

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE  
INVESTIGACION Y ENSEÑANZA  
PROGRAMA DE ENSEÑANZA  
AREA DE POSTGRADO

**EVALUACION DE TIERRAS EN LA CUENCA  
SUPERIOR DEL RIO REVENTAZON, COSTA RICA:  
APLICACION DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO  
-ALES- Y UN SISTEMA DE INFORMACION  
GEOGRAFICA-IDRISI.**

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

**Magister Scientiae**

**Por**


**Carlos León Pérez**

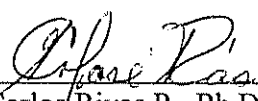
CATIE  
Turrialba, Costa Rica  
1994

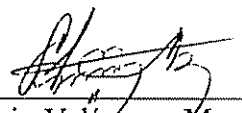
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por la Jefatura del Area de Postgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del CATIE y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

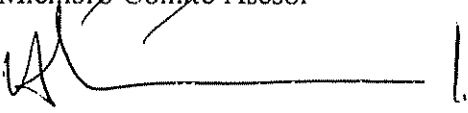
*MAGISTER SCIENTIAE*

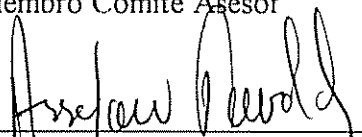
FIRMANTES.

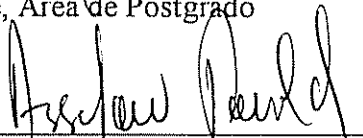
  
\_\_\_\_\_  
José Arze Borda, M Sc  
Profesor Consejero

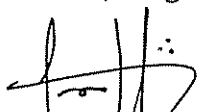
  
\_\_\_\_\_  
Carlos Rivas P., Ph D  
Miembro Comité Asesor

  
\_\_\_\_\_  
Sergio Velásquez M., M Sc  
Miembro Comité Asesor

  
\_\_\_\_\_  
Federico Holmann, Ph D  
Miembro Comité Asesor

  
\_\_\_\_\_  
Assefaw Tewolde, Ph D  
Jefe, Area de Postgrado

  
\_\_\_\_\_  
Assefaw Tewolde, Ph D  
Director, Programa de Enseñanza

  
\_\_\_\_\_  
Carlos León Pérez  
Candidato

## AGRADECIMIENTOS

José Arze Borda, MSc, cariñosamente Don Pepe, profesor consejero, su dedicación, capacidad y rigor científico es su mejor enseñanza, su amistad y calidez humana su mayor virtud.

Carlos Rivas P., PhD, Director del Programa de Manejo Integrado de Recursos naturales del CATIE, miembro del comité, por sus oportunos y acertados consejos.

Sergio Velazquéz, MSc, por su apoyo e interés en el trabajo, especialmente lo concerniente al Sistema de Información Geográfica.

Federico Hollman, PhD, por sus comentarios y sugerencias en los aspectos económicos.

Leopoldo Gomez, MSc, por su amistad y apoyo.

Gregorio Leclerc, PhD, por su apoyo e interés en la generación de mapas.

Al proyecto RENARM/CUENCAS por el patrocinio de la beca de postgrado.

A todos los expertos y personas que en forma desinteresada contribuyeron al feliz término de este trabajo.

DEDICATORIA.

"- ¡Bendito sea el poderoso Dios, que tanto bien me ha hecho! En fin, sus misericordias no tienen límite, ni las abrevian ni impiden los pecados de los hombres."

*Don Quijote de la Mancha,  
Miguel de Cervantes Saavedra.*

A mi esposa Deyanira, fuente permanente de aliento y amor, el logro de esta meta también es tuya.

A mis padres, Carlos e Iris, vivo ejemplo de perseverancia, apoyo y comprensión.

A mis hijos, Carlos Alberto, Luis Fernando y Eugenia María, por quienes este esfuerzo tiene aún mayor sentido.

A mis hermanos , Iris y Ricardo, y familiares en general.

A Eduardo Hipsley, Nelly e hijos, hermanos salvadoreños, por una amistad y cariño excepcional.

