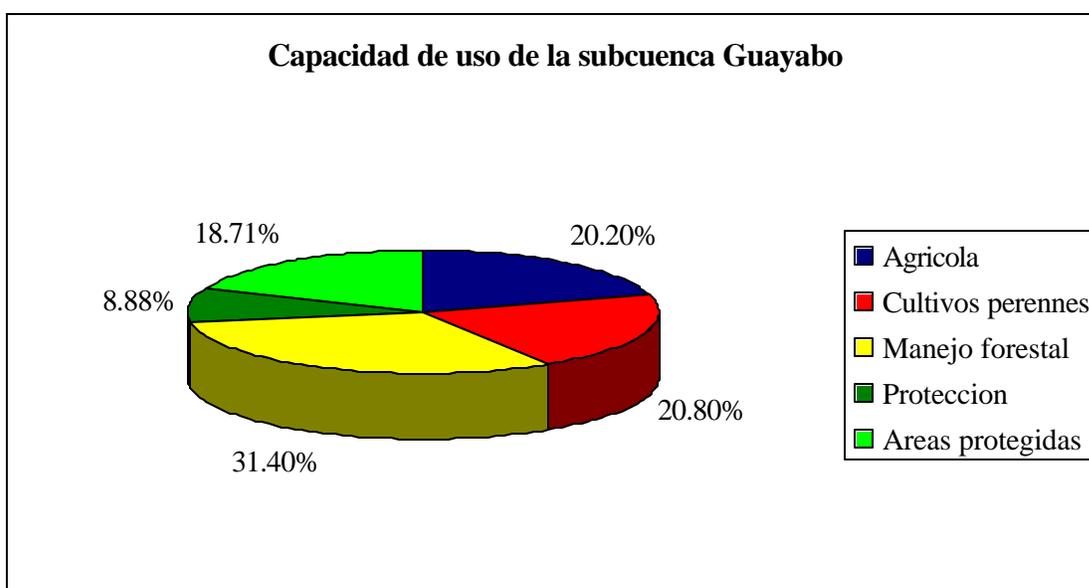
Fte = Fuertemente

Mod = Moderadamente

## 6.2 EVALUACIONES

### 6.2.1 Capacidad de uso y Uso actual de la zona

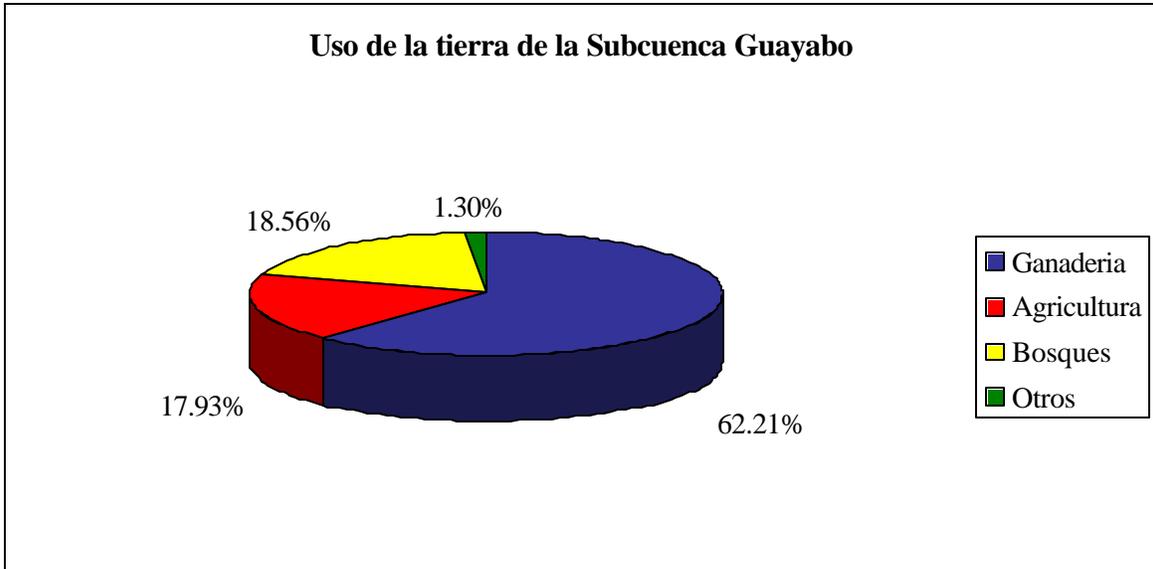
La capacidad de uso de la tierra en la subcuenca Guayabo es predominantemente de manejo forestal. De los 40.09 km<sup>2</sup> de la subcuenca 12.59 km<sup>2</sup> son de capacidad forestal, 8.10 tienen capacidad agrícola, 8.34 capacidad para cultivos perennes, 3.56 a áreas de protección y 7.50 áreas protegidas.



Fuente: UMCRE, Unidad de Manejo de la Cuenca del Río Reventazón

**Figura 6.1 Capacidad de uso de la tierra de la subcuenca Guayabo**

En los últimos años el uso de la tierra de la subcuenca Guayabo ha mostrado un incremento en la Ganadería, dejando en minoría los otros usos existentes. De los 40.09 km<sup>2</sup>, 24.94 km<sup>2</sup> están siendo utilizada con fines ganaderos, 7.19 a la agricultura, 7.44 por Bosques y 0.52 para otros usos.



Fuente: UMCRE, Unidad de Manejo de la Cuenca del Río Reventazón

**Figura 6.2 Uso de la tierra actual de la subcuenca Guayabo**

La subcuenca en su uso actual es eminentemente agropecuaria con una mayor incidencia en la producción de pastos para ganadería de leche y doble propósito.

Las fincas de la subcuenca presentan un tamaño promedio que oscila entre 5 y 20 ha, a excepción del sector medio al este donde se registran fincas entre 50 y 100 ha.

Se analizó para las 26 unidades de mapeo resultantes la adaptabilidad a cada uno de los tipos de Uso de Tierra seleccionados.

## ***6.2.2 Aptitud física y económica por Tipo de Uso de la Tierra***

### ***6.2.2.1 Construcción de modelos***

Se construyeron seis modelos para cada uno de los Tipos de Uso de la Tierra: Sorgo Forrajero, King Grass, Kikuyo, Estrella Africana, Morera y Sauco.

Cada uno de los modelos de evaluación contiene una base de datos y una base de conocimientos.

?? La base de datos esta constituida por las 26 unidades de mapeo, cinco Requisitos de Uso de la Tierra, cinco Características de la Tierra, el producto de cada uno de ellos (Kg. materia seca), los insumos correspondientes y parámetros económicos.

?? La base de conocimientos realizada con expertos contiene los árboles de decisión para determinar los niveles de aptitud de las cualidades de la tierra correspondientes a cada RUT, para evaluar la aptitud física de cada TUT y para evaluar el rendimiento proporcional de cada TUT.

Cada modelo fue considerado como monocultivo y fueron analizados para un período de tiempo de un año.

Una vez construidos los modelos, se realizó el análisis de los resultados en el siguiente orden:

1. Evaluando y analizando la aptitud física de cada Tipo de Uso de la tierra
2. Evaluando y analizando la aptitud económica de cada TUT
3. Realizando comparaciones entre la aptitud física y económica entre los TUT evaluados, para determinar si el sistema de ganadería semiestabulado es viable en la zona

### 6.2.2.2 Tipos de Uso de la Tierra

#### - PASTOS DE CORTE

#### ?? *Sorgo Forrajero*

#### ☞ Evaluación física

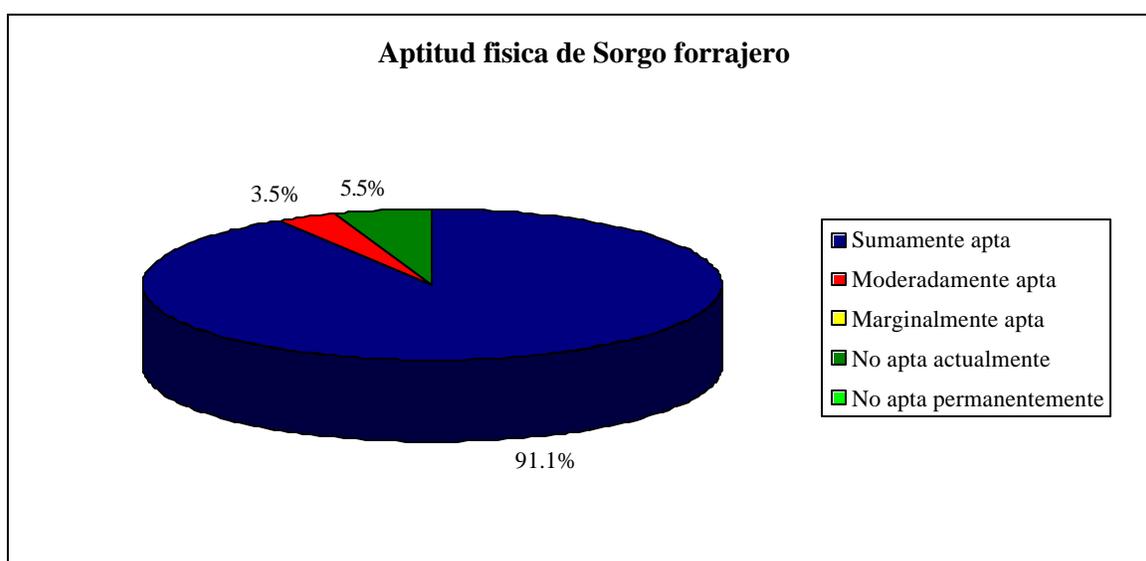
Los resultados obtenidos en la evaluación de aptitud física para el Sorgo Forrajero son:

**Cuadro 6.3 Resultado de evaluación física para Sorgo Forrajero**

Unidad de Mapeo	Área de la unidad (km <sup>2</sup> )	Clase de aptitud	Calidad de la tierra				
			Agua disponible	Altitud requerida	Capacidad laboreo	Riesgo erosión	Temp. requerida
001	1.17	4	1	5	2	2	5
002	0.97	4	1	5	2	2	5
003	1.36	2	1	1	2	2	4
004	1.83	1	1	1	2	2	4
005	1.17	1	1	1	2	2	4
006	0.55	1	1	1	1	3	4
007	0.18	1	1	1	2	2	4
008	1.29	1	1	1	2	2	4
009	0.22	1	1	1	1	3	4
010	1.85	1	1	1	1	3	1
011	2.76	1	1	1	1	3	1
012	1.27	1	1	1	1	2	1
013	0.58	1	1	1	1	3	1
014	2.89	1	1	1	1	2	1
015	1.14	1	1	1	1	2	1
016	0.60	1	1	1	1	3	1
017	4.82	1	1	1	1	2	1
018	1.57	1	1	1	1	3	1
019	0.70	1	1	1	1	2	1
020	1.77	1	1	1	1	2	1
021	0.91	1	1	1	1	3	1
022	0.28	1	1	1	1	3	1
023	0.43	1	1	1	1	3	1
024	0.52	1	1	1	1	3	1
025	4.71	1	1	1	1	3	1
026	3.71	1	1	1	1	3	1

**Cuadro 6.4 Clases de aptitud física y área para Sorgo Forrajero**

Clases de aptitud física	Área en km <sup>2</sup>	% de Área
Sumamente apta	35.75	91.08
Moderadamente apta	1.36	3.46
Marginalmente apta	0.00	0.00
No apta actualmente	2.14	5.45
No apta permanentemente	0.00	0.00
Área total de la subcuenca	39.25	100.00



**Figura 6.3 Clase de aptitud física de Sorgo Forrajero**

Según los resultados de la evaluación física para el Sorgo Forrajero en la subcuenca del río Guayabo, la zona es sumamente apta en un 91.08% (35.75 km<sup>2</sup>), es decir cumple con todos los requerimientos necesarios del cultivo para su óptima productividad.

Un 3.46% de las tierras (1.36 km<sup>2</sup>) presentan una aptitud moderada para el cultivo del Sorgo. Esta área específica de la subcuenca que presenta esta aptitud moderada (unidad de mapeo 3) tiene problemas relativos al requerimiento de temperatura, pues en esa zona la temperatura es fría, en relación al requerimiento del cultivo.

El porcentaje restante de las tierras de la subcuenca (5.45%, aproximadamente 2.14 km<sup>2</sup>) no presentan aptitud actual para este cultivo. Esta área la representan las unidades de mapeo 1 y 2 y es debido a las bajas temperaturas de esa zona.

Otro factor limitante en estas dos primeras unidades de mapeo es la altitud requerida, pues sobrepasa los 2200 msnm, y el sorgo posee un óptimo crecimiento en el rango de 0-2000 msnm.

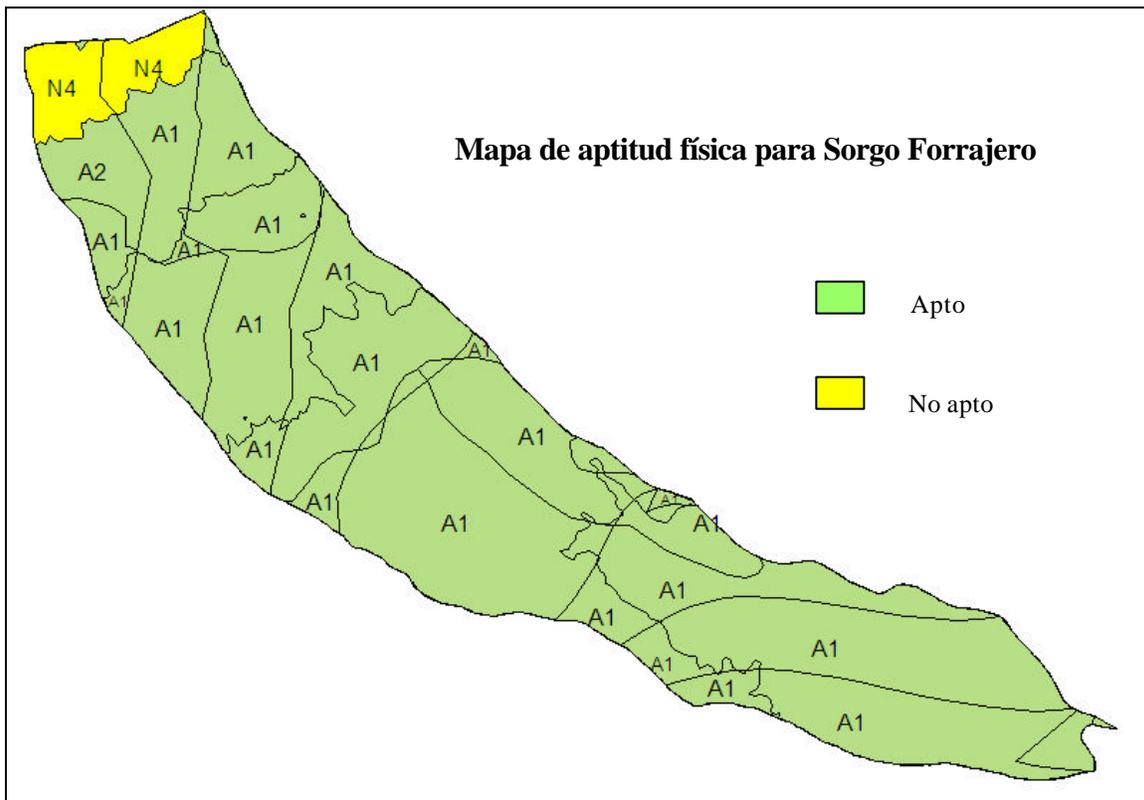
El Sorgo Forrajero es un cultivo de temperaturas medias, y aunque las primeras nueve unidades de mapeo muestran esta misma inadaptabilidad a la temperatura (8.74km<sup>2</sup>, 22.27% del área total), en las unidades de la 3 a la 9 la inadaptabilidad es compensado debido a que la altura en esa área, es la altura que requiere el sorgo para su óptimo crecimiento.

Las mejores condiciones (nivel de aptitud 1, sumamente apta) para el sorgo, se encuentran de la unidad de mapeo 9 en adelante, en las cuales las alturas se encuentran entre los 400-2200 msnm, precipitación entre 2900-3200 mm, temperaturas ente 14-20°C y 2 meses secos consecutivos, las cuales se encuentran dentro de los rangos promedios óptimos para el buen crecimiento y desarrollo de este cultivo.

Por lo tanto la mayor aptitud del sorgo a las tierras de la subcuenca Guayabo, se encuentra en la parte media y baja de la subcuenca.

Se puede apreciar la ausencia de unidades de tierra con aptitudes 3 (marginalmente apta) y 5 (no apta).

### Mapa 6.5 Aptitud física para Sorgo Forrajero



A1 = Sumamente apta

A2 = Moderadamente apta

A3 = Marginalmente apta

N4 = No apta actualmente

N5 = No apta permanentemente

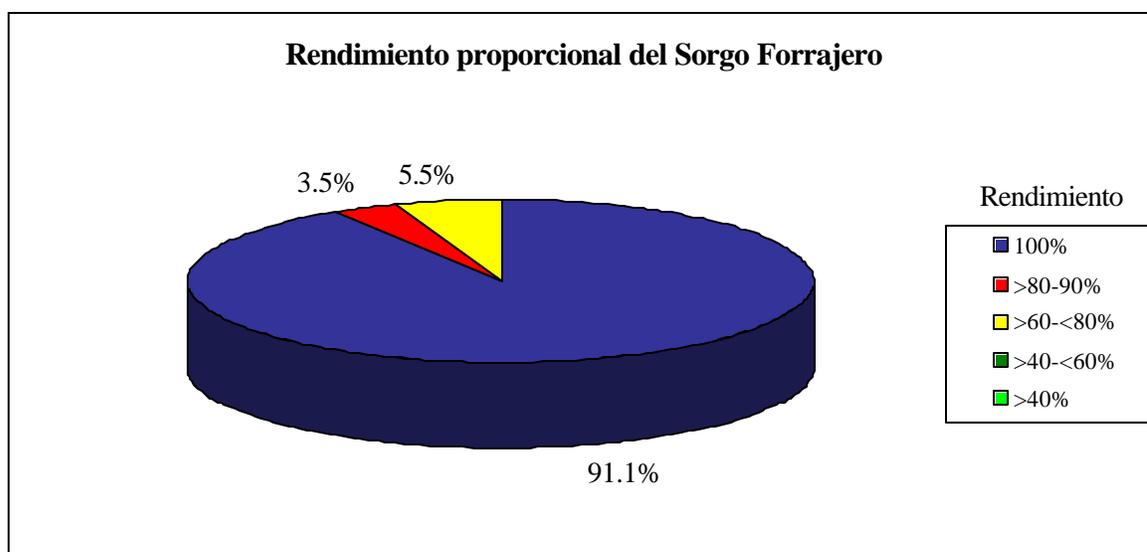
Los resultados del rendimiento para el Sorgo Forrajero se muestran el siguiente cuadro:

**Cuadro 6.5 Rendimiento proporcional y rendimiento real para el Sorgo Forrajero**

<b>Unidad de mapeo</b>	<b>Área de la unidad (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Rendimiento proporcional (%)</b>	<b>Rendimiento real Normalizado KgMs/ha/año</b>	<b>Rendimiento real No Normalizado KgMs/UM/año</b>
1	1.17	70.0	8,694	1,017,198
2	0.97	70.0	8,694	843,318
3	1.36	90.0	11,178	1,520,208
4	1.83	100.0	12,420	2,272,860
5	1.17	100.0	12,420	1,453,140
6	0.55	100.0	12,420	683,100
7	0.18	100.0	12,420	223,560
8	1.29	100.0	12,420	1,602,180
9	0.22	100.0	12,420	273,240
10	1.85	100.0	12,420	2,297,700
11	2.76	100.0	12,420	3,427,920
12	1.27	100.0	12,420	1,577,340
13	0.58	100.0	12,420	720,360
14	2.89	100.0	12,420	3,589,380
15	1.14	100.0	12,420	1,415,880
16	0.60	100.0	12,420	745,200
17	4.82	100.0	12,420	5,986,440
18	1.57	100.0	12,420	1,949,940
19	0.70	100.0	12,420	869,400
20	1.77	100.0	12,420	2,198,340
21	0.91	100.0	12,420	1,130,220
22	0.28	100.0	12,420	347,760
23	0.43	100.0	12,420	534,060
24	0.52	100.0	12,420	645,840
25	4.71	100.0	12,420	5,849,820
26	3.71	100.0	12,420	4,607,820

**Cuadro 6.6 Rendimiento proporcional y área para el Sorgo Forrajero**

Rendimiento proporcional	Área en km <sup>2</sup>	% de Área
100%	35.75	91.08
>80%-90%	1.36	3.46
>60-<80%	2.14	5.45
>40%-<60%	0.00	0.00
<40%	0.00	0.00
Área total de la subcuenca	39.25	100.00



**Figura 6.4 Rendimiento proporcional de Sorgo Forrajero**

Los resultados del rendimiento proporcional indican que este decrece en las primeras unidades de tierra de la subcuenca Guayabo, por lo tanto, en un 8.91% de la subcuenca no se obtienen los rendimientos que se esperan en el cultivo del Sorgo Forrajero.