A mis compañeros de posgrado, su amistad y cariño son el mejor saldo, lo mismo el honor de haber sido su anfitrión en Turrialba, especialmente a: Alex Tineo, Ernesto Celada, Diomedes Londoño, Marta Rodríguez, Victoria Maynardi, Carlos Quirós, Evelyn Franco, Galileo Rivas, Ernesto Sánchez, Julio Aguilar, Octavio Sánchez, Oscar Valenzuela, Carlos de Lucca y Carlos Mercado.



### BIOGRAFIA.

El autor nació en San José, Costa Rica, el 8 de setiembre de 1956. Realizó estudios primarios en la Escuela Mariano Cortés y secundarios en el Instituto Clodomiro Picado Twight, ambos en la ciudad de Turrialba.

Ingresó a la Facultad de Agronomía de la Universidad de Costa Rica en 1974, donde obtuvo el título de Ingeniero Agrónomo y el grado de Licenciado en Zootecnia en 1980.

Laboró en el sector privado como Gerente de "El Agricultor Moderno", una empresa familiar en la ciudad de Turrialba.

En 1985 se integró al sector público en el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), como zootecnista de la Dirección Regional de la zona Huetar Atlántica. Promovido como coordinador del Programa de Reactivación Ganadera, integró un equipo de trabajo con médicos veterinarios para manejar un plan piloto de mejoramiento reproductivo en fincas de cría y doble propósito.

De 1987 a mayo de 1990 fue designado Director Regional de Programas Agropecuarios para la Zona Atlántica, con cargo de programas de extensión e investigación agropecuarias, Sanidad Vegetal y Mercadeo Agropecuario.

De mayo de 1990 a setiembre de 1991 tuvo a su cargo la Secretaria Técnica del Area Piloto de Costa Rica, proyecto conjunto entre el MAG y el CATIE, para establecer en el trópico húmedo de Costa Rica un área de desarrollo concertado interinstitucional y de investigación en sistemas agropecuarios sostenibles.

Ingresó a la Escuela de Postgrado de CATIE en 1991, al Programa de Manejo Integrado de Recursos Naturales, con énfasis en Manejo de Cuencas Hidrográficas, donde obtuvo el grado de Magister Scientiae en 1994.

LEON PEREZ, 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.

**Palabras claves:** evaluación de tierras, aptitud física, aptitud económica, sistemas expertos, modelos de evaluación, café, caña, papa, pasto kikuyo, bosque húmedo tropical, cuenca, Río Reventazón, SIG, interfase, ALES, IDRISI, ALIDRIS.

#### RESUMEN.

El presente estudio se realizó en la cuenca superior del Río Reventazón, Costa Rica, en un área de 1480 Km<sup>2</sup>, situada al centro del país pero perteneciente a la vertiente del Atlántico. Se desarrollaron modelos de evaluación mediante un sistema de expertos del Sistema Automatizado de Evaluación de Tierras (ALES) para los siguientes tipos de uso de la tierra (TUT): café monocultivo con sombra tecnificado para época de precios bajos, café monocultivo con sombra tecnificado según el Instituto del Café de Costa Rica, caña de bajura húmeda, caña de altura húmeda, papa Irazú, pasto kikuyo y bosque húmedo tropical. Se determinó la aptitud física y económica de los usos modelados utilizando la metodología de evaluación de tierras de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO; consistente en comparar la oferta de cualidades de las tierras con la demanda de requisitos de los usos de la tierra. Se definieron 22 unidades de tierra de características biofísicas y socioeconómicas homogéneas, en las que se efectuaron las evaluaciones en forma simultánea para todos los modelos construidos. La aptitud física determinó las diferentes subclases: apta, moderada, marginal o no apta. Las unidades clasificadas en el rango de aptitud física fueron entonces evaluadas en su aptitud económica, mientras las no aptas son computadas económicamente no aptas. La aptitud económica fue evaluada mediante los indicadores financieros Tasa Interna de Retorno, Valor Presente Neto, Relación Beneficio/Costo en usos de mediano y largo plazo; el Margen Bruto en los usos anuales.