De igual manera que en la evaluación física, las unidades de tierra situadas en la parte media y baja de la zona, poseen los mejores rendimientos y condiciones para el Sorgo.

☞ *Evaluación económica:*

El resultado de la relación beneficio/costo y margen bruto para el cultivo del Sorgo es:

**Cuadro 6.7 Relación beneficio/costo y margen bruto para el Sorgo Forrajero**

<b>Unidad de mapeo</b>	<b>Área de la unidad (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Relación Beneficio/Costo</b>	<b>Margen bruto Normalizado (\$)</b>	<b>Margen bruto No Normalizado (\$)</b>
1	1.17	0.61	-436.36	-51,052
2	0.97	0.61	-436.36	-42,325
3	1.36	0.78	-138.28	-18,804
4	1.83	0.87	10.75	1,967
5	1.17	0.87	10.75	1,257
6	0.55	0.87	10.75	591
7	0.18	0.87	10.75	193
8	1.29	0.87	10.75	1,386
9	0.22	0.87	10.75	236
10	1.85	0.87	10.75	1,988
11	2.76	0.87	10.75	2,967
12	1.27	0.87	10.75	1,365
13	0.58	0.87	10.75	623
14	2.89	0.87	10.75	3,106
15	1.14	0.87	10.75	1,225
16	0.60	0.87	10.75	645
17	4.82	0.87	10.75	5,181
18	1.57	0.87	10.75	1,687
19	0.70	0.87	10.75	752
20	1.77	0.87	10.75	1,902
21	0.91	0.87	10.75	978
22	0.28	0.87	10.75	301
23	0.43	0.87	10.75	462
24	0.52	0.87	10.75	559
25	4.71	0.87	10.75	5063
26	3.71	0.87	10.75	3988

En cuanto a los resultados de la evaluación económica para el Sorgo Forrajero se observa que en toda la zona la relación beneficio/costo es menor a 1, lo que indica que no existen unidades de tierra dentro de la zona de la subcuenca que generen beneficios para el cultivo. Prácticamente este valor indicaría que la zona de la subcuenca Guayabo no es económicamente rentable para el Sorgo forrajero.

Al igual que en la evaluación física, son las tres primeras unidades de mapeo las que presentan menor rentabilidad y es a partir de la unidad número cuatro en la que se observan el más alto valor de la relación beneficio/costo, aunque no es suficiente aún para no obtener pérdidas.

Para los resultados de margen bruto aunque se obtienen resultados positivos, en este resultado no se ha tomado en cuenta la tasa de descuento, por lo que es de esperar que los valores de ingreso transformados al valor presente de ingreso sea un valor más bajo, y el margen bruto obtenido sea negativo. Por lo que el parámetro indicativo de la rentabilidad del cultivo es la relación beneficio/costo.

?? *King Grass*

☞ Evaluación física

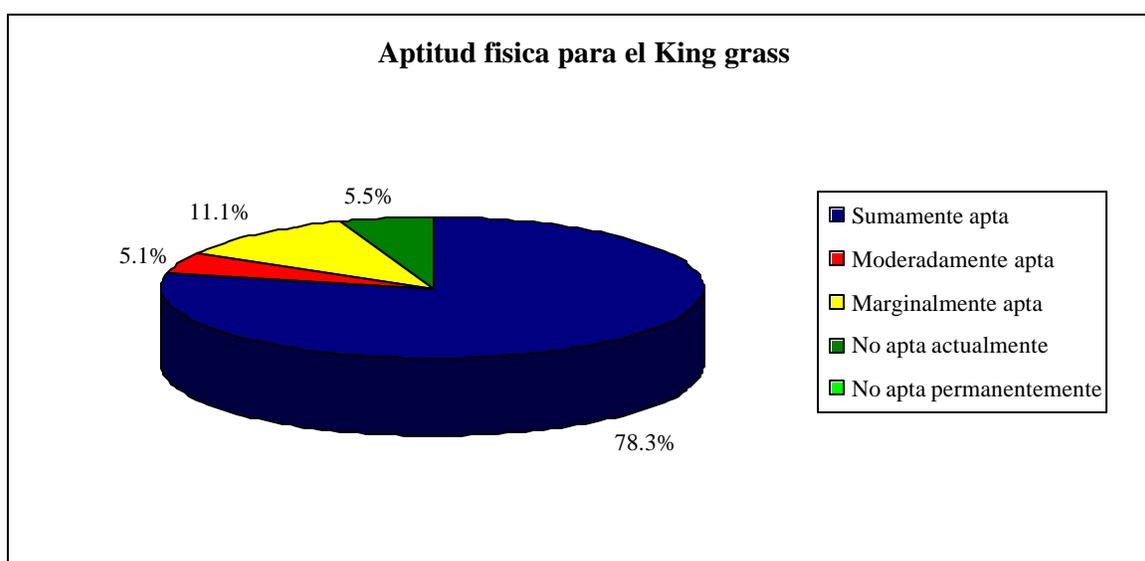
Los resultados obtenidos en la evaluación física para el King Grass son:

**Cuadro 6.8 Resultado de la evaluación física para el King Grass**

Unidad de Mapeo	Área de la unidad (km <sup>2</sup> )	Clase de aptitud	Calidad de la tierra				
			Agua disponible	Altitud requerida	Capacidad laboreo	Riesgo erosión	Temp. requerida
001	1.17	4	1	4	2	2	5
002	0.97	4	1	4	2	2	5
003	1.36	3	1	2	2	2	5
004	1.83	3	1	2	2	2	4
005	1.17	3	1	2	2	2	4
006	0.55	2	1	2	1	3	4
007	0.18	2	1	1	2	2	4
008	1.29	2	1	1	2	2	4
009	0.22	1	1	1	1	3	4
010	1.85	1	1	1	1	3	3
011	2.76	1	1	1	1	3	3
012	1.27	1	1	1	1	2	3
013	0.58	1	1	1	1	3	2
014	2.89	1	1	1	1	2	2
015	1.14	1	1	1	1	2	2
016	0.60	1	1	1	1	2	2
017	4.82	1	1	1	1	1	2
018	1.57	1	1	1	1	2	2
019	0.70	1	1	1	1	2	1
020	1.77	1	1	1	1	2	1
021	0.91	1	1	1	1	3	2
022	0.28	1	1	1	1	3	2
023	0.43	1	1	1	1	3	1
024	0.52	1	1	2	1	3	1
025	4.71	1	1	1	1	3	1
026	3.71	1	1	1	1	3	1

**Cuadro 6.9 Clase de aptitud física y área para King Grass**

Clases de aptitud física	Área en km <sup>2</sup>	% de Área
Sumamente apta	30.73	78.29
Moderadamente apta	2.02	5.15
Marginalmente apta	4.36	11.11
No apta actualmente	2.14	5.45
No apta permanentemente	0.0	0.00
Área total de la subcuenca	39.25	100.00



**Figura 6.5 Clase de aptitud física del King Grass**

Según los resultados de la evaluación física para el King Grass en la subcuenca del río Guayabo, la zona es sumamente apta en un 78.29% (30.73 km<sup>2</sup>), lo que indica que la mayor parte de la subcuenca poseen tierras con los requerimientos climáticos adecuados para el desarrollo óptimo del King Grass.

El 5.15% de las tierras de la subcuenca (2.02 km<sup>2</sup>) poseen una aptitud moderada y se puede observar fácilmente en las unidades de mapeo 6,7 y 8, en las cuales el factor más decisivo es la temperatura.

El 11.11% de las tierras (4.36 km<sup>2</sup>) poseen una aptitud marginal, localizado en las unidades de mapeo 3,4 y 5.

Solamente el 5.45% (2.14 km<sup>2</sup>) de las tierras de la subcuenca muestran no aptitud temporal para este cultivo. Esta zona lo comprenden las unidades de tierra 1 y 2, lo cual es debido a las bajas temperaturas de esa zona (temperaturas entre los 10-12°C), factor que se observa de igual manera con el cultivo del Sorgo Forrajero (ambos pastos de corte).

No se observa tierras en la zona en las cuales el cultivo no se apto permanentemente.

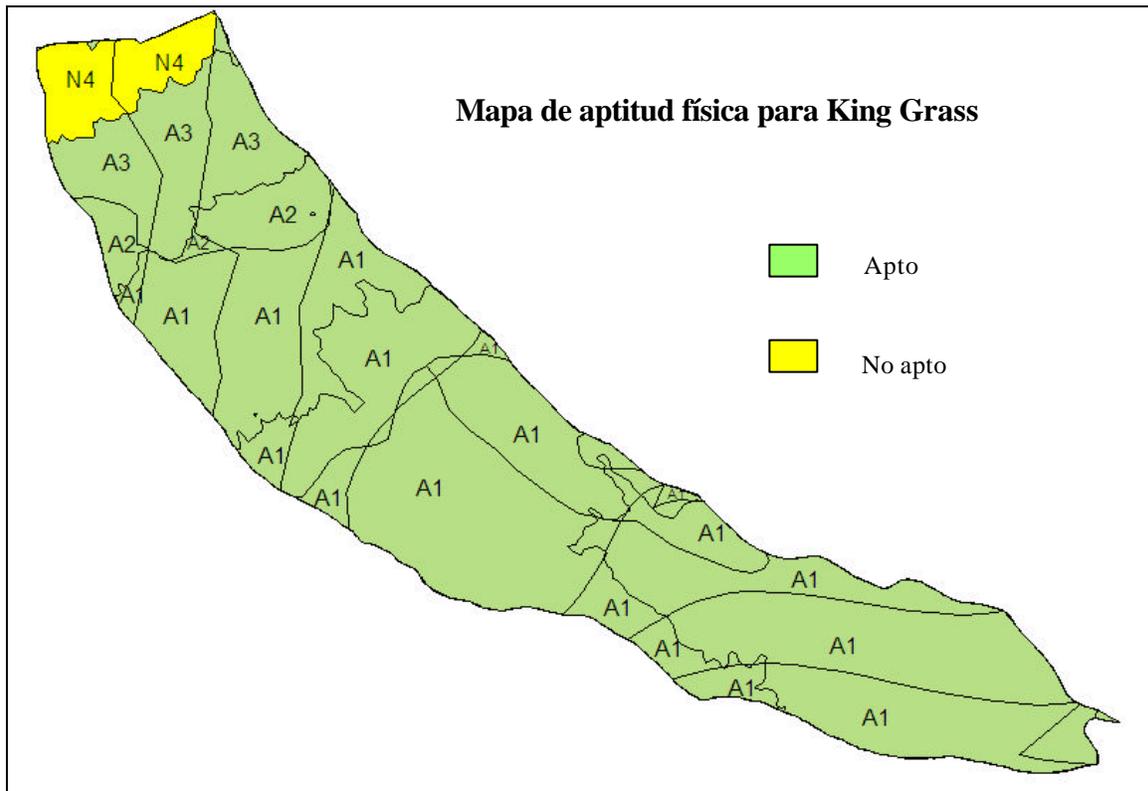
Con los resultados obtenidos se observa que a medida se va bajando en la zona, es decir a medida que las condiciones de temperatura van siendo mayores y la altura va disminuyendo, las tierras se tornan más aptas para el cultivo del King Grass.

El King Grass es un cultivo de temperaturas medias a altas (18-30°C) por lo que en las primeras tres unidades de mapeo muestra inadaptabilidad total y en las unidades de la cuatro a la ocho muestra una inadaptabilidad actualmente, debido a las bajas temperaturas de esta zona, temperaturas por debajo de los 12°C. Otro factor que limita el óptimo crecimiento del King Grass en las primeras seis unidades, es la altura de la zona. El King Grass requiere alturas entre los 0-2000 msnm y en esa porción de la subcuenca la altura sobrepasa los 2200 msnm.

De la unidad 9 en adelante, el King Grass presenta las mejores condiciones para su crecimiento, pues poseen elevaciones entre los 400-2200 msnm, precipitaciones entre los 2900-3650 mm, temperaturas entre 14-20°C y dos meses consecutivos de lluvia. Aunque la altura en estas unidades de mapeo esta por debajo de su temperatura óptima, las otras condiciones amortiguan esta descompensación, haciendo las tierras de la zona aptas para el cultivo.

Siendo la temperatura un factor intrínseco de la zona, es indispensable reconsiderar el cultivo del mismo en las unidades de la 1 a la 5.

## Mapa 6.6 Aptitud física para el King Grass



A1 = Sumamente apta

A2 = Moderadamente apta

A3 = Marginalmente apta

N4 = No apta actualmente

N5 = No apta permanentemente

Los resultados de rendimiento para el King Grass son:

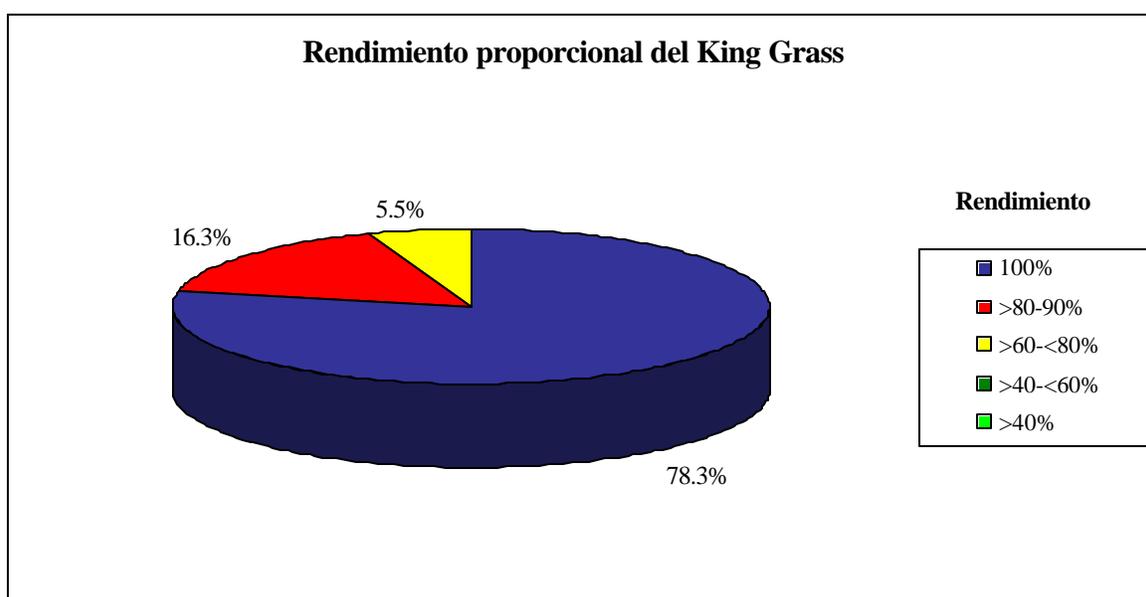
**Cuadro 6.10 Rendimiento proporcional y rendimiento real del King Grass**

<b>Unidad de Mapeo</b>	<b>Área de la unidad (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Rendimiento proporcional (%)</b>	<b>Rendimiento real Normalizado KgMs/ha/año</b>	<b>Rendimiento real No Normalizado KgMs/UM/año</b>
1	1.17	70.0	12,558	1,469,286
2	0.97	70.0	12,558	1,218,126
3	1.36	80.0	14,352	1,951,872
4	1.83	80.0	14,352	262,416
5	1.17	80.0	14,352	1,679,184
6	0.55	90.0	16,146	888,030
7	0.18	90.0	16,146	290,628
8	1.29	90.0	16,146	2,082,834
9	0.22	100.0	16,146	394,680
10	1.85	100.0	16,146	3,318,900
11	2.76	100.0	16,146	4,951,440
12	1.27	100.0	16,146	2,278,380
13	0.58	100.0	16,146	1,040,520
14	2.89	100.0	16,146	5,184,660
15	1.14	100.0	16,146	2,045,160
16	0.60	100.0	16,146	1,076,400
17	4.82	100.0	16,146	8,647,080
18	1.57	100.0	16,146	2,816,580
19	0.70	100.0	16,146	1,255,800
20	1.77	100.0	16,146	3,175,380
21	0.91	100.0	16,146	1,632,540
22	0.28	100.0	16,146	502,320
23	0.43	100.0	16,146	771,420
24	0.52	100.0	16,146	932,880
25	4.71	100.0	16,146	8,449,740
26	3.71	100.0	16,146	6,655,740

UM = Unidad de mapeo

**Cuadro 6.11 Rendimiento proporcional y área para King Grass**

Rendimiento proporcional	Área en km <sup>2</sup>	% de Área
100%	30.70	78.29
>80%-90%	6.38	16.25
>60-<80%	2.14	5.45
>40%-<60%	0.00	0.00
<40%	0.00	0.00
Area total de la subcuenca	39.25	100.00



**Figura 6.6 Rendimiento proporcional del King Grass**

Según los resultados obtenidos del rendimiento proporcional para el King Grass en las tierras de la subcuenca Guayabo, este presenta un 78.2% de tierras con un rendimiento proporcional del 100%, es decir, estas tierras producen 65 KgMs/ha/día y solamente el 21.8% de las tierras producen un porcentaje menor de pasto. El rendimiento proporcional del King Grass disminuye en las primeras ocho unidades de tierra, en las cuales las condiciones físicas no son las más óptimas para este cultivo.

*✓✓ Evaluación económica:*

El resultado de la relación beneficio/costo y margen bruto para el cultivo del King Grass es:

**Cuadro 6.12 Relación beneficio/costo y margen bruto para el King Grass:**

<b>Unidad de Mapeo</b>	<b>Área de la unidad (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Relación Beneficio/Costo</b>	<b>Margen bruto Normalizado (S)</b>	<b>Margen bruto No Normalizado (\$)</b>
1	1.17	1.53	659.12	77,117
2	0.97	1.53	659.12	63,934
3	1.36	1.75	874.40	118,918
4	1.83	1.75	874.40	160,015
5	1.17	1.75	874.40	102,304
6	0.55	1.97	1,089.68	59,932
7	0.18	1.97	1,089.68	102,304
8	1.29	1.97	1,089.68	140,568
9	0.22	2.19	1,304.96	28,709
10	1.85	2.19	1,304.96	241,417
11	2.76	2.19	1,304.96	360,168
12	1.27	2.19	1,304.96	165,729
13	0.58	2.19	1,304.96	75,687
14	2.89	2.19	1,304.96	377,133
15	1.14	2.19	1,304.96	148,765
16	0.60	2.19	1,304.96	78,297
17	4.82	2.19	1,304.96	628,990
18	1.57	2.19	1,304.96	204,878
19	0.70	2.19	1,304.96	91,347
20	1.77	2.19	1,304.96	230,977
21	0.91	2.19	1,304.96	118,751
22	0.28	2.19	1,304.96	36,538
23	0.43	2.19	1,304.96	56,113
24	0.52	2.19	1,304.96	67,857
25	4.71	2.19	1,304.96	614,636
26	3.71	2.19	1,304.96	484,140

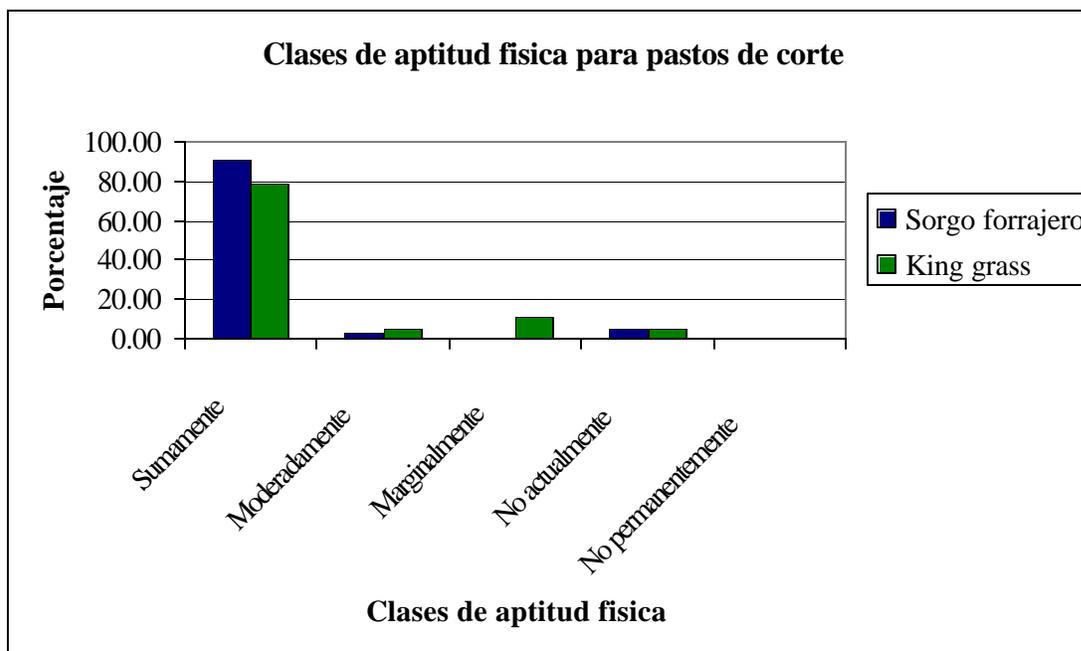
Según los resultados obtenidos para la evaluación económica del cultivo del King Grass se observa que en toda la zona la relación beneficio/costo es mayor que uno, lo que indica que el valor presente del ingreso es siempre mayor que el valor presente del egreso. Se observan cuatro valores de esta relación: 1.53 para las dos primeras unidades de mapeo (2.14 km<sup>2</sup>), 1.75 para las unidades de mapeo de la 3 a la 5 (4.36 km<sup>2</sup>), 1.97 para las unidades de mapeo 6,7 y 8 (2.02 km<sup>2</sup>) y de 2.19 para las unidades de mapeo de la 9 en adelante (30.73 km<sup>2</sup>). Esto indica que el 78.3% de la subcuenca obtiene una relación beneficio/costo de 2.19, por lo que la mayor parte de la subcuenca obtiene altos beneficios.

Este resultado indica que en toda la zona de la subcuenca Guayabo no se obtendrían pérdidas con el cultivo del King Grass. Se observa que esta relación va aumentando a medida que las unidades de mapeo se encuentran en la zona baja de la subcuenca, valores que concuerdan con la aptitud física del cultivo. Si bien es cierto la relación beneficio/costo siempre es mayor que uno, en las primeras 2 unidades de mapeo que poseen aptitud física 4, posiblemente se encuentren factores físicos que en algún momento limiten la productividad del cultivo bajando así sus rendimientos, por lo que es necesario profundizar en las causas de este.

Para los valores de margen bruto obtenidos se observa que los valores de retorno siempre son mayores que los costos, por lo que el margen bruto siempre será positivo en toda la zona de subcuenca. De igual forma que la relación beneficio/costo este aumenta a medida las unidades de mapeo se van encontrando en la zona más baja de la cuenca, es decir la zona más rentable y más productiva se encuentra a partir de la unidad de mapeo 9.

Comparaciones entre pasto de corte:

?? Aptitud física

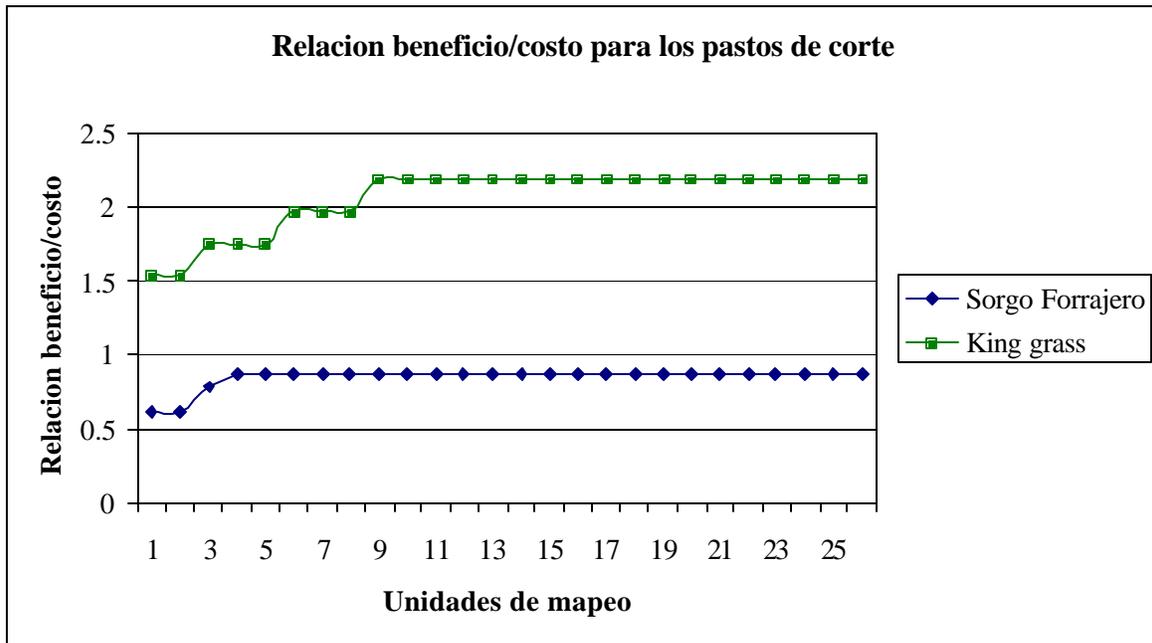


**Figura 6.7** Aptitud física para los pastos de corte

Las tierras de la zona de la subcuenca del Guayabo, en su mayoría, califican como aptas para los pastos de corte en estudio, sin embargo, se puede observar en la gráfica que el Sorgo Forrajero es un poco más apto a la zona, pues, aunque ambos pastos requieren temperaturas de medias a altas para su óptimo crecimiento (18-30°), este posee un rango de temperatura más amplio que el King Grass, siendo este el factor más determinante en la adaptabilidad de estos pastos a la zona.

No se observan zonas en las cuales las tierras de la subcuenca no sean aptas para este cultivo y en las zonas en la cual ambos cultivos no son aptos actualmente es la zona que comprende las unidades de tierra 1 y 2, cuyas temperaturas se encuentran por debajo de los 12°C.

## ?? Aptitud económica



**Figura 6.8 Relación beneficio/costo para los pastos de corte**

Por los resultados obtenidos para cada uno de los cultivos se observa que en ambos casos el valor de la relación beneficio/costo va aumentando a medida se va bajando en la zona de la subcuenca.

Para el Sorgo Forrajero se tiene que la relación beneficio/costo es menor que uno para toda la zona de la subcuenca, por lo que no es rentable; en cambio para el King Grass esta relación es en todas las unidades de mapeo mayor que uno, lo que indica que el cultivo del King Grass es el más rentable dentro de la subcuenca Guayabo que el Sorgo Forrajero.

## - PASTOS DE PISO

?? *Kikuyo*

☞ Evaluación física

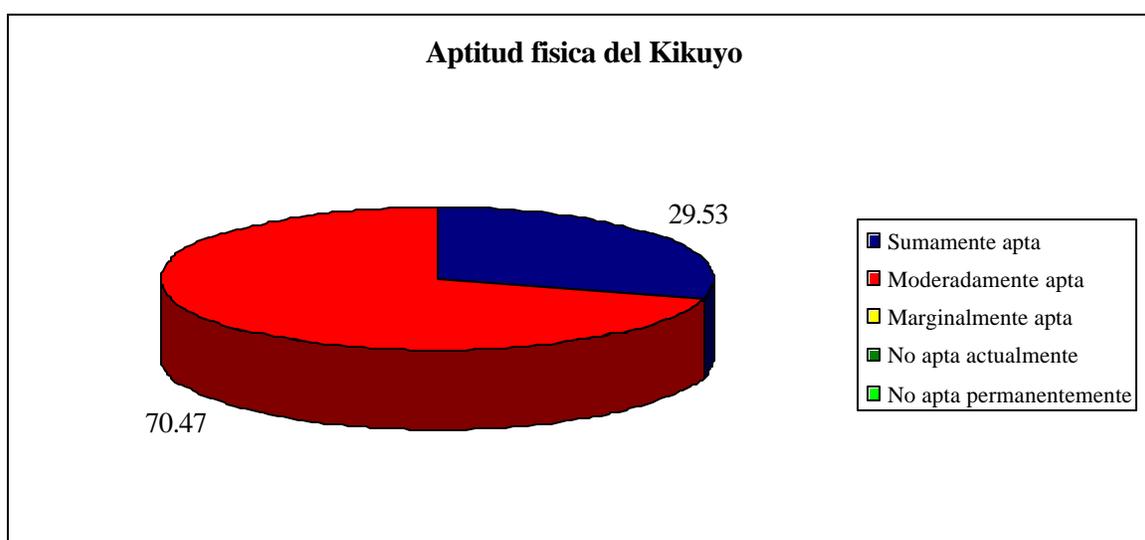
Los resultados obtenidos en la evaluación física para Kikuyo son:

**Cuadro 6.13 Resultado de la evaluación física para Kikuyo**

Unidad de Mapeo	Área de la unidad (km <sup>2</sup> )	Subclase de aptitud	Calidad de la tierra				
			Agua disponible	Altitud requerida	Capacidad laboreo	Riesgo erosión	Temp. requerida
001	1.17	2	1	2	1	2	3
002	0.97	2	1	2	1	2	3
003	1.36	2	2	1	1	2	3
004	1.83	1	1	1	1	2	2
005	1.17	1	1	1	1	2	2
006	0.55	2	2	1	1	3	2
007	0.18	2	2	1	1	2	2
008	1.29	2	2	1	1	2	2
009	0.22	2	2	1	1	3	2
010	1.85	1	2	1	1	3	1
011	2.76	1	2	1	1	3	1
012	1.27	2	2	1	1	2	1
013	0.58	1	2	1	1	3	1
014	2.89	2	2	1	1	2	1
015	1.14	2	2	1	1	2	1
016	0.60	1	2	1	1	3	1
017	4.82	2	2	1	1	2	1
018	1.57	1	2	1	1	3	1
019	0.70	2	2	1	1	2	1
020	1.77	2	2	2	1	2	1
021	0.91	2	2	2	1	3	1
022	0.28	1	2	1	1	3	1
023	0.43	1	2	1	1	3	1
024	0.52	1	2	1	1	3	1
025	4.71	2	2	2	1	3	1
026	3.71	2	2	2	1	3	1

**Cuadro 6.14 Clases de aptitud económica y área para Kikuyo**

Clases de aptitud física	Área en km <sup>2</sup>	% de Área
Sumamente apta	11.59	29.53
Moderadamente apta	27.66	70.47
Marginalmente apta	0.00	0.00
No apta actualmente	0.00	0.00
No apta permanentemente	0.00	0.00
Área total de la subcuenca	39.25	100.00



**Figura 6.9 Aptitud física del Kikuyo**

Según los resultados de la evaluación física para el Kikuyo en la subcuenca del río Guayabo, las tierras de la subcuenca son sumamente apto en un 29.53% (11.59 km<sup>2</sup>) para este cultivo y es moderadamente apta en un 70.47% de la subcuenca (27.66 km<sup>2</sup>).

Observando los requerimientos climáticos del cultivo en cuanto a precipitación, altura y temperatura, se puede observar que el factor más limitante para lograr una clase de aptitud 1 es la precipitación, pues la zona posee valores de precipitación hasta de 3650 mm, valor que sobrepasa el máximo del requerido por el cultivo que es 3000 mm. Pero este factor es

compensado por el requerimiento de temperatura del Kikuyo, pues es apto en temperaturas frías (9-17°C), y en esta zona las temperaturas se encuentran en el rango de 12-20°C.

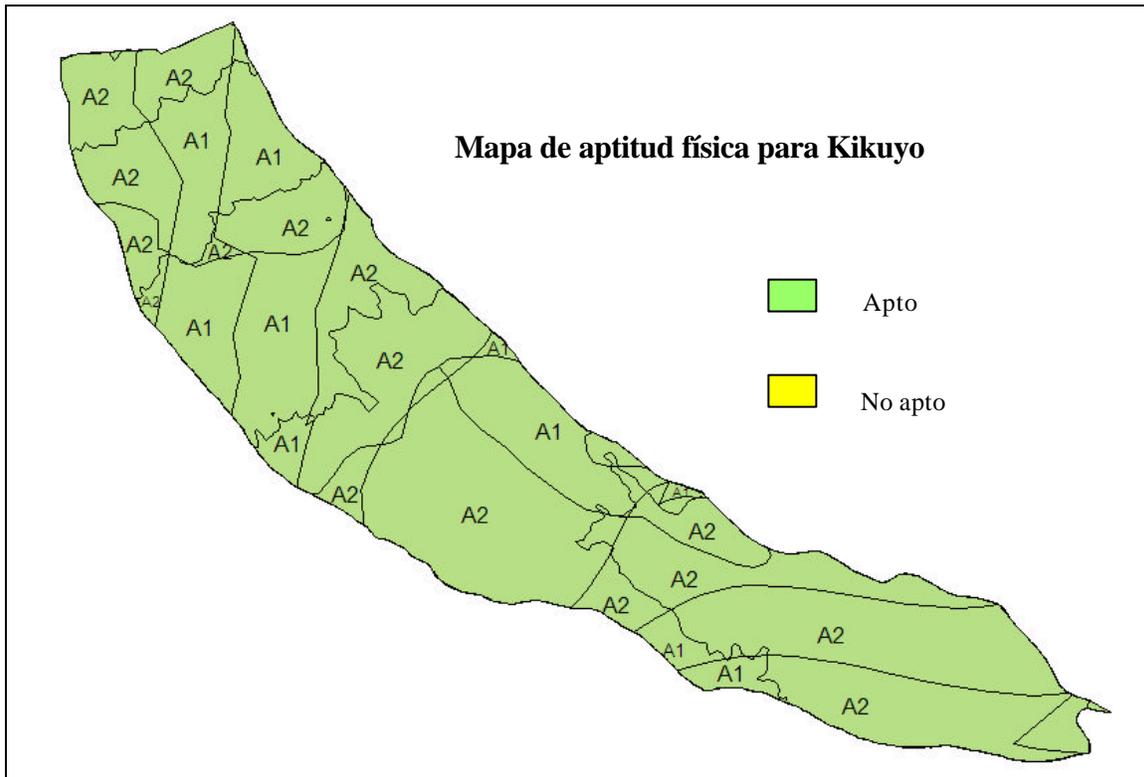
La altura dentro de la zona es la ideal para hacer de las tierras del Guayabo aptas para el cultivo del Kikuyo.

No hay un patrón establecido para definir la zona de la subcuenca con tierras de suma o moderada aptitud para el cultivo de Kikuyo, es decir, no se puede definir si la mejor zona se encuentra en la parte alta, media o baja de la subcuenca.

Si bien es cierto, la mayoría de las tierras son de aptitud moderada, y la subcuenca sólo posee tierras con aptitud 1 y 2, se podría entender que todas las tierras subcuenca califican como aptas para el Kikuyo; pero es necesario analizar más detenidamente la definición que proporciona la FAO a esas tierras como aptitud moderada: “Son tierras con limitaciones que en conjunto son moderadamente graves para la aplicación sostenida un uso determinado; las limitaciones pueden reducir la productividad o los beneficios y aumentar los insumos necesarios hasta un grado en que las ventajas globales obtenidas de dicho uso, si bien todavía atractivas, serán bastantes inferiores a las esperadas de las tierras de clase A1”. Por lo tanto se debe realizar el análisis de costos para decidir si se sigue incluyendo las zonas con aptitud 2 como totalmente aptas para el cultivo del Kikuyo.

No se presentan tierras que presenten clases de aptitud 3, 4 y 5, es decir no existen dentro de la zona tierras que no sean aptas para el cultivo.

### Mapa 6.7 Aptitud física para Kikuyo



A1 = Sumamente apta

A2 = Moderadamente apta

A3 = Marginalmente apta

N4 = No apta actualmente

N5 = No apta permanentemente

Los resultados de rendimiento proporcional y real para Kikuyo se muestran los siguientes cuadros:

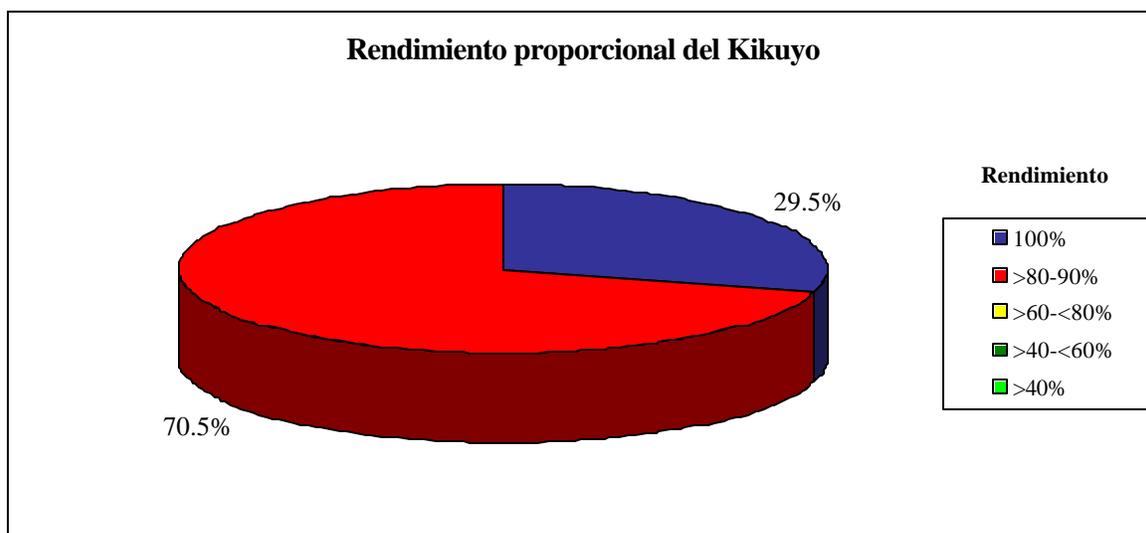
**Cuadro 6.15 Rendimiento proporcional y real para Kikuyo**

<b>Unidad de mapeo</b>	<b>Área de la unidad (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Rendimiento proporcional (%)</b>	<b>Rendimiento real Normalizado KgMs/ha/año</b>	<b>Rendimiento real No Normalizado KgMs/UM/año</b>
1	1.17	90.0	9,936	1,162,512
2	0.97	90.0	9,936	963,792
3	1.36	90.0	9,936	1,351,296
4	1.83	100.0	1,1040	2,020,320
5	1.17	100.0	1,1040	1,291,680
6	0.55	90.0	9,936	546,480
7	0.18	90.0	9,936	178,848
8	1.29	90.0	9,936	1,281,744
9	0.22	90.0	9,936	218,592
10	1.85	100.0	1,1040	2,042,400
11	2.76	100.0	1,1040	3,047,040
12	1.27	90.0	9,936	1,261,872
13	0.58	100.0	1,1040	640,320
14	2.89	90.0	9,936	2,871,504
15	1.14	90.0	9,936	1,132,704
16	0.60	100.0	1,1040	662,400
17	4.82	90.0	9,936	4,789,152
18	1.57	100.0	1,1040	1,733,280
19	0.70	90.0	9,936	695,520
20	1.77	90.0	9,936	1,758,672
21	0.91	90.0	9,936	904,176
22	0.28	100.0	1,1040	309,120
23	0.43	100.0	1,1040	474,720
24	0.52	100.0	1,1040	574,080
25	4.71	90.0	9,936	4,679,856
26	3.71	90.0	9,936	3,686,256

UM = Unidad de mapeo

**Cuadro 6.16 Rendimiento proporcional y área para Kikuyo**

Rendimiento proporcional	Área en km <sup>2</sup>	% de Área
100%	11.59	29.53
>80%-90%	27.66	70.47
>60-<80%	0.00	0.00
>40%-<60%	0.00	0.00
<40%	0.00	0.00
Área total de la subcuenca	39.25	100.00



**Figura 6.10 Rendimiento proporcional del Kikuyo**

Por los resultados obtenidos de rendimiento proporcional del Kikuyo se observa que solamente un 29.5% de las tierras de la subcuenca del río Guayabo poseen un rendimiento proporcional del 100%.

El otro 70.5% de las tierras posee un rendimiento proporcional del 90%, es decir solamente produce 36 KgMs/ha/día. Esta disminución es debida a las condiciones climáticas dentro de la zona, específicamente la alta precipitación de la zona, la cual sobrepasa el límite máximo requerido por este cultivo.

☞ *Evaluación económica:*

El resultado de la relación beneficio/costo y margen bruto para el cultivo de Kikuyo es:

**Cuadro 6.17 Relación beneficio/costo y margen bruto para Kikuyo:**

<b>Unidad de mapeo</b>	<b>Área de la unidad (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Relación Beneficio/Costo</b>	<b>Margen bruto Normalizado (\$)</b>	<b>Margen bruto No Normalizado (\$)</b>
1	1.17	1.31	410.05	47,975
2	0.97	1.31	410.05	39,774
3	1.36	1.31	410.05	55,766
4	1.83	1.46	542.53	99,282
5	1.17	1.46	542.53	63,476
6	0.55	1.31	410.05	22,552
7	0.18	1.31	410.05	7,280
8	1.29	1.31	410.05	52,896
9	0.22	1.31	410.05	9,021
10	1.85	1.46	542.53	100,368
11	2.76	1.46	542.53	149,738
12	1.27	1.31	410.05	52,076
13	0.58	1.46	542.53	31,466
14	2.89	1.31	410.05	118,504
15	1.14	1.31	410.05	46,745
16	0.60	1.46	542.53	32,551
17	4.82	1.31	410.05	197,644
18	1.57	1.46	542.53	85,177
19	0.70	1.31	410.05	28,703
20	1.77	1.31	410.05	72,578
21	0.91	1.31	410.05	37,314
22	0.28	1.46	542.53	15,190
23	0.43	1.46	542.53	23,328
24	0.52	1.46	542.53	28,211
25	4.71	1.31	410.05	193,133
26	3.71	1.31	410.05	152,128

Según los resultados obtenidos para la evaluación económica del cultivo del Kikuyo se observa que en toda la zona la relación beneficio/costo es mayor que uno, lo que indica que el valor presente del ingreso es siempre mayor que el valor presente del egreso.

La relación beneficio/costo posee dos valores dentro de la subcuenca 1.31 para el 70.47% de la zona (27.66 km<sup>2</sup>) y 1.46 para el 29.53% (11.56 km<sup>2</sup>), por lo que es solo una pequeña parte de la subcuenca en la cual se obtienen los mayores beneficios.

Este resultado indica que en toda la zona de la subcuenca Guayabo no se obtendrían pérdidas con el cultivo del Kikuyo. Sin embargo no se observa una relación directa entre el valor de la relación beneficio/costo y la ubicación de las diferentes unidades de mapeo dentro de la subcuenca.

Para los valores de margen bruto obtenidos para el Kikuyo en la subcuenca Guayabo se observa que los valores de retorno serán siempre mayores que los costos, por lo que en toda la zona el margen bruto siempre será positivo.

?? *Estrella Africana*

☞ Evaluación física

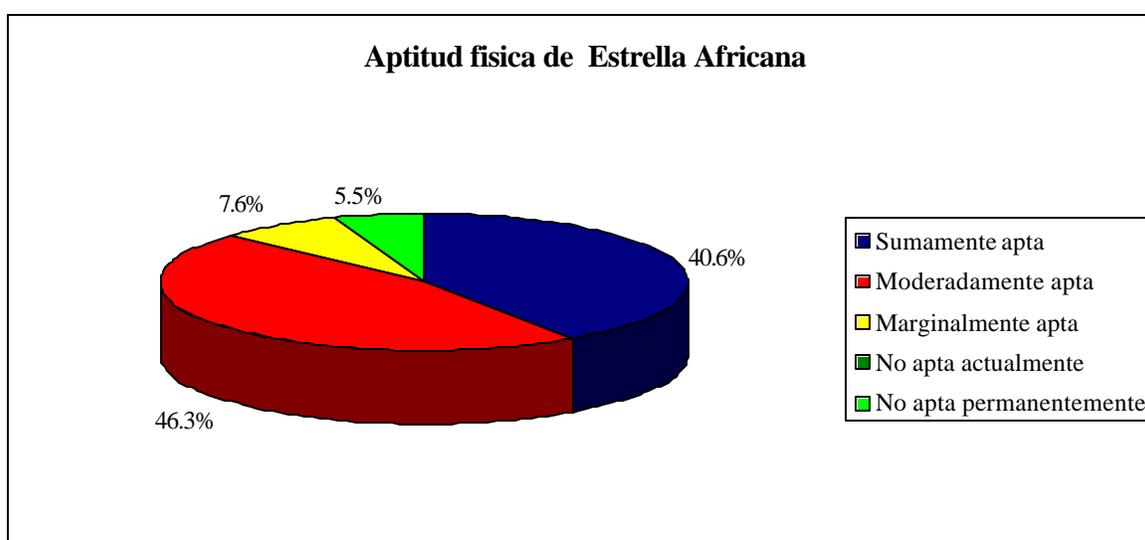
Los resultados obtenidos en la subclase de aptitud física para Estrella Africana son:

**Cuadro 6.18 Resultado de la evaluación física para Estrella Africana**

Unidad de Mapeo	Área de la unidad (km <sup>2</sup> )	Subclase de aptitud	Calidad de la tierra				
			Agua disponible	Altitud requerida	Capacidad laboreo	Riesgo erosión	Temp. requerida
001	1.17	5	2	5	1	2	5
002	0.97	5	2	5	1	2	5
003	1.36	2	1	3	1	2	5
004	1.83	3	2	3	1	2	3
005	1.17	3	3	3	1	2	3
006	0.55	1	1	3	1	4	3
007	0.18	2	1	2	1	2	3
008	1.29	2	2	2	1	2	3
009	0.22	1	1	2	1	4	3
010	1.85	1	1	2	1	3	2
011	2.76	2	2	2	1	3	2
012	1.27	2	4	2	1	2	2
013	0.58	1	2	1	1	3	1
014	2.89	2	4	1	1	2	1
015	1.14	2	4	1	1	2	1
016	0.60	1	4	1	1	3	1
017	4.82	2	4	1	1	2	1
018	1.57	1	4	1	1	3	1
019	0.70	2	4	1	1	2	1
020	1.77	2	4	1	1	2	1
021	0.91	1	4	1	1	3	1
022	0.28	1	4	1	1	3	1
023	0.43	1	2	1	1	3	1
024	0.52	1	1	3	1	3	1
025	4.71	1	2	1	1	3	1
026	3.71	1	1	1	1	3	1

**Cuadro 6.19 Clases de aptitud física y área para Estrella Africana**

Clases de aptitud física	Área en km <sup>2</sup>	% de Área
Sumamente apta	15.93	40.59
Moderadamente apta	18.17	46.29
Marginalmente apta	3.00	7.69
No apta actualmente	0.00	0.00
No apta permanentemente	2.14	5.45
Área total de la subcuenca	39.25	100.00



**Figura 6.11 Aptitud física de Estrella Africana**

Según los resultados de la evaluación física para el cultivo de Estrella Africana en la subcuenca del río Guayabo, la zona es sumamente apta para el cultivo en un 40.59% (15.93 km<sup>2</sup>). Este resultado indica que menos de la mitad de las tierras de la zona poseen la aptitud deseada para la Estrella Africana.

Un 46.29% de las tierras poseen una aptitud moderada (18.17% km<sup>2</sup>). Esta aptitud moderada de la zona al cultivo del Kikuyo está determinado por dos factores importantes: la temperatura y la precipitación. Algunas zonas la temperatura está muy por debajo del requerimiento del cultivo, factor que ocurre de manera inversa con la precipitación

sobrepasa los requerimientos del cultivo. Esta alta precipitación afecta no sólo con la cantidad de agua requerida por el cultivo, sino también afecta en gran medida el riesgo de erosión del Kikuyo.

Solamente dos unidades de mapeo poseen aptitud 3, lo que equivale al 7.69 % de las tierras de la subcuenca y aproximadamente unos 3.0 km<sup>2</sup>.

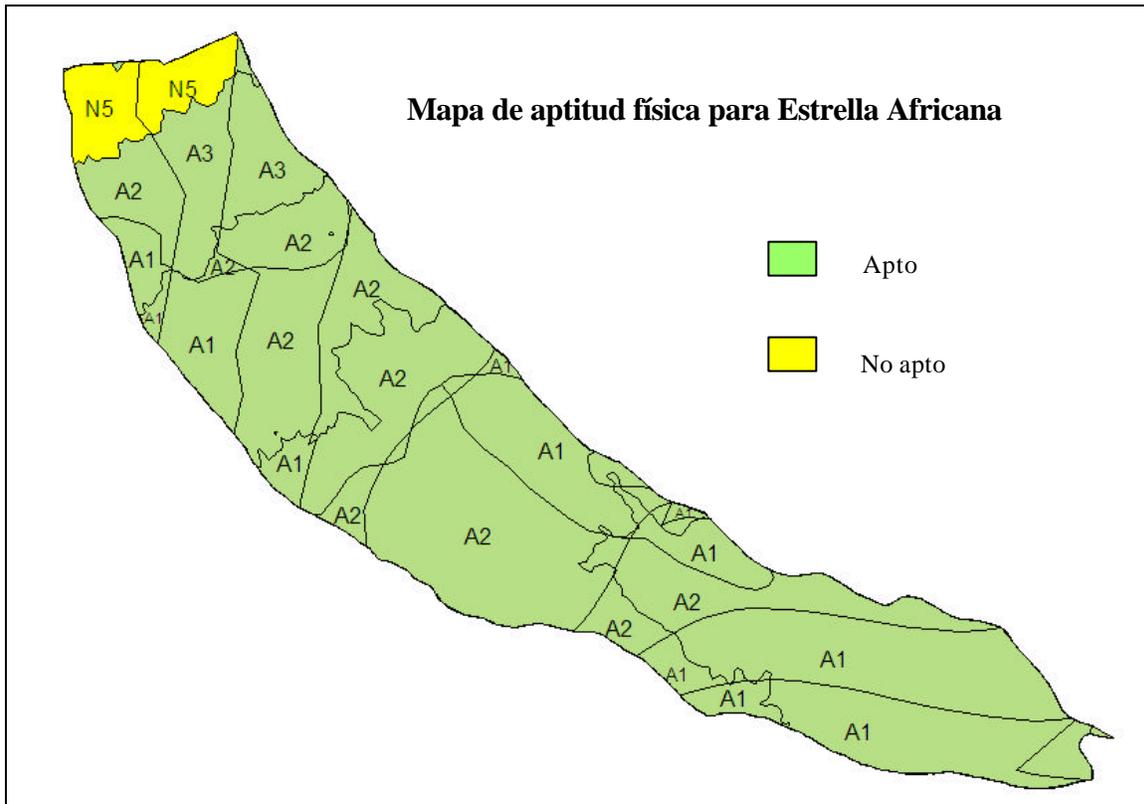
La zona de la subcuenca Guayabo solamente el 5.5% muestra resultados con tierras no aptas permanentemente para el cultivo de la Estrella Africana y estas zonas se encuentran la parte más alta de la subcuenca en la cual la precipitación se encuentra por debajo de los 3050 mm y temperaturas entre 10-12°C, estas las temperaturas más bajas de la zona, y sobre las elevaciones más altas las cuales se encuentran entre los 2200-2800 msnm.

La condición más limitante posiblemente para el cultivo de la Estrella Africana es la temperatura, pues el cultivo requiere de temperaturas de medias a altas (18-38°C) y en esta zona las temperaturas son frías (10-20°C), especialmente en las unidades de mapeo 1 y 2, en las cuales se encuentran las temperaturas más frías de la zona.

A partir de la unidad 6, se muestran las mejores condiciones para hacer de las tierras de la subcuenca una zona apta para el Kikuyo.

No se observa dentro de la zona tierras con aptitud 4 (no apto actualmente) para este cultivo.

### Mapa 6.8 Aptitud física de Estrella Africana



A1 = Sumamente apta

A2 = Moderadamente apta

A3 = Marginalmente apta

N4 = No apta actualmente

N5 = No apta permanentemente

Los resultados del rendimiento proporcional y rendimiento real para Estrella Africana se muestran los siguientes cuadros y gráfico:

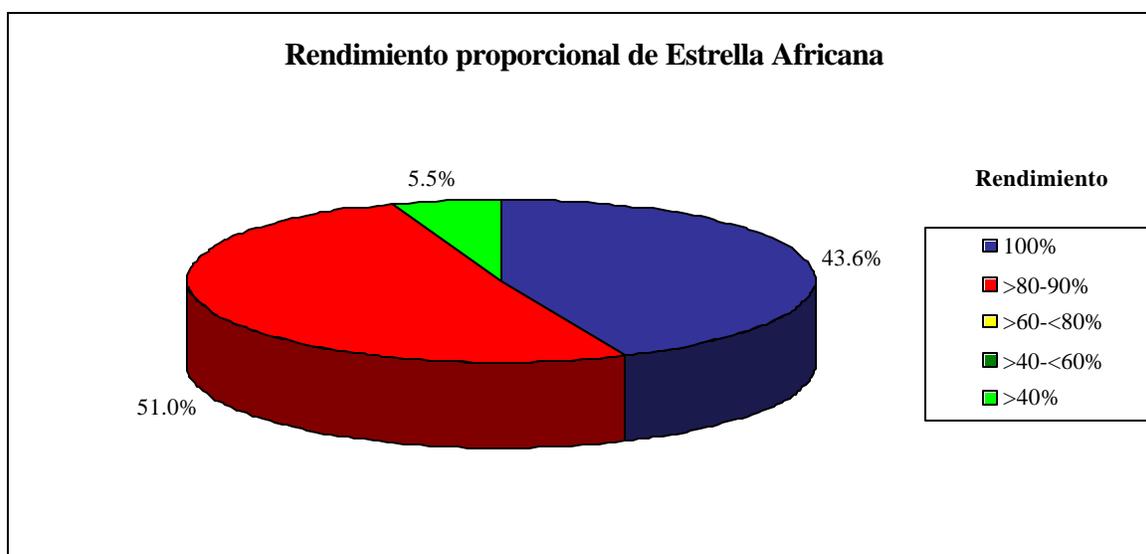
**Cuadro 6.20 Rendimiento proporcional y rendimiento real para Estrella Africana**

<b>Unidad de mapeo</b>	<b>Área de la unidad (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Rendimiento proporcional (%)</b>	<b>Rendimiento real Normalizado KgMs/ha/año</b>	<b>Rendimiento real No Normalizado KgMs/UM/año</b>
1	1.17	0.0	0.00	0.00
2	0.97	0.0	0.00	0.00
3	1.36	90.0	10,432	1,418,860
4	1.83	80.0	9,273	1,697,068
5	1.17	80.0	9,273	1,085,011
6	0.55	100.0	11,592	637,560
7	0.18	90.0	10,432	187,790
8	1.29	90.0	10,432	1,345,831
9	0.22	100.0	11,592	255,024
10	1.85	100.0	11,592	2,144,520
11	2.76	90.0	10,432	2,879,452
12	1.27	90.0	10,432	1,324,965
13	0.58	100.0	11,592	672,336
14	2.89	90.0	10,432	3,015,079
15	1.14	90.0	10,432	1,189,339
16	0.60	100.0	11,592	695,520
17	4.82	90.0	10,432	5,028,609
18	1.57	100.0	11,592	1,819,944
19	0.70	90.0	10,432	730,296
20	1.77	90.0	10,432	1,846,605
21	0.91	100.0	11,592	1,054,872
22	0.28	100.0	11,592	423,576
23	0.43	100.0	11,592	498,456
24	0.52	100.0	11,592	602,784
25	4.71	100.0	11,592	5,459,832
26	3.71	100.0	11,592	4,300,632

UM = Unidad de mapeo

**Cuadro 6.21 Rendimiento proporcional y área para Estrella Africana**

Rendimiento proporcional	Área en km <sup>2</sup>	% de Área
100%	17.10	43.57
>80%-90%	20.01	50.98
>60-<80%	0.00	0.00
>40%-<60%	0.00	0.00
<40%	2.15	5.45
Área total de la subcuenca	39.25	100.00



**Figura 6.12 Rendimiento proporcional de Estrella Africana**

Por los resultados obtenidos para el rendimiento proporcional de la Estrella Africana, se observa que menos de la mitad de las tierras de la subcuenca (43.6%) poseen rendimiento del 100% de producción para este cultivo.

La mayor parte de la subcuenca posee rendimiento del 90% del cultivo, es decir, produce aproximadamente 37.8 KgMs/ha/día. Estas unidades de mapeo se encuentran en la parte alta y media de la zona. Y en la parte más alta de la subcuenca se encuentra un 5.5% de la subcuenca en la cual sus tierras no son aptas para este cultivo.

☞ Evaluación económica:

El resultado de la relación beneficio/costo y margen bruto para el cultivo de Estrella Africana es:

**Cuadro 6.22 Relación beneficio/costo para Estrella Africana:**

Unidad de Mapeo	Área de la unidad (km <sup>2</sup> )	Relación Beneficio/Costo	Margen bruto Normalizado (S)	Margen bruto No Normalizado (\$)
1	1.17	0.00	0.00	0.00
2	0.97	0.00	0.00	0.00
3	1.36	0.91	65.53	8,912
4	1.83	0.81	-73.57	-12,461
5	1.17	0.81	-73.53	-8,606
6	0.55	1.01	204.63	11,254
7	0.18	0.91	65.53	1,179
8	1.29	0.91	204.63	8,453
9	0.22	1.01	204.63	4,505
10	1.85	1.01	65.53	37,856
11	2.76	0.91	65.53	18,086
12	1.27	0.91	65.53	8,322
13	0.58	1.01	204.63	11,868
14	2.89	0.91	65.53	18,938
15	1.14	0.91	65.53	7,470
16	0.60	1.01	204.63	12,277
17	4.82	0.91	65.53	31,585
18	1.57	1.01	204.63	32,126
19	0.70	0.91	65.53	4,587
20	1.77	0.91	65.53	11,598
21	0.91	1.01	204.63	18,621
22	0.28	1.01	65.53	5,729
23	0.43	1.01	65.53	8,799
24	0.52	1.01	65.53	10,640
25	4.71	1.01	65.53	96,380
26	3.71	1.01	65.53	75,917

Según los resultados obtenidos para la evaluación económica del cultivo de la Estrella Africana se observa que la relación beneficio/costo es variable en toda la zona de la subcuenca Guayabo obteniéndose valores de esta relación de 0.00 para el 5.45% de la subcuenca (2.14 km<sup>2</sup>), valores de 0.81 para 7.64% (3.0 km<sup>2</sup>), de 0.91 para 39.69% (15.58 km<sup>2</sup>) y de 1.01 para el 47.21% (18.53 km<sup>2</sup>) de la subcuenca. Estos valores indican que en la mayor parte de la subcuenca (52.78%) los costos son mayores que los beneficios y que solamente en el 47.21% se obtienen ganancias para este cultivo.

En las unidades de mapeo 1, 2, 4 y 5 de la zona se encuentran los valores más bajos de la relación, encontrándose en las dos primeras unidades de mapeo valores 0.00.

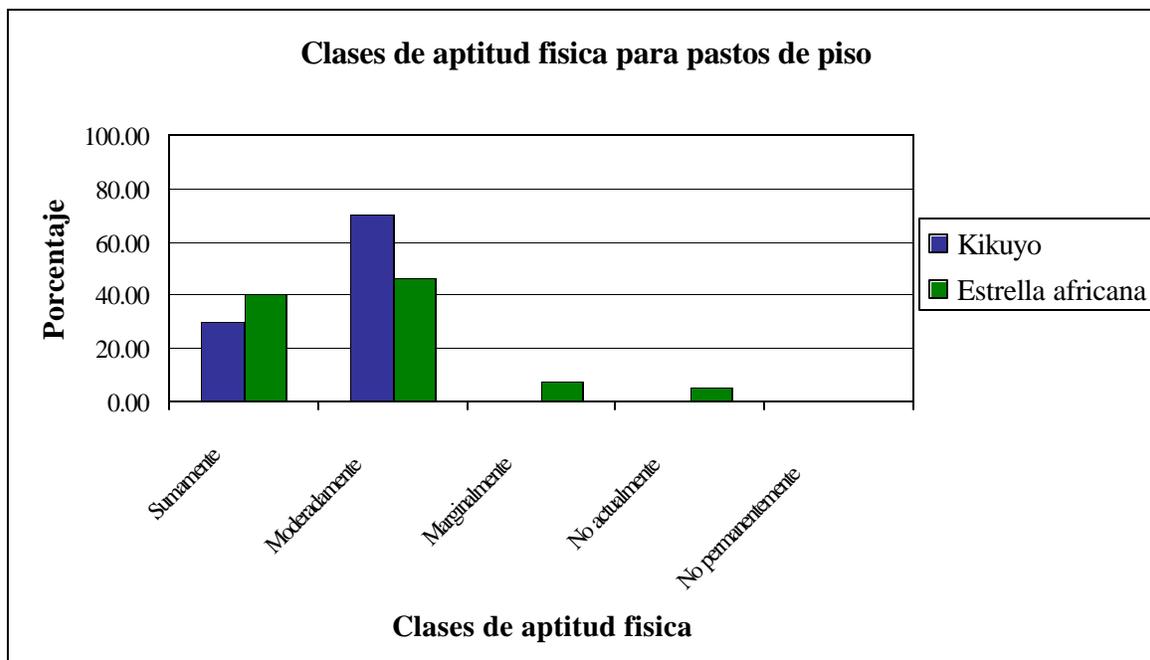
En la unidad de mapeo 4 y a partir de la unidad 6 se observan los valores mayores de relación beneficio/costo (0.91 y 1.01), valores que concuerdan con los resultados obtenidos para la evaluación física del cultivo.

Para los valores de margen bruto obtenidos, se observa que los valores de las dos primeras unidades de mapeo es 0.00 pues el programa ALES, no realiza la evaluación económica en las cuales la aptitud física de esas zonas sea igual a cero. En las unidades de mapeo 4 y 5 se observan valores de margen bruto negativo, lo que indica que los valores de retorno son menores que los de costos.

Para las unidades de mapeo 4 y de la 6 en adelante se observa un aumento en el valor de margen bruto, siendo este positivo. Este valor no refleja el valor presente del ingreso por lo que es de esperar que el ingreso disminuya y los valores de margen bruto sean menores.

## Comparaciones entre pastos de piso

### ?? Aptitud física

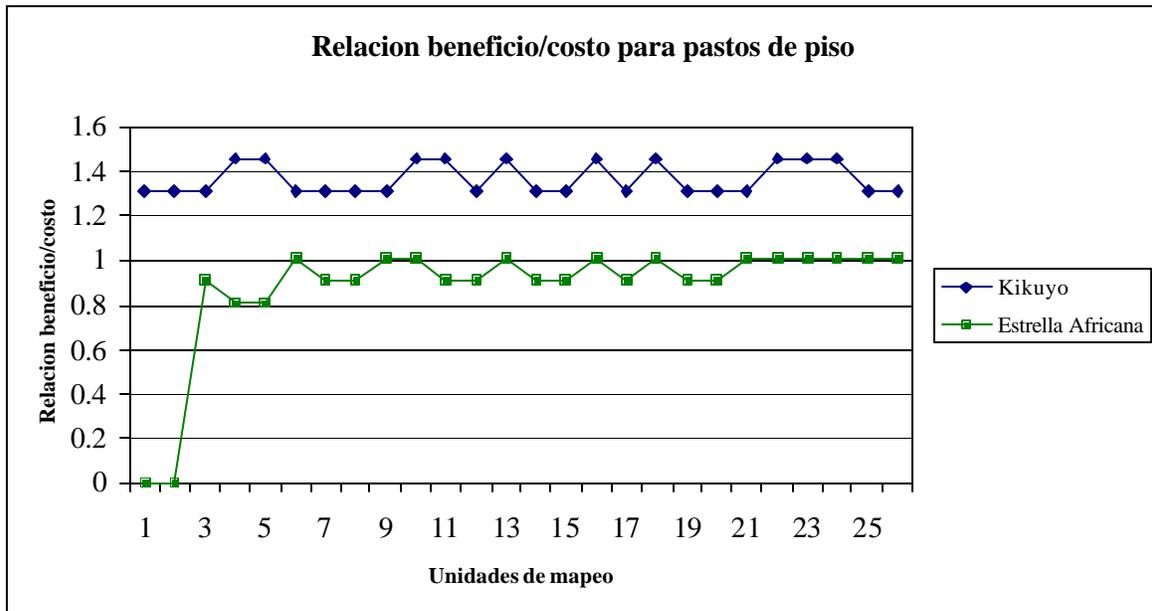


**Figura 6.13** Aptitud física para los pastos de piso

En la subcuenca del río Guayabo, las tierras de la zona poseen una aptitud a ambos pastos de piso. Se observa en la gráfica que la Estrella Africana un porcentaje mayor de tierras con clase de aptitud 1, aunque es el Kikuyo quien en general posee una mayor aptitud dentro de la zona, pues la zona solo posee tierras con clase 1 y 2 para este, en comparación de la Estrella Africana que también posee tierras clase 3 y 4.

La diferencia entre la aptitud de estos cultivos radica principalmente en que los requerimientos del pasto Kikuyo son más similares a las condiciones climáticas de la zona, pues se adapta a temperaturas más frías, mayores alturas y mayores valores de precipitación que la Estrella Africana.

## ?? Aptitud económica



**Figura 6.14 Relación beneficio/costo para los pastos de piso**

Por los resultados obtenidos de la relación beneficio/costo para cada uno de los pastos de piso se observa que solamente en el Kikuyo la relación es mayor que uno (1.31 y 1.46), en cambio en el cultivo de Estrella Africana los valores varían de 0 a 1.01. Este resultado indica que es el Kikuyo quien tiene un mejor beneficio y no se obtendrían pérdidas, en comparación con la Estrella Africana.

Para el cultivo del Kikuyo se observa una relación directa con el valor de la relación beneficio/costo y la ubicación de las unidades de mapeo dentro de la cuenca, en cambio para el cultivo de Estrella Africana se observa en las primeras cinco unidades de mapeo que la relación obtiene los valores más bajos dentro de la subcuenca.

## - ARBUSTOS FORRAJEROS

?? *Moreira*

☞ Evaluación física

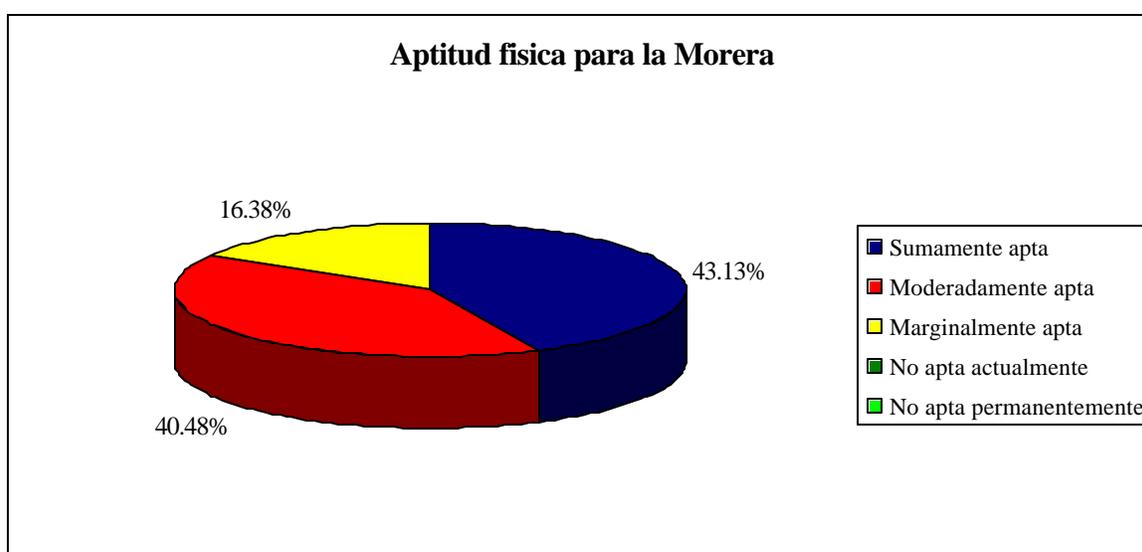
Los resultados obtenidos en la evaluación física para Moreira son:

**Cuadro 6.23 Resultado de la evaluación física para Moreira**

Unidad de Mapeo	Área de la unidad (km <sup>2</sup> )	Subclase de aptitud	Calidad de la tierra				
			Agua disponible	Altitud requerida	Capacidad laboreo	Riesgo erosión	Temp. requerida
001	1.17	3	2	1	1	2	5
002	0.97	3	2	1	1	2	5
003	1.36	2	1	1	1	2	5
004	1.83	3	2	1	1	2	4
005	1.17	3	3	1	1	2	4
006	0.55	1	1	1	1	3	4
007	0.18	2	1	1	1	2	4
008	1.29	3	2	1	1	2	4
009	0.22	1	1	1	1	3	4
010	1.85	1	1	1	1	3	2
011	2.76	2	2	1	1	3	2
012	1.27	2	3	1	1	2	2
013	0.58	1	2	1	1	3	1
014	2.89	2	3	1	1	2	1
015	1.14	2	3	1	1	2	1
016	0.60	1	3	1	1	3	1
017	4.82	2	3	1	1	2	1
018	1.57	1	3	1	1	3	1
019	0.70	2	3	1	1	2	1
020	1.77	2	3	1	1	2	1
021	0.91	1	3	1	1	3	1
022	0.28	1	3	1	1	3	1
023	0.43	1	2	1	1	3	1
024	0.52	1	1	1	1	3	1
025	4.71	1	2	1	1	3	1
026	3.71	1	1	1	1	3	1

**Cuadro 6.24 Clases de aptitud física y área para Morera**

Subclases de aptitud física	Área en km <sup>2</sup>	% de Área
Sumamente apta	16.93	43.13
Moderadamente apta	15.89	40.48
Marginalmente apta	6.43	16.38
No apta actualmente	0.00	0.00
No apta permanentemente	0.00	0.00
Área total de la subcuenca	39.25	100.00



**Figura 6.15 Aptitud física la Morera**

Según los resultados de la evaluación física para el forraje Morera las tierras de la subcuenca del río Guayabo, son sumamente aptas en un 43.13% (16.93 km<sup>2</sup>), lo que indica que menos de la mitad de las tierras de la subcuenca poseen la aptitud deseada para el cultivo y el crecimiento óptimo de la Morera.

Un 40.48% de las tierras de la subcuenca muestran aptitud moderada, lo que equivale a 15.89 km<sup>2</sup>. El factor climático más importante de estas tierras con clase de aptitud 2 es la precipitación de la zona, pues esta zona pues toda la subcuenca posee valores de precipitación muy por encima de los requeridos por este cultivo. El segundo factor es la

temperatura, pues la Morera crece en temperaturas media-caliente y estas unidades de tierra poseen temperaturas menores de 16°C.

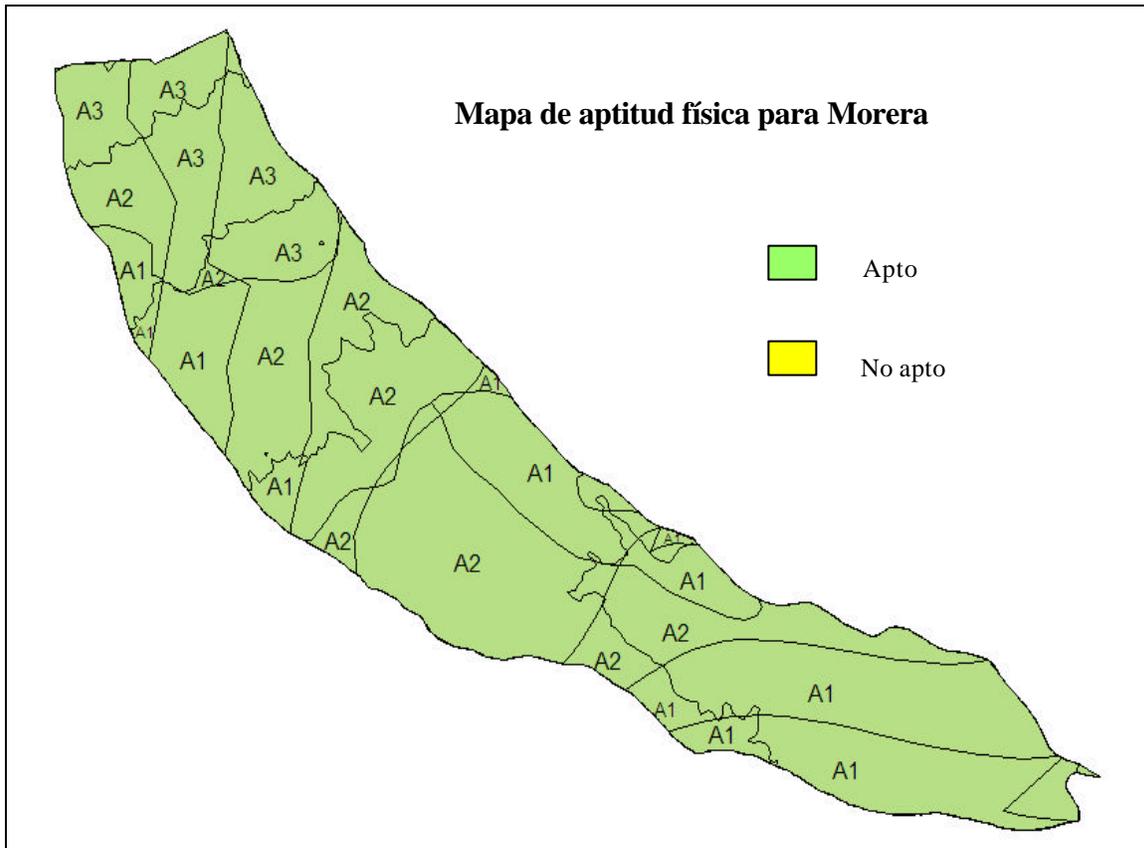
Solamente el 16.38% de las tierras (6.43 km<sup>2</sup>) son marginalmente aptas para el cultivo de Morera. Las zonas que muestra una aptitud marginal para la Morera, son las zonas en las cuales las temperaturas son bajas (menores de 14°C), ya este cultivo requiere de temperaturas de medias a altas (18-38°C) para su óptimo desarrollo.

No se observan zonas dentro de la cuenca en las cuales las tierras posean aptitud 4 y 5, es decir, no existen zonas que no sean aptos para la Morera.

La altura no es un factor limitante para el cultivo dentro de la zona, pues el máximo del rango óptimo de altura para su crecimiento es de 4000 msnm. En cambio, la precipitación de la zona si sobrepasa el límite máximo del requerimiento de la Morera que es de 2500 mm, encontrándose en la zona valores de precipitación de hasta 3650 mm.

De la unidad 9 en adelante, la Morera (al igual que otros de los pastos analizados) presenta las mejores condiciones para su crecimiento, pues poseen elevaciones entre los 400-2200 msnm, precipitaciones entre los 2900-3650 mm, temperaturas entre 14-20°C y dos meses consecutivos de lluvia.

## Mapa 6.9 Aptitud física para Morera



A1 = Sumamente apta

A2 = Moderadamente apta

A3 = Marginalmente apta

N4 = No apta actualmente

N5 = No apta permanentemente

Los resultados del rendimiento proporcional y real de Morera son:

**Cuadro 6.25 Rendimiento proporcional y real para Morera**

<b>Unidad de mapeo</b>	<b>Área de la unidad (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Rendimiento proporcional (%)</b>	<b>Rendimiento real Normalizado KgMs/ha/año</b>	<b>Rendimiento real No Normalizado KgMs/UM/año</b>
1	1.17	80.0	13,248	1,550,016
2	0.97	80.0	13,248	1,285,056
3	1.36	90.0	14,904	2,026,944
4	1.83	80.0	13,248	2,424,384
5	1.17	80.0	13,248	1,550,016
6	0.55	100.0	16,560	910,800
7	0.18	90.0	14,904	268,272
8	1.29	80.0	13,248	1,708,992
9	0.22	100.0	16,560	364,320
10	1.85	100.0	16,560	3,063,600
11	2.76	90.0	14,904	4,113,504
12	1.27	90.0	14,904	1,892,808
13	0.58	100.0	16,560	960,480
14	2.89	90.0	14,904	4,307,256
15	1.14	90.0	14,904	1,699,056
16	0.60	100.0	16,560	993,600
17	4.82	90.0	14,904	7,183,728
18	1.57	100.0	16,560	2,599,920
19	0.70	90.0	14,904	1,043,280
20	1.77	90.0	14,904	2,638,008
21	0.91	100.0	16,560	1,506,960
22	0.28	100.0	16,560	463,680
23	0.43	100.0	16,560	712,080
24	0.52	100.0	16,560	861,120
25	4.71	100.0	16,560	7,799,760
26	3.71	100.0	16,560	6,143,760

UM = Unidad de mapeo

**Cuadro 6.26 Rendimiento proporcional y área para Morera**

Rendimiento proporcional	Área en km <sup>2</sup>	% de Área
100%	15.93	40.6
>80%-90%	23.32	59.4
>60-<80%	0.00	0.00
>40%-<60%	0.00	0.00
<40%	0.00	0.00
Área total de la subcuenca	39.25	100.00



**Figura 6.16 Rendimiento proporcional de Morera**

Según los resultados obtenidos para la evaluación económica de la Morera, se observa que solamente el 40.6% de la subcuenca posee tierras con un rendimiento proporcional del 100%, es decir, menos de la mitad de la zona no produce 60 KgMs/ha/día como se esperaba. El otro 59.4% de la zona posee unidades de mapeo con un rendimiento proporcional del 90-80% y se encuentran principalmente en la parte alta y media de la zona. El factor climático más importante que influye sobre el rendimiento de este cultivo es la precipitación, la cual sobrepasa el límite máximo requerido por la Morera.

☞ *Evaluación económica:*

El resultado de la relación beneficio/costo y margen bruto para el cultivo para Morera es:

**Cuadro 6.27 Relación beneficio/costo y margen bruto para Morera:**

<b>Unidad de mapeo</b>	<b>Área de la unidad (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Relación Beneficio/Costo (\$)</b>	<b>Margen bruto Normalizado (\$)</b>	<b>Margen bruto No Normalizado (\$)</b>
1	1.17	1.21	230.11	26,922
2	0.97	1.21	230.11	22,320
3	1.36	1.36	239.47	44,807
4	1.83	1.21	230.11	42,110
5	1.17	1.21	230.11	26,922
6	0.55	1.52	428.83	23,585
7	0.18	1.36	329.47	5,930
8	1.29	1.21	230.11	29,684
9	0.22	1.52	428.83	9,434
10	1.85	1.52	428.83	79,333
11	2.76	1.36	329.47	90,933
12	1.27	1.36	329.47	41,842
13	0.58	1.52	428.83	24,872
14	2.89	1.36	329.47	95,216
15	1.14	1.36	329.47	37,559
16	0.60	1.52	428.83	25,729
17	4.82	1.36	329.47	158,804
18	1.57	1.52	428.83	67,326
19	0.70	1.36	329.47	23,062
20	1.77	1.36	329.47	58,316
21	0.91	1.52	428.83	39,023
22	0.28	1.52	428.83	12,007
23	0.43	1.52	428.83	18,439
24	0.52	1.52	428.83	22,299
25	4.71	1.52	428.83	201,978
26	3.71	1.52	428.83	159,095

Según los resultados obtenidos para la evaluación económica del cultivo de la Morera en la subcuenca Guayabo, se observa que en toda la zona la relación beneficio/costo es mayor que uno, lo que indica que el valor presente del ingreso es siempre mayor que el valor presente del egreso.

Los valores de la relación beneficio/costo dentro de la subcuenca están distribuidos de la siguiente manera: Relación beneficio/costo de 1.21 para el 16.38% de la zona (6.43 km<sup>2</sup>); de 1.36 para el 43.03% (16.89 km<sup>2</sup>) y de 1.52 para el 40.59% de la subcuenca (15.93 km<sup>2</sup>). Lo que indica que el 59.41% de la subcuenca posee beneficios menores que el resto de 40.59% que obtiene los mayores beneficios.

Este resultado indica que en toda la zona de la subcuenca Guayabo no se obtendrían pérdidas con el cultivo de Morera. Sin embargo no se observa una relación directa entre el valor de la relación beneficio/costo y la ubicación de las diferentes unidades de mapeo dentro de la subcuenca.

Para los valores de margen bruto obtenidos para Morera en la subcuenca Guayabo se observa que los valores de retorno serán siempre mayores que los costos, por lo que en toda la zona el margen bruto siempre será positivo.

?? *Sauco*

☒ Evaluación física

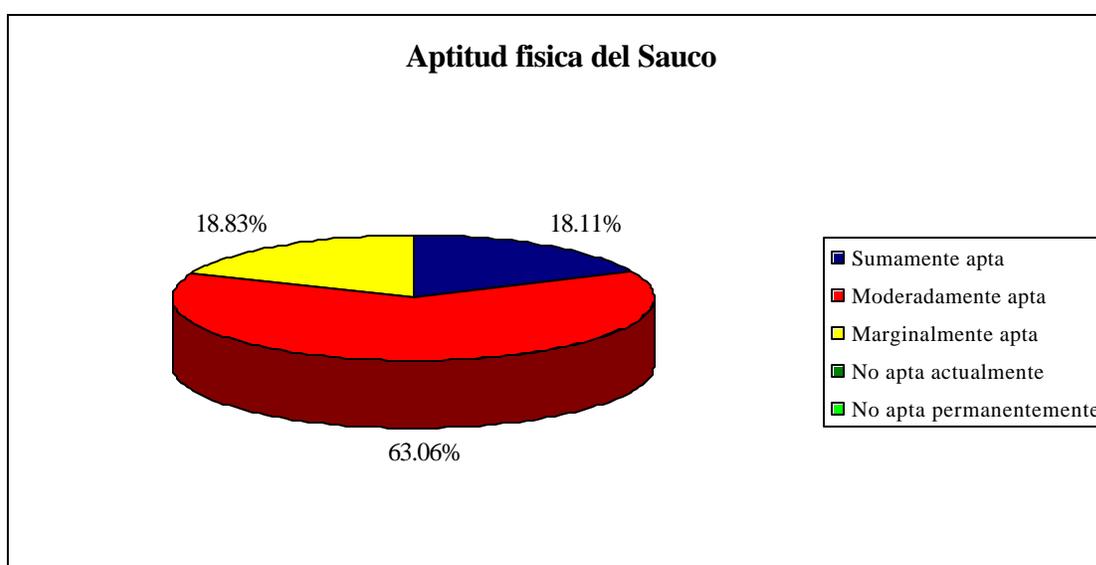
Los resultados obtenidos en la evaluación física para el Sauco son

**Cuadro 6.28 Resultado de la evaluación física para Sauco**

Unidad de Mapeo	Área de la unidad (km <sup>2</sup> )	Subclase de aptitud	Calidad de la tierra				
			Agua disponible	Altitud requerida	Capacidad laboreo	Riesgo erosión	Temp. requerida
001	1.17	1	1	1	2	2	2
002	0.97	1	1	1	2	2	2
003	1.36	2	2	1	2	2	2
004	1.83	1	1	1	2	2	1
005	1.17	2	3	1	2	2	1
006	0.55	1	2	1	1	3	1
007	0.18	2	2	1	2	2	1
008	1.29	2	4	1	2	2	1
009	0.22	1	2	1	1	3	1
010	1.85	1	2	1	1	3	1
011	2.76	2	4	1	1	3	1
012	1.27	2	5	1	1	2	1
013	0.58	2	4	1	1	3	1
014	2.89	2	5	1	1	2	1
015	1.14	2	5	1	1	2	1
016	0.60	2	5	1	1	3	1
017	4.82	2	5	1	1	2	1
018	1.57	2	5	1	1	3	1
019	0.70	2	5	1	1	2	1
020	1.77	3	5	4	1	2	1
021	0.91	3	5	4	1	3	1
022	0.28	2	5	1	1	3	1
023	0.43	2	4	1	1	3	1
024	0.52	1	3	1	1	3	1
025	4.71	3	4	4	1	3	1
026	3.71	2	2	4	1	3	1

**Cuadro 6.29 Clases de aptitud física y área para Sauco**

Clases de aptitud física	Área en km <sup>2</sup>	% de Área
Sumamente apta	7.11	18.11
Moderadamente apta	24.75	63.06
Marginalmente apta	7.39	18.83
No apta actualmente	0.00	0.00
No apta permanentemente	0.00	0.00
Área total de la subcuenca	39.25	100.00



**Figura 6.17 Aptitud física del Sauco**

Según los resultados de la evaluación física para el Sauco en la subcuenca del río Guayabo, solamente el 18.11% de las tierras de la subcuenca son sumamente aptas para este cultivo, lo que equivale a unos 7.11 km<sup>2</sup> de la zona.

La gran mayoría de las tierras poseen una aptitud moderada con un 63.06% (24.75 km<sup>2</sup>), siendo la precipitación el factor climático más importante para no calificar como tierras de clase 1, pues toda la subcuenca posee valores de precipitación por entre 2900-3650 mm, valor que sobrepasa el límite máximo del requerido por el cultivo que es de 2500 mm.

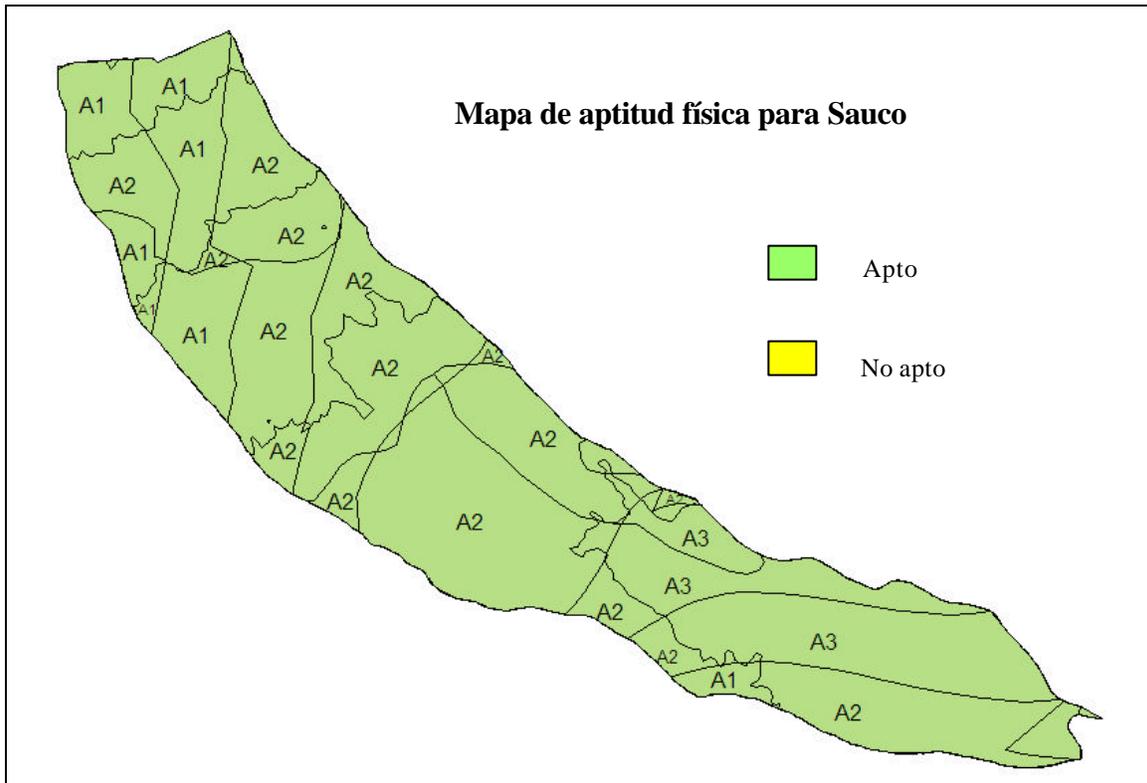
El 18.83% de las tierras de la zona (7.39 km<sup>2</sup>), poseen una aptitud marginal y es debido principalmente al igual que las tierras con clase de aptitud 2 a la precipitación abundante de la zona y en algunas zonas a la altura de las tierras de la zona baja de la subcuenca, las cuales presentan alturas por debajo del límite inferior del requerido, pues en esas zonas de la subcuenca la altura se encuentra entre los 400-1000 msnm y el mínimo requerido por el Sauco es de 1300 msnm.

La temperatura fría de la zona (10-20°C), no es problema para el cultivo, pues el Sauco requiere de temperaturas baja-media (15-20°C).

En general las tierras de la parte alta de la subcuenca son aquellas que muestran una mayor aptitud para el Sauco, específicamente de las unidades de mapeo 1 a la 10, pues es una zona que posee elevación entre los 1600-3400 msnm y temperaturas de 10-16°C, y aunque la precipitación es de 2900-3200 mm, es compensado por los valores de altura y temperatura.

No se observan dentro de la cuenca tierras con aptitud 4 y 5, es decir no existen dentro de la cuenca zonas que no sean calificadas como aptas para este cultivo.

## Mapa 6.10 Aptitud física para Sauco



A1 = Sumamente apta

A2 = Moderadamente apta

A3 = Marginalmente apta

N4 = No apta actualmente

N5 = No apta permanentemente

Los resultados del rendimiento proporcional y rendimiento real para Sauco se muestran los siguientes cuadros y gráfico:

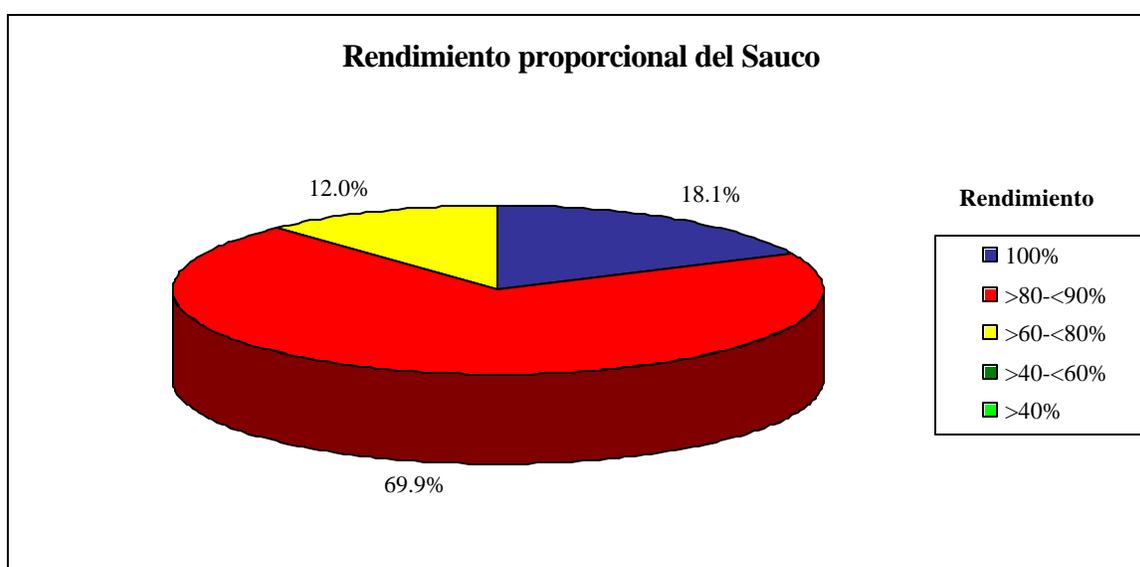
**Cuadro 6.30 Rendimiento proporcional y rendimiento real para Sauco**

<b>Unidad de mapeo</b>	<b>Área de la unidad (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Rendimiento proporcional (%)</b>	<b>Rendimiento real Normalizado KgMs/ha/año</b>	<b>Rendimiento real No Normalizado KgMs/UM/año</b>
1	1.17	100.0	16,560	1,937,520
2	0.97	100.0	16,560	1,606,320
3	1.36	90.0	14,904	2,026,944
4	1.83	100.0	16,560	3,030,480
5	1.17	90.0	14,904	1,743,768
6	0.55	100.0	16,560	910,800
7	0.18	90.0	14,904	268,272
8	1.29	90.0	14,904	1,922,616
9	0.22	100.0	16,560	364,320
10	1.85	100.0	16,560	3,063,600
11	2.76	90.0	14,904	4,113,504
12	1.27	90.0	14,904	1,892,808
13	0.58	90.0	14,904	864,432
14	2.89	90.0	14,904	4,307,256
15	1.14	90.0	14,904	1,699,056
16	0.60	90.0	14,904	894,240
17	4.82	90.0	14,904	7,183,728
18	1.57	90.0	14,904	2,339,928
19	0.70	90.0	14,904	1,043,280
20	1.77	70.0	11,592	2,051,784
21	0.91	70.0	14,904	1,054,872
22	0.28	90.0	14,904	417,312
23	0.43	90.0	14,904	640,872
24	0.52	100.0	16,560	861,120
25	4.71	70.0	11,592	5,459,832
26	3.71	90.0	14,904	5,529,384

UM = Unidad de mapeo

**Cuadro 6.31 Rendimiento proporcional y área para Saucó**

Rendimiento proporcional	Área en km <sup>2</sup>	% de Área
100%	7.11	18.11
>80%-90%	27.43	69.89
>60-<80%	4.71	12.00
>40%-<60%	0.00	0.00
<40%	0.00	0.00
Área total de la subcuenca	39.25	100.00



**Figura 6.18 Rendimiento proporcional del Saucó**

Cuando se observa y analiza los resultados de la evaluación económica para el Saucó dentro de la subcuenca del río Guayabo, se obtiene que solamente un 18.1% de la subcuenca posee tierras en las cuales su rendimiento proporcional es del 100%. La mayor parte de la subcuenca (81.9%) posee tierras con rendimiento menor, con un 69.9% de tierras con rendimiento del 80 y 90%, y un 12% de las tierras con rendimientos del 70%, siendo la precipitación el factor climático más importante que influye sobre estos resultados.

☞ *Evaluación económica:*

El resultado de la relación beneficio/costo y margen bruto para el cultivo de Sauco es:

**Cuadro 6.32 Relación beneficio/costo y margen bruto para Sauco**

<b>Unidad de mapeo</b>	<b>Área de la unidad (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Relación Beneficio/Costo (\$)</b>	<b>Margen bruto Normalizado (\$)</b>	<b>Margen bruto No Normalizado (\$)</b>
1	1.17	1.70	490.90	57,435
2	0.97	1.70	490.90	47,617
3	1.36	1.53	391.54	53,249
4	1.83	1.70	490.90	89,834
5	1.17	1.53	391.54	45,810
6	0.55	1.70	490.90	26,999
7	0.18	1.53	391.54	7,047
8	1.29	1.53	391.54	50,508
9	0.22	1.70	490.90	10,799
10	1.85	1.70	490.90	90,816
11	2.76	1.53	391.54	108,065
12	1.27	1.53	391.54	49,725
13	0.58	1.53	391.54	22,709
14	2.89	1.53	391.54	113,155
15	1.14	1.53	391.54	44,635
16	0.60	1.53	391.54	23,492
17	4.82	1.53	391.54	188,722
18	1.57	1.53	391.54	61,471
19	0.70	1.53	391.54	188,722
20	1.77	1.19	192.82	34,129
21	0.91	1.19	192.82	17,546
22	0.28	1.53	391.54	10,963
23	0.43	1.53	391.54	16,836
24	0.52	1.70	490.90	25,526
25	4.71	1.19	192.82	90,818
26	3.71	1.53	391.54	145,261

Se puede observar por los resultados obtenidos para la evaluación económica del cultivo del Sauco en la subcuenca Guayabo, que en toda la zona la relación beneficio/costo es mayor que uno, lo que indica que el valor presente del ingreso es siempre mayor que el valor presente del egreso.

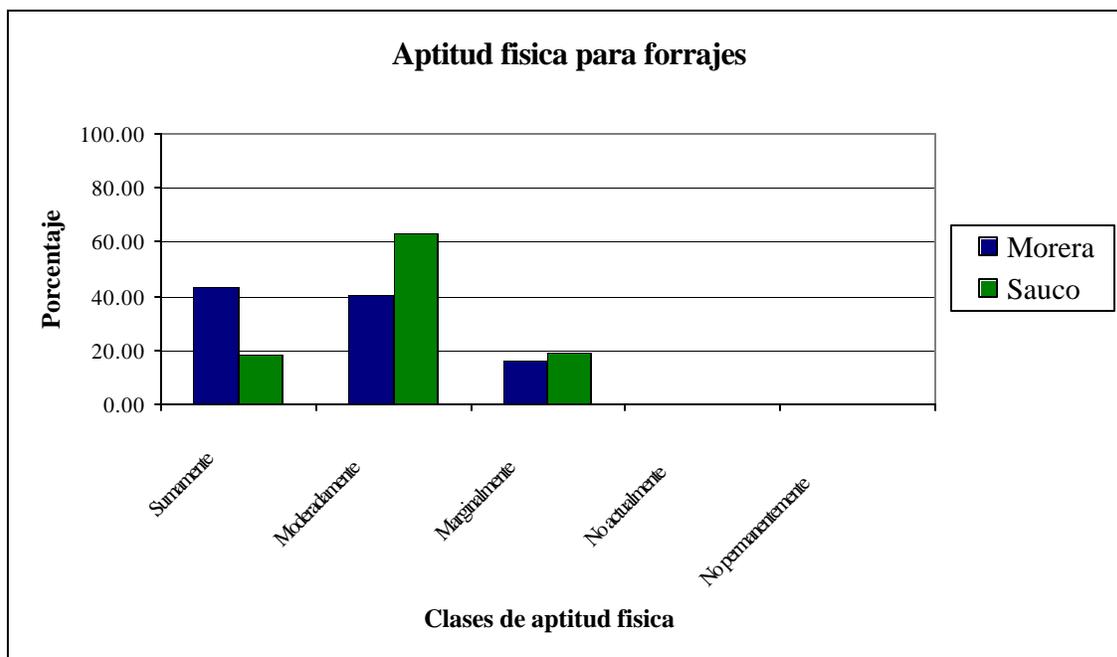
Se encuentran tres valores de la relación beneficio/costo dentro de la subcuenca y estos están distribuidos de la siguiente manera: Relación beneficio/costo de 1.19 para el 18.83% de la zona (7.39 km<sup>2</sup>); de 1.53 para el 63.06% (24.75 km<sup>2</sup>) y de 1.70 para el 18.11% de la subcuenca (7.11 km<sup>2</sup>).

Se observa que a medida se va subiendo en las unidades de mapeo dentro de la subcuenca, la relación beneficio/costo va aumentando, por lo que las unidades de la parte baja reciben menores beneficios, resultado que concuerda con los rendimientos y los valores obtenidos en la aptitud física para Sauco. Este resultado indica que en toda la zona de la subcuenca Guayabo no se obtendrían pérdidas con el cultivo de Sauco.

Para los valores de margen bruto obtenidos para Sauco en la subcuenca Guayabo se observa que los valores de retorno serán siempre mayores que los costos, por lo que en toda la zona el margen bruto siempre será positivo.

## Comparaciones entre forrajes

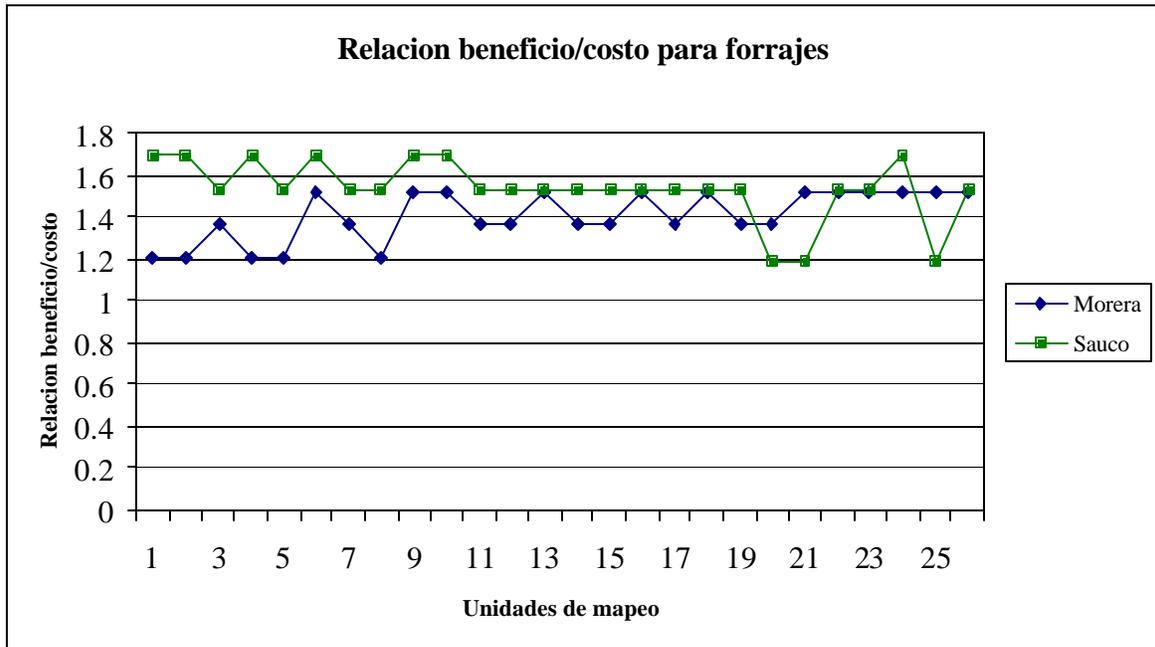
### ?? Aptitud física



**Figura 6.19** Aptitud física para los forrajes

Observando los resultados de aptitud física para los forrajes, se puede observar que las tierras de la subcuenca Guayabo poseen una mejor aptitud para la Morera. El hecho que la Morera sea posea mayor aptitud que el Sauco es debido a que sus requerimientos climáticos de altura y precipitación de la Morera son más amplios y similares a los de la zona. Aunque la Morera es de zonas que poseen temperaturas de media a altas y la zona del Guayabo poseen temperaturas frías, este factor es compensado por sus requerimientos de precipitación y altura, caso contrario con el Sauco, que es más adaptable a las temperaturas de la zona y no así a la precipitación y altura.

## ?? Aptitud económica



**Figura 6.20 Relación beneficio/costo para forrajes**

Por los resultados obtenidos de la relación beneficio/costo para cada uno de los forrajes se observa que ambos presentan una relación mayor que uno, por ambos cultivos son rentables dentro de la zona. Los valores de la relación beneficio/costo para el Sauco son proporcionalmente que los de Morera, por lo que se esperaría mayores beneficios con el cultivo de Sauco.

Para el cultivo del Morera se observa que en las primeras unidades de mapeo los valores de la relación beneficio/costo son menores que en las unidades que se encuentran en la parte media y baja de la cuenca. Caso contrario se observa con el Sauco, pues los valores de la relación beneficio/costo son mayores en las primeras unidades de mapeo y menores en las unidades de la parte media y baja.

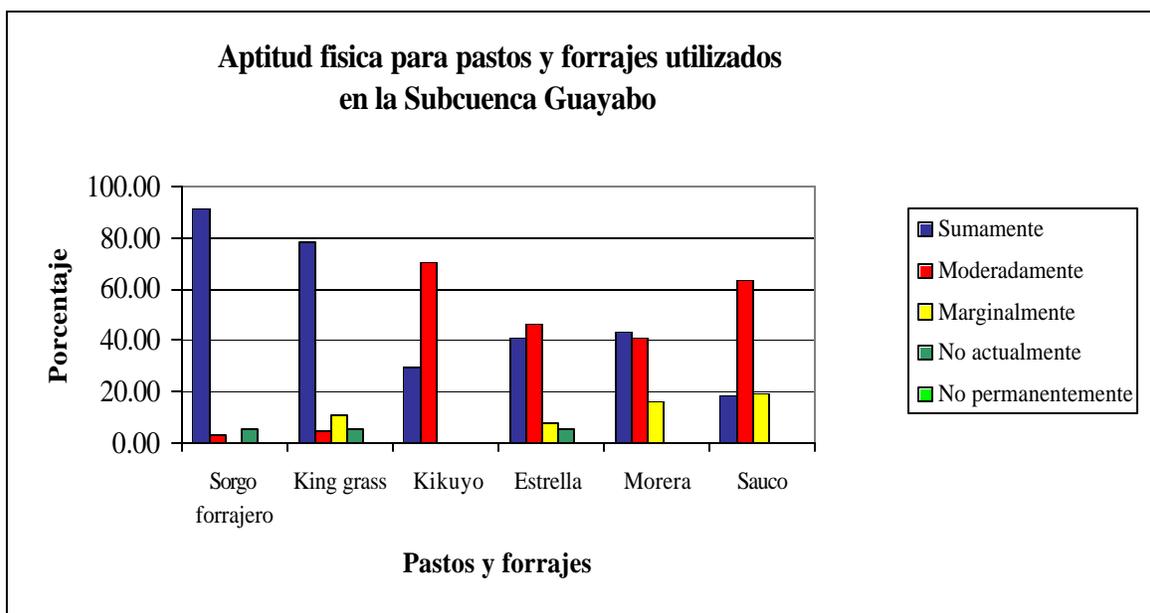
### 6.2.3 Comparaciones de aptitud física y económica para los cultivos

#### ?? Aptitud física

El cuadro siguiente muestra las aptitudes físicas para cada uno de los cultivos:

**Cuadro 6.33 Cuadro resumen de aptitud física de todos los TUT**

Unidad de Mapeo	Tipo de Uso de la Tierra					
	Sorgo Forrajero	King Grass	Kikuyo	Estrella Africana	Morera	Sauco
001	4	4	2	5	3	1
002	4	4	2	5	3	1
003	2	3	2	2	2	2
004	1	3	1	3	3	1
005	1	3	1	3	3	2
006	1	2	2	1	1	1
007	1	2	2	2	2	2
008	1	2	2	2	3	2
009	1	1	2	1	1	1
010	1	1	1	1	1	1
011	1	1	1	2	2	2
012	1	1	2	2	2	2
013	1	1	1	1	1	2
014	1	1	2	2	2	2
015	1	1	2	2	2	2
016	1	1	1	1	1	2
017	1	1	2	2	2	2
018	1	1	1	1	1	2
019	1	1	2	2	2	2
020	1	1	2	2	2	3
021	1	1	2	1	1	3
022	1	1	1	1	1	2
023	1	1	1	1	1	2
024	1	1	1	1	1	1
025	1	1	2	1	1	3
026	1	1	2	1	1	2



**Figura 6.21 Comparación de aptitud física para los pastos y forrajes**

Entre los factores físicos que afectan el rendimiento y la producción de los pastos están:

1. Precipitación es un factor climático ambiental determinante en la producción de biomasa forrajera. En este sentido no es sólo importante la cantidad de lluvia anual, sino también la distribución de ella a lo largo del año.
  
2. Temperatura. El patrón de crecimiento de las especies es controlada por la temperatura cuando la humedad del suelo no es el factor limitante. En general las leguminosas tropicales se desarrollan de manera óptima cuando la temperatura diurna es de 30°C y la nocturna de 25°C; en cambio las gramíneas tropicales encuentran su situación óptima a temperaturas más altas normalmente en el rango de 30-35°C. Las gramíneas de zonas templadas crecen, óptimamente entre los 20-25°C.
  
3. Altura

Para cada uno de los factores mencionados, se puede realizar un resumen en cuanto a la resistencia de cada pasto a las condiciones climáticas de la zona:

- Precipitación: El pasto más resistente King Grass pues soporta precipitaciones hasta de 4000 mm, seguido por el Sorgo, tercero el Kikuyo y por último Morera, Sauco y por último la Estrella Africana cuyo límite máximo esta muy por debajo del límite mínimo de la subcuenca.
- Temperatura: El más adaptables a las temperaturas frías de la zona es el Kikuyo, seguido por el Sauco, luego King Grass, Estrella Africana y Morera, siendo el menos resistente el Sorgo Forrajero.
- Altura: La Morera es la más resistente pues su requerimiento de altura se encuentra por arriba de los 4000 msnm, le sigue el Sauco, luego el Kikuyo, Sorgo y King Grass y el menos resistente es la Estrella Africana.

Las unidades de mapeo número 10 y 24 presentan tierras con aptitud para todos los cultivos. La unidad de mapeo 9, presenta aptitud para todos los cultivos menor para el Kikuyo. Las unidades 13, 16, 18, 22 y 23 poseen tierras aptas para todos los cultivos excepto para el Sauco. La unidad de mapeo 6 es muy apta para Sorgo Forrajero, Kikuyo, Estrella Africana y Morera. Las unidades de mapeo 21, 25 y 26 son aptas para Sorgo Forrajero, Estrella Africana, Morera y Sauco.

La unidad de mapeo 3 no es totalmente para ninguno de los cultivos.

Por los resultados que muestra la gráfica se observa que las tierras de la subcuenca Guayabo son más aptas para los pastos de corte en estudio (Sorgo Forrajero y King Grass), seguido por los pastos de piso y por último los forrajes.

Los forrajes no presentan, en comparación con los pastos de piso y los de corte, tierras que no sean aptas para ellos actualmente ni permanentemente, aunque sus valores de aptitud son relativamente bajos, pues no alcanzan ni siquiera el 50% de las tierras de la subcuenca.

Este resultado es sumamente positivo en comparación de los pastos de piso, si se recuerdan las ventajas al usar el pasto de corte:

- Se logra un empleo eficaz de los forrajes porque todas las partes de la planta son consumidas por los animales.
- Se necesita menos superficie de tierra por vaca ya que el pasto de corte produce más forraje por hectárea.
- Los animales permanecen próximos a los alojamientos y se evita la compactación del suelo por pisoteo
- Se elimina la necesidad de disponer de cerca y de suministro de agua en cada pastizal.

En general las unidades de mapeo que se encuentran en la zona de Guayabo bajo, presentan una mejor y mayor adaptabilidad a los pastos, que las que se encuentran en la zona de Guayabo alto. Esto es debido a que sus condiciones de altura, precipitación y temperatura, son similares a las que requieren los pastos para su óptimo crecimiento.

Basados en la clasificación de Holdridge, la zona de la subcuenca del Guayabo comprende cinco zonas de vida:

1. Bosque muy húmedo montano bajo
2. Bosque muy húmedo premontano
3. Bosque pluvial montano bajo
4. Bosque pluvial montano
5. Bosque pluvial premontano

Las tres primeras categorías son las que se encuentran en mayor proporción en la zona, cubriendo aproximadamente el 90% de la subcuenca. Estas tres zonas de vida predominantes están caracterizadas por temperaturas entre 12-24°C y precipitaciones promedios anuales entre 2000-6000 mm. Por lo tanto las condiciones climáticas de la zona son aptas para la producción de los pastos que se encuentran actualmente en la zona, pues presentan sus requerimientos entre estos rangos.

**Cuadro 6.34 Resumen de Rendimiento real No Normalizado para cada TUT**

Unidad de mapeo	Área de unidad	Rendimiento real no normalizado en KgMs/UM/año					
		Sorgo forrajero	King grass	Kikuyo	Estrella Africana	Morera	Sauco
001	1.17	1,017,198	1,469,286	1,162,512	0.00	1,550,016	1,937,520
002	0.97	843,318	1,218,126	963,792	0.00	1,285,056	1,606,320
003	1.36	1,520,208	1,951,872	1,351,296	1,418,860	2,026,944	2,026,944
004	1.83	2,272,860	2,262,416	2,020,320	1,697,068	2,424,384	3,030,480
005	1.17	1,453,140	1,679,184	1,291,680	1,085,011	1,550,016	1,743,768
006	0.55	683,100	888,030	546,480	637,560	910,800	910,800
007	0.18	223,560	290,628	178,848	187,790	268,272	268,272
008	1.29	1,602,180	2,082,834	1,281,744	1,345,831	1,708,992	1,922,616
009	0.22	273,240	394,680	218,592	255,024	364,320	364,320
010	1.85	2,297,700	3,318,900	2,042,400	2,144,520	3,063,600	3,063,600
011	2.76	3,427,920	4,951,440	3,047,040	2,879,452	4,113,504	4,113,504
012	1.27	1,577,340	2,278,380	1,261,872	1,324,965	1,892,808	1,892,808
013	0.58	720,360	1,040,520	640,320	672,336	960,480	864,432
014	2.89	3,589,380	5,184,660	2,871,504	3,015,079	4,307,256	4,307,256
015	1.14	1,415,880	2,045,160	1,132,704	1,189,339	1,699,056	1,699,056
016	0.60	745,200	1,076,400	662,400	695,520	993,600	894,240
017	4.82	5,986,440	8,647,080	4,789,152	5,028,609	7,183,728	7,183,728
018	1.57	1,949,940	2,816,580	1,733,280	1,819,944	2,599,920	2,339,928
019	0.70	869,400	1,255,800	695,520	730,296	1,043,280	1,043,280
020	1.77	2,198,340	3,175,380	1,758,672	1,846,605	2,638,008	2,051,784
021	0.91	1,130,220	1,632,540	904,176	1,054,872	1,506,960	1,054,872
022	0.28	347,760	502,320	309,120	423,576	463,680	417,312
023	0.43	534,060	771,420	474,720	498,456	712,080	640,872
024	0.52	645,840	932,880	574,080	602,784	861,120	861,120
025	4.71	5,849,820	8,449,740	4,679,856	5,459,832	7,799,760	5,459,832
026	3.71	4,607,820	6,655,740	3,686,256	4,300,632	6,143,760	5,529,384

Según los resultados para el rendimiento real no normalizado en las primeras seis unidades de mapeo es el Sauco el cultivo que presenta mayores rendimientos, junto con la Morera en las unidades 3 y 6. En segundo lugar se encuentra la Morera, seguido de King Grass y Sorgo Forrajero. Y son los cultivos de Estrella Africana y Kikuyu quienes presentan los menores valores de rendimiento real, ubicándose de la siguiente forma: Estrella Africana en las unidades 1, 2, 4 y 5 y el Kikuyo en las unidades 3 y 6.

A partir de la unidad de mapeo 7 es el King grass el cultivo que obtiene mayor rendimiento real en comparación con los otros cinco cultivos. Le siguen los cultivos de Sauco, Morera y Sorgo Forrajero. Son los cultivos de Kikuyo y Estrella Africana quienes obtienen el menor rendimiento real, y dentro de ellos es la Estrella Africana quien presenta los valores más bajos de rendimiento de todos los cultivos.

Por lo tanto las tierras ubicadas en las primeras seis unidades de mapeo dentro de la subcuenca Guayabo son más apto para Forrajes, seguidos de los pastos de corte y por último los pastos de piso.

Las tierras de las unidades de mapeo de la número siete en adelante son más aptas para los pastos de corte, seguidos por los forrajes y por últimos para los pastos de piso.

Los pastos de piso por lo tanto son los que presentan los menores rendimientos dentro de la subcuenca Guayabo.

Se puede realizar una comparación del aprovechamiento del pasto, haciendo una relación entre la digestibilidad y producción de materia seca y se obtiene el siguiente cuadro:

**Cuadro 6.35 Aprovechamiento del alimento para el ganado**

<b>Pasto</b> <b>Parámetro</b>	<b>Sorgo</b>	<b>King Grass</b>	<b>Kikuyo</b>	<b>Estrella Africana</b>	<b>Morera</b>	<b>Sauco</b>
<b>KgMS/ha/día</b>	45	65	40	42	60	60
<b>Digestibilidad (%)</b>	60	65-70	67	57	75-85	64.4
<b>Aprovechamiento KgMs/ha/día</b>	27	42-45	27	24	45-51	39

El mayor aprovechamiento se observa en la Morera, lo que refleja la importancia de la digestibilidad de la materia seca de cada pasto. En segundo lugar se encuentra el King Grass, seguido del Sauco, el Sorgo Forrajero, Kikuyo y Estrella Africana, respectivamente.

Los forrajes excelentes, de alta digestibilidad, pasan por el aparato digestivo rápidamente, por lo tanto, permiten que el animal consuma mayores cantidades de esta clase de forraje produciendo más carne y leche. Los forrajes de mala calidad con alta fibra pasan lentamente, llenando el rumen, disminuyendo la capacidad del animal, para consumir más forraje y con ello producir menos carne y leche.

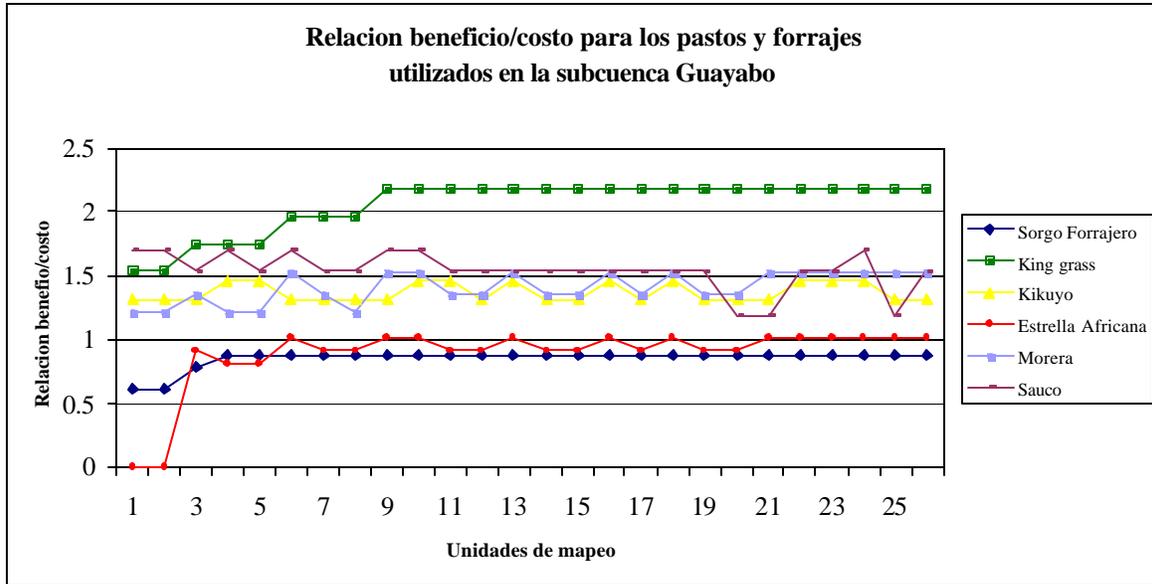
Se ha demostrado que el bovino consume diariamente 3 Kg. de materia seca (12 Kg. de materia verde) por cada 100 Kg. de peso vivo del animal y que la capacidad del animal para consumir y procesar mayores cantidades de nutrimentos, es el factor que más limita la habilidad de lograr mayores niveles de productividad.

*?? Aptitud económica*

El siguiente cuadro muestra los valores de la relación beneficio/costo para cada uno de los TUT en estudio:

**Cuadro 6.36 Resumen de Relación Beneficio/Costo para cada TUT**

Unidad de Manejo	Tipo de Uso de la Tierra					
	Sorgo	King	Kikuyo	Estrella	Morera	Sauco
001	0.61	1.53	1.31	0.00	1.21	1.70
002	0.61	1.53	1.31	0.00	1.21	1.70
003	0.78	1.75	1.31	0.91	1.36	1.53
004	0.87	1.75	1.46	0.81	1.21	1.70
005	0.87	1.75	1.46	0.81	1.21	1.53
006	0.87	1.97	1.31	1.01	1.52	1.70
007	0.87	1.97	1.31	0.91	1.36	1.53
008	0.87	1.97	1.31	0.91	1.21	1.53
009	0.87	2.19	1.31	1.01	1.52	1.70
010	0.87	2.19	1.46	1.01	1.52	1.70
011	0.87	2.19	1.46	0.91	1.36	1.53
012	0.87	2.19	1.31	0.91	1.36	1.53
013	0.87	2.19	1.46	1.01	1.52	1.53
014	0.87	2.19	1.31	0.91	1.36	1.53
015	0.87	2.19	1.31	0.91	1.36	1.53
016	0.87	2.19	1.46	1.01	1.52	1.53
017	0.87	2.19	1.31	0.91	1.36	1.53
018	0.87	2.19	1.46	1.01	1.52	1.53
019	0.87	2.19	1.31	0.91	1.36	1.53
020	0.87	2.19	1.31	0.91	1.36	1.19
021	0.87	2.19	1.31	1.01	1.52	1.19
022	0.87	2.19	1.46	1.01	1.52	1.53
023	0.87	2.19	1.46	1.01	1.52	1.53
024	0.87	2.19	1.46	1.01	1.52	1.70
025	0.87	2.19	1.31	1.01	1.52	1.19
026	0.87	2.19	1.31	1.01	1.52	1.53



**Figura 6.22. Relación beneficio/costo para los pastos y forrajes utilizados en la subcuenca Guayabo**

Los resultados de la relación beneficio/costo para los seis pastos y forrajes utilizados en la subcuenca, indican que el Sorgo Forrajero y la Estrella Africana no son rentables en la zona del Guayabo, pues los beneficios obtenidos en ellos son menores que los costos. Si bien es cierto existen unidades de mapeo en la zona en las cuales la relación beneficio/costo de la Estrella Africana es 1.01, el valor del beneficio es muy pequeño para poder considerarlo como rentable.

Los cultivos de King Grass, Kikuyo, Morera y Sauco presentan una relación beneficio/costo mayor que uno, lo que indican que estos son rentables dentro de la subcuenca Guayabo. Entre estos son el Sauco y el King Grass los que obtienen los mayores valores de la relación, por lo tanto mayores beneficios.

Para las dos primeras unidades de mapeo es el cultivo del Sauco el que obtiene la mayor relación beneficio/costo, seguido del King Grass, en tercer lugar el Kikuyo y por último Morera. En estas dos unidades no se toma en cuenta el Sorgo por tener un valor de relación beneficio/costo menor a uno.

Para las unidades de mapeo de la número tres en adelante, es el cultivo del King Grass es que presenta los mayores valores de la relación beneficio/costo dentro de la subcuenca. Esta relación concuerda con la evaluación de aptitud física del este cultivo, el cual muestra que en las dos primeras unidades no es apto (N4), y de la unidad 3 en adelante se presentan tierras que son aptas para el.

Seguido del King Grass es el cultivo del Sauco que presenta los valores más altos de la relación beneficio/costo de la unidad de mapeo 3 a la 19. En estas unidades de mapeo los valores de la relación para los cultivos de Kikuyo y Morera son bastantes similares, no encontrándose mayor diferencia entre ellos.

En las unidades 20 y 21 es la Morera que presenta los mayores valores, seguido del Kikuyo y luego del Sauco.

Para las últimas unidades de mapeo, exceptuando la 25, el Sauco se encuentra presenta los segundos valores más altos de la relación beneficio/costo, seguido de la Morera y el Sauco.

El cuadro siguiente muestra los rendimientos reales no normalizados para cada uno de los cultivos:

**Cuadro 6.37 Resumen de margen bruto No Normalizado para cada TUT**

Unidad de Manejo	Margen bruto no normalizado en \$ para cada TUT					
	Sorgo	King	Kikuyo	Estrella	Morera	Sauco
001	-51,052	77,117	47,975	0.00	26,922	57,435
002	-42,325	63,934	39,774	0.00	22,320	47,617
003	-18,804	118,918	55,766	8,912	44,807	53,249
004	1,967	160,015	99,282	-12,461	42,110	89,834
005	1,257	102,304	63,476	-8,606	26,922	45,810
006	591	59,932	22,552	11,254	23,585	26,999
007	193	102,304	7,280	1,179	5,930	7,047
008	1,386	140,568	52,896	8,453	29,684	50,508
009	236	28,709	9,021	4,505	9,434	10,799
010	1,988	241,417	100,368	37,856	79,333	90,816
011	2,967	360,168	149,738	18,086	90,933	108,065
012	1,365	165,729	52,076	8,322	41,842	49,725
013	623	75,687	31,466	11,868	24,872	22,709
014	3,106	377,133	118,504	18,938	95,216	113,155
015	1,225	148,765	46,745	7,470	37,559	44,635
016	645	78,297	32,551	12,277	25,729	23,492
017	5,181	628,990	197,644	31,585	158,804	188,722
018	1,687	204,878	85,177	32,126	67,326	61,471
019	752	91,347	28,703	4,587	23,062	188,722
020	1,902	230,977	72,578	11,598	58,316	34,129
021	978	118,751	37,314	18,621	39,023	17,546
022	301	36,538	15,190	5,729	12,007	10,963
023	462	56,113	23,328	8,799	18,439	16,836
024	559	67,857	28,211	10,640	22,299	25,526
025	5063	614,636	193,133	96,380	201,978	90,818
026	3988	484,140	152,128	75,917	159,095	145,261

En cuanto a los resultados obtenidos en el margen bruto normalizado, se observa que es el cultivo del King Grass el que obtiene los mayores valores de margen bruto no normalizado, en todas las unidades de mapeo, por lo tanto es el cultivo dentro de la subcuenca Guayabo que tiene mayor rentabilidad.

El cultivo del Sorgo Forrajero es el que tiene los menores valores de margen bruto y sumando los resultados obtenidos en la relación beneficio/costo, es el menos rentable dentro de la subcuenca.

## VII. CONCLUSIONES

1. **La subcuenca del río Guayabo posee tierras con potencial para el establecimiento de ganadería semiestabulada.** Los resultados demuestran que los forrajes en estudio no presentan dentro de la subcuenca Guayabo tierras que no sean aptas para su establecimiento; si bien es cierto presentan zonas en las cuales la aptitud es marginal o moderada, en la zona alta para la Morera (*Morus sp*) y zona baja para el Sauco (*Sambucus canadiensis*) se ha demostrado que son económicamente rentables. Por otra parte los pastos de corte en estudio presentan aptitud en toda la cuenca, con excepción en la unidad de mapeo 1 y 2 (zona más alta de la subcuenca) y aunque el Sorgo Forrajero (*Sorghum alnum*) no presenta rentabilidad dentro de la zona, es el King Grass (*Pennisetum purpureum*) el que presenta la mayor rentabilidad.

2. **Las características de cada una de las unidades cartográficas (unidades de mapeo) asociadas a la producción ganadera son diferentes.** Los resultados demuestran por lo tanto que no todas las tierras a lo largo de la subcuenca Guayabo presenta aptitud para los diferentes cultivos en estudio. La zona alta de la subcuenca Guayabo especialmente las unidades de mapeo 1 y 2 no son aptas para Sorgo Forrajero (*Sorghum alnum*), King Grass (*Pennisetum purpureum*) y Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*), pero si lo son para Sauco (*Sambucus canadiensis*); en cambio la zona media y baja es apta para todos los cultivos de manera total, moderada o marginalmente. A partir de la unidad nueve se presenta el mayor número de unidades de mapeo que poseen tierras aptas para todos de los cultivos. Las características más variables dentro de la zona y que limitan más la aptitud de las tierras a los cultivos son la elevación y la temperatura.

3. **Los requisitos de uso de la tierra relacionados a los sistemas de producción ganadera en la subcuenca Guayabo son diferentes.** Especialmente los requisitos de agua disponible, temperatura requerida y altitud requerida son diversos para cada uno de los cultivos y determinan la adaptabilidad física las unidades de mapeo de la subcuenca. Esta diversidad de requisitos determina de igual manera el rendimiento real de cada uno, siendo el Sauco (*Sambucus canadiensis*) el que de la unidad de mapeo 1 a 6 presenta los valores más altos de rendimiento de KgMs/UM/año y a partir de la unidad 7 es el King Grass (*Pennisetum purpureum*) el que presenta los mayores rendimientos.

4. **La tierras de la subcuenca Guayabo presentan variabilidad en cuanto su aptitud física.** Queda demostrado que las tierras de la subcuenca Guayabo son en su mayoría aptas para los cultivos en estudio, con excepción de las unidades 1 y 2. Son los pastos de corte Sorgo Forrajero (*Sorghum alnum*) y King Grass (*Pennisetum purpureum*) los que presentan mayor alta aptitud física en las tierras que se encuentran a partir de la unidad número 6. Los pastos de piso en estudio, Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*) presentan su mejor adaptabilidad de igual forma de la unidad 6 en adelante, pero presentan aptitud alta y moderada. En cambio los forrajes presentan variabilidad en su aptitud pues la Morera (*Morus alba*) demuestra ser más apto en las tierras de la unidad 9 en adelante y el Sauco (*Sambucus canadiensis*) lo es de la unidad 1 a la 19.

5. **Las tierras de la subcuenca Guayabo presentan variabilidad en cuanto su aptitud económica.** Las tierras de la subcuenca Guayabo no son aptas económicamente para Sorgo Forrajero (*Sorghum alnum*) ni para Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*) pues la relación beneficio/costo obtenida es menor que uno, indicando que los costos son mayores que los ingresos. Por el contrario las tierras de las subcuenca Guayabo si son económicamente aptas para los otros cuatro cultivos en estudio, siendo el King grass (*Pennisetum purpureum*) el que presenta mayor rentabilidad en la subcuenca.

## VIII. RECOMENDACIONES

1. **En las áreas (unidades de mapeo) de la subcuenca Guayabo en las cuales se presentaron tierras con limitantes de aptitud física para algunos cultivos, es necesario tomar en cuenta tipos de uso de tierra (TUT) alternativos.** Este problema se da especialmente en las unidades de mapeo 1 y 2, las cuales presentaron tierras que no poseen aptitud para tres de los cultivos en estudio. Esto es debido a que en estas unidades las condiciones de temperatura y elevación se encuentran por arriba del límite máximo de los requerimientos climáticos de cada uno de los cultivos.

2. **Replantear la presente evaluación en la que se incluyan características físicas y químicas de los suelos, a fin de determinar no solo la adaptabilidad de los pastos con respecto a factores climáticos.** Si bien es cierto los factores climáticos en primera instancia determinan la adaptabilidad de los cultivos a las tierras de la zona, se debe tener en cuenta los diferentes requerimientos de los cultivos en cuanto macro y micro nutrientes.

3. **Desarrollar modelos de evaluación alternativos en los que se incluyan insumos de tipo orgánicos, especialmente fertilizante orgánico (boñiga) muy utilizado actualmente por algunos productores de la zona.** Este tipo de fertilizante por ser de fácil acceso y preparado por los mismo productores, disminuiría los costos de producción de los cultivos e incrementaría la rentabilidad del mismo. Esta sería una buena alternativa a considerar especialmente en los casos como el Sorgo Forrajero (*Sorghum alnum*) y la Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*), que presentan una aptitud física en la mayoría de las unidades de mapeo a lo largo de la subcuenca, pero que no presentan rentabilidad dentro de las mismas.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICA

- Araya, J; Benavides, J; Arias; R; Ruiz, A. 1994. Identificación y caracterización de árboles y arbustos con potencial forrajero en Puriscal, Costa Rica. Arboles y arbustos forrajeros en América Central. Volumen I. CATIE, Turrialba, C.R. p.31-64
- Arronis Díaz, V. 2003. Recomendaciones sobre sistemas intensivos de producción de carne: Estabulación, Semiestabulación y Suplementación estratégica en pastoreo. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, CR. 70 p.
- Arze Borda, J. 1991. Avances en el desarrollo de modelos de simulación y sistemas de expertos para la transferencia de agrotecnología. IV Asamblea General de REDCA, Panamá. CATIE, Turrialba, CR.
- Arze Borda, J. 1993 a. Herramientas para la toma de decisiones sobre la transferencia de agrotecnología. Memoria de la VII Asamblea General “Tendencias Mundiales y Desarrollo Agropecuario”. Turrialba, CR.
- Arze Borda, J. 1993 b. Decisiones sobre manejo de Agrotecnología y Sistemas de Expertos. Taller “Uso sostenible de tierras en desarrollo”. Turrialba, C.R.
- Barrios Velásquez, CA. 1998. Pastoreo regulado y bostas del ganado como herramientas forestales para protección de arbolitos en potreros. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 93 p.
- Beitia Mendoza, A. 1989. Análisis de la problemática de la calidad del agua y formulación de recomendaciones para su manejo en la cuenca alta del río Chiriquí Viejo, Panamá. Tesis para optar al grado de Magíster Scientiae. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 242 p.

- Benavides, JE. 1994. La investigación en árboles forrajeros. Árboles y arbustos forrajeros en América Central. Volumen I. CATIE, Turrialba, C.R. p. 3-28
- Benavides, J; Lachaux, M; Fuentes, M. 1993. Efecto de la aplicación de estiércol de cabra en el suelo sobre la calidad y producción de biomasa de Morera (*Morus sp*). Árboles y arbustos forrajeros en América Central. Volumen II. CATIE, Turrialba, C.R. p. 495-514.
- Benavides, JE. Araya, J. 1994. Efecto de la procedencia, posición en la rama y tipo de siembra en el establecimiento de estacas de Sauco amarillo (*Sambucus canadiensis*) en Puriscal, Costa Rica. Árboles y arbustos forrajeros en América Central. Volumen II. CATIE, Turrialba, C.R. p. 423-429.
- Bernal Eusse, J. 1994. Pastos y Forrajes Tropicales. Producción y Manejo. Tercera Edición. Banco Ganadero. Santafé de Bogota, CO. 575 p.
- Buch Texaj, MS. 2001. Evaluación del riesgo a deslizamientos en la subcuenca Matanza, Río Polochic, Guatemala. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 152 p.
- Camas Gómez, R. 1995. Desarrollo de un modelo para la evaluación automatizada de tierras con énfasis en la conservación de los recursos naturales en la Fraylesca, Chiapas, México. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 136 p.
- CCT (Centro Científico Tropical). 1985. Manual para la determinación de la capacidad de uso de las tierras de Costa Rica. Centro Científico Tropical. San José, CR.
- Castro Ramírez, A. 2002. Ganadería de leche. Producción Bovina. Tomo I. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, CR. 289 p.

- Celada Robles, JE. 1993. Desarrollo de modelos para evaluación de tierras en el Trópico seco de Jutiapa, Guatemala: aplicación de un sistema automatizado –ALES-. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 109 p.
- Céspedes, WR. 1994. Evaluación de la tasa de crecimiento, calidad y productividad del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) en un sistema de pastoreo rotacional en Barva, Heredia. Tesis Licenciatura. Heredia, CR. Universidad Nacional. 92 p.
- CIDIAT-MARNR. 1983. Técnica para la Toma de Decisiones. Venezuela.
- Cubero, D. 2001. Clave para determinar la Capacidad de Uso de las Tierras. 1ª Edición. ACCS, MAG, ARAUCARIA. San José, CR.
- Cubero, D. 1996. Manual de Manejo y Conservación de Suelos y Aguas. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, CR. 278 p.
- Espinoza Méndez, E. 1996. Efecto del sitio y del nivel de fertilización nitrogenada sobre la producción y calidad de tres variedades de Morera (*Morus alba*) en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 84 p.
- Estrada Guevara, XA. 1997. Efecto de la sustitución del King Grass (*Pennisetum purpureum*) por Morera (*Morus sp*) sobre los parámetros de degradación y fermentación ruminal de cuatro forrajes de calidad contrastante. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE.
- FAO, 1993. Prevención de la contaminación del agua por la agricultura y actividades afines. Informes sobre temas Hídricos 1. Santiago, Chile. 385 p.
- FAO. 1985. Directivas: Evaluación de tierras para la agricultura de secano. FAO, IT. Boletín de suelos No 52. 228 p.

- Flores Marchena, G. 1991. Efecto de la suplementación con concentrado, melaza; Melaza más urea al pasto Pennisetum purpureum variedad King Grass; sobre la producción de leche durante el época seca bajo un sistema semiestabulado. Tesis Licenciatura. Heredia, CR. Universidad Nacional. 61 p.
- García Díaz, E.G. 2003. Impacto de las actividades agropecuarias sobre el ambiente. Serie: Problemas ecológicos. Editorial Universidad de Costa Rica. San José, CR. 44 p.
- Gladwin, C. 1981. Estrategias de decisión de los pequeños agricultores en las zonas de ladera y sus implicaciones para el diseño de proyectos. Seminario Internacional sobre producción agropecuaria y forestal en las zonas de ladera de América Tropical. Costa Rica. p. 133-150
- Gutiérrez, C. 1998. Problemas de manejo del recurso agua. Programa de Manejo Integrado de Recursos Naturales. Proyecto regional de manejo de Cuencas. CATIE/IDE. 32 p.
- Hart, R. 1985. Conceptos básicos sobre agroecosistemas. CATIE. Serie Materiales de Enseñanza No1. Turrialba, Costa Rica. 159 p.
- Hidalgo Arden, Carlos. 1998. Bancos forrajeros: Una técnica agroforestal adecuada para la región del Pacífico Central de Costa Rica. Antología del Curso Taller Internacional "Ganadería alternativa, enfoque Agroforestal". Tabasco, México. p. 67-73.
- Holdridge, LR. 2000. Ecología basada en zonas de vida. Instituto Interamericano Cooperación para la Agricultura. Quinta reimpresión. San José, CR. 216 p.
- Heuvelop, J; Pardo Tasies, J; Quirós Conejo, S; Espinoza Prieto, L. 1986. Agroclimatología Tropical. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, CR. 378 p.

- Ibrahim, M; Pezo, D. 1998. Sistemas Silvopastoriles. Módulo de Enseñanza Agroforestal No. 2. CATIE, Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. Turrialba, CR. 258 p.
- Jarquín Mejía, MC. 2000. Sistema experto para el manejo de plagas de tomate asociado con café, en Grecia, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 166 p.
- Jiménez, F; Vargas, A. 1998. Apuntes de clase del curso corto: Sistemas Agroforestales. Serie Técnica. Manual Técnico No. 32. CATIE, Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. Turrialba, Costa Rica. 360 p.
- Jiménez, F; Muschler, R; Köpsel, E; 2001. Funciones y aplicaciones de sistemas agroforestales. Módulo de Enseñanza Agroforestal No. 6. CATIE, Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. Turrialba, CR. 187 p.
- Justiniano, MJ; Fredericksen, TS. 1998. Ecología de especies menos conocidas. Morado (*Machaerium scleroxylon Tul*). BOLFOR (Proyecto de Manejo Forestal Sostenible). Santa Cruz, Bolivia. 22 p.
- Laínez Ordóñez, MJ. 1997. Análisis de la relación ambiental y financiera de la dinámica del uso de la tierra en la finca comercial de CATIE, Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 152 p.
- León Pérez, C. 1994. Evaluación de tierras en la cuenca superior del río Reventazón, Costa Rica: Aplicación de un sistema automatizado –ALES- y un sistema de información geográfica –IDRISI-. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 240 p.
- Leonard, H. 1986. Recursos naturales y desarrollo económico en América Central: un perfil ambiental regional. San José, Costa Rica. CATIE. 267 p.

- Libreros, HF; Benavides, J; Kass, D; Pezo, D. 1994. Productividad de una plantación asociada de Poró (*Erythrina poeppigiana*) y King Grass (*Pennisetum purpureum* x *P. Typhoides*). Efecto de la adición de follaje al suelo sobre la producción y calidad de la biomasa. Arboles y arbustos forrajeros en América Central. Volumen II. CATIE, Turrialba, C.R. p.453-473
- Lobo Di Palma, MV; Díaz Sánchez, O. 2001. Agrostología. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, CR. 149 p.
- Lobo Di Palma, MV; Solano Jiménez, JA. 1997. Especies forrajeras liberadas en Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, CR. 69 p.
- Medina, JM. 1994. Observaciones sobre el consumo de follaje de Guácimo (*Guazuma ulmifolia*), Tiguilote (*Cordia dentada*) y Pasto Guinea (*Panicum maximum*) por cabras semi-estabuladas. Arboles y arbustos forrajeros en América Central. Volumen I. CATIE, Turrialba, C.R. p.249-256
- Mendoza, M. 1996. Impacto de la tierra, en la calidad del agua de la microcuencas río Sábalos, cuenca del río San Juan. Tesis para optar al grado de Magíster Scientiae. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 81 p.
- Mendoza Martínez, G. 1998. Conservación y aprovechamiento de fauna silvestre en sistemas silvopastoriles. Antología del Curso Taller Internacional “Ganadería alternativa, enfoque Agroforestal”. Tabasco, México. p. 45-52
- Montenegro, J; Abarca, S. 1998. La Ganadería en Costa Rica. Tendencias y proyecciones 1984-2005. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Turrialba, CR. 70 p.
- Nebendahl, D. 1988. Sistemas expertos. Introducción a la técnica y la aplicación. MARCOMBO S.A. Barcelona, España.

- Núñez Solís, J. 2001. Manejo y Conservación de Suelos. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, CR. 264 p.
- Pérez Pérez, J; Hernández Garay, A; Alarcón Zúñiga, B. 1998. Manejo del pastoreo y respuesta animal en praderas asociadas con especies arbustivas. Antología del Curso Taller Internacional “Ganadería alternativa, enfoque Agroforestal”. Tabasco, México. p. 37-44.
- Ramakrishna, B. 1997. Estrategia de Extensión para el Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas: Conceptos y Experiencias. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), (Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible). San José, Costa Rica. 338 p.
- Richters, EJ. 1985. Introducción al Manejo del uso de la tierra y a una de sus actividades principales: La Evaluación de Tierras. Turrialba, CR. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 18 p.
- Richters, EJ. 1995. Manejo y uso de la tierra en América Central. Hacia el aprovechamiento sostenible del recurso tierra. San José, CR. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 439 p.
- Rodas Camas, OA. 1996. Evaluación automatizada de tierras con fines de producción forestal y conservación hidrológica. Estudio de caso microcuenca del río Chilasco, Baja Verapaz, Guatemala. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 208 p.
- Rojas, A. 1992. Alimentación y manejo de terneras de lechería. Editorial de la Universidad de Costa Rica. San José, CR. 80 p.
- Rossiter, D.G; Van Wambeke, A; Jiménez, A. 1993. Sistema Automatizado para la Evaluación de Tierras (ALES). Versión en español. Manual para usuarios. Ithaca, N.Y. Cornell University, Department of Soil, Crop & Atmospheric Sciences. 177 p.

- Seoanez, M; Angulo, I. 1999. Ingeniería del Medioambiente. Aplicada al medio natural continental. Segunda edición, Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 702 p.
- Spain, J.M. 1983. Suelos Marginales y pastos Tropicales. Hacia un uso más eficiente de los recursos. CATIE, Departamento de Producción Vegetal. Memorias del Sexto foro realizado en Turrialba, CR
- Ugalde Morales, MA. 1995. Evaluación de sistemas de uso de la tierra en tres escenarios de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. San José, CR. Universidad de Costa Rica. 373 p.
- Vallejo, MA; Oviedo, FJ. 1994. Características botánicas, usos y distribución de los principales árboles y arbustos con potencial forrajero de América Central. Árboles y arbustos forrajeros en América Central. Volumen II. CATIE, Turrialba, C.R. p.665-694.
- Vallejos Arnez, JE. 1997. Sistema experto para la evaluación del impacto del complejo Bemisia tabaci –Geminivirus en frijol, tomate y chile dulce, con fines de planificación. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 120 p.
- Vargas, A; Benavides, J; Romero, F; Kass, M. 1994. Utilización del forraje de Poró (*Erythina cocleata*) como suplemento proteico para toretes en pastoreo. Árboles y arbustos forrajeros en América Central. Volumen I. CATIE, Turrialba, C.R. p. 357-376.

## **X. ANEXOS**

## Anexo 1.

Identificación de fincas pertenecientes al proyecto del establecimiento de Ganadería  
Semiestabulada del ICE.

<b>Ident.</b>	<b>Nombre del propietario</b>	<b>Actividad</b>	<b>Altura (msnm)</b>	<b>Precipitación (mm)</b>	<b>Características del terreno</b>
01	Carlos Alvarado	Ganadería	1270	3800	<b>Fte. ondulado</b>
02	Edgar Camacho	Ganadería	1757	3800	<b>Fte. ondulado</b>
03	Carlos Castro	Ganadería	1774	3600	<b>Fte. ondulado</b>
04	Carlos Gómez	Ganadería	1524	3600	<b>Fte. ondulado</b>
05	Leonel Masís	Ganadería	1416	3800	<b>Fte. ondulado</b>
06	Hugo Alvarez	Ganadería	2279	3600	<b>Escarpado</b>
07	Edgar Bravo Vargas	Ganadería	1596	3600	<b>Fte. ondulado</b>
08	Brenes Guido Nuñez	Ganadería	1927	3600	<b>Fte. ondulado</b>
09	Otto Calvo Brenes	Ganadería	1258	3800	<b>Fte. ondulado</b>
10	Orlando Carvajal	Ganadería	1585	3600	<b>Fte. ondulado</b>
11	Roberto Cerdas	Ganadería	1289	3600	<b>Fte. ondulado</b>
12	Geovanny Coto	Ganadería	1513	3600	<b>Fte. ondulado</b>
13	Miguel Coto	Ganadería	1260	3800	<b>Fte. ondulado</b>
14	Gonzalo Alvarez	Ganadería	1283	3800	<b>Fte. ondulado</b>
15	Adrián Jiménez	Ganadería	1575	3600	<b>Fte. ondulado</b>
16	Pilar Masís	Ganadería	2663	3600	<b>Escarpado</b>
17	Efraín Pereira	Ganadería	1773	3600	<b>Fte. ondulado</b>
18	Sergio Pereira	Ganadería	1857	3600	<b>Fte. ondulado</b>
19	Geovanny Quesada	Ganadería	1430	3800	<b>Fte. ondulado</b>
20	Amable Torres	Ganadería	2280	3600	<b>Escarpado</b>
21	Juan Ulloa	Ganadería	1895	3600	<b>Fte. ondulado</b>
<b>22</b>	<b>Virgilio Vargas</b>	<b>Ganadería</b>	<b>1891</b>	<b>3600</b>	<b>Fte. ondulado</b>

Fuente: Unidad de Manejo de la Cuenca del río Reventazón, UMCRE.

## Anexo 2.

Localización de las fincas ganaderas pertenecientes al proyecto de ganadería Semiestabulada del ICE, dentro de la subcuenca del río Guayabo.