Las unidades de tierra fueron digitalizadas mediante un Sistema de Información Geográfica (IDRISI) para crear un mapa base para la evaluación. Mediante un interfase -ALIDRIS- construido dentro del ALES, los resultados de las evaluaciones y las características de las unidades de tierra fueron desplegados en forma gráfica como nuevas imágenes digitales, para procesos o modelación posterior en IDRISI. La mejor aptitud física y económica fue para el TUT Bosque Húmedo Tropical, 94% de la cuenca es de total aptitud, y los indicadores financieros como el margen bruto son superiores o iguales a ₡1,383,200/Ha/Año. Los demás usos presentaron mucha variación entre su aptitud física y económica; la caña de altura tiene un área de solamente 6.2 Km<sup>2</sup> de aptitud plena (0.5% de la cuenca) con indicadores financieros muy buenos (TIR del 26.% comparada con una tasa de descuento real del 6%, Relación Beneficio/Costo de 1.36), la caña de bajura tiene cerca de un 20% entre áreas aptas o moderadas con indicadores financieros buenos pero inferiores a los de la caña de altura (TIR: 7.39 a 21.9, Relación B/C: 1.01 a 1.15); la papa Irazú y el pasto kikuyo comparten unidades de tierra de aptitud física similar, sin embargo la condición de precio de la papa al momento de la evaluación permitió una explotación sumamente rentable en un 25% del área total de la cuenca (Margen Bruto:  $\geq$  ₡ 255,000/Ha), inclusive en algunas áreas marginales; la producción de leche a base de pasto kikuyo tiene algún grado de aptitud en un 21% de la cuenca con buenos indicadores financieros (TIR  $\geq$  13.6 y Relación B/C  $\geq$  1.07); los modelos de café mostraron algún grado de aptitud física hasta en un 36% de la cuenca, pero en todos los casos la aptitud económica fue deficiente dada la condición de precios bajos del grano al momento de la evaluación (TIR -0.64%, Relación B/C  $\leq$  0.9).

LEON PEREZ, C. 1994. Land evaluation in the upper section of the Reventazon River watershed, Costa Rica: application of an automated system -ALES- and a Geographic Information System - IDRISI-.

**Key words:** land evaluation, physical suitability, economic suitability, expert systems, evaluation models, coffee, sugar cane, potatoes, kikuyo grass, tropical humid forest, watershed, Reventazon River, SIG, interface, ALES, IDRISI, ALIDRIS.

#### SUMMARY.

The present study was carried out in the upper section of the Reventazon River watershed, Costa Rica, in an area of 1480 Km<sup>2</sup>, located in the center of the country but is part of the Atlantic basin. Evaluation models were developed with an expert system software ALES (Automated Land Evaluation System) for six land utilization types (LUT): technified coffee monocrop with shade (low price season), technified coffee monocrop with shade (Costa Rica Coffee Institute model), Sugar cane (humid lowland condition), Sugar cane (humid highland condition), Technified Irazu potatoes, kikuyo grass, Tropical Humid Forest. Physical suitability was determined using the methodology of the United Nations Food and Agriculture Organization (FAO), who consists in matching the land qualities (LQ) offer with the land utilization requirements (LUR). 22 Land Units (LU) were defined with homogeneous biophysical and socioeconomics characteristics, in wich the evaluations were done simultaneously for the six evaluation models. Physical suitability was determined by sub-classes: aptitude, moderate, marginal and no-aptitude. Land units rated in the aptitud range were then evaluated in their economic suitability, while non-physical aptitude units carries automatically no economic computation. Economic suitability was mesured in discounted cash flow analysis (Net Present Value, Benefit/Cost Ratio, Internal Return Rate) for medium and long term uses, gross margin analysis for annual uses refecting only recurring costs and outputs.

Land Units (LU) were digitalized to obtain a land evaluation base map with a Geographic Information System, IDRISI. With the interface ALIDRIS built within ALES, Land Evaluation Results and Land Characteristics were automatically displayed as new digital images for further processing or modeling in IDRISI. The Tropical Humid Forest showed the best suitability, both physical and economic, 94% of the watershed is plenty suitable, only two land units rated no suitability, financial indicators such the gross margin is equal or above ₡1,383,200/Ha/Yr. The remained uses showed large variation in physical and economic suitability among land units, the sugar cane highland condition is of total suitability in only 6.2 Km<sup>2</sup> (0.5% of the total area) but its economic behavior is among the best (IRR: 26.5 % in a real discount rate basis of 6%, relation Benefit/Cost: 1.36); the sugar cane lowland condition has a broader distribution and has moderate to complete suitability in near 20% of the watershed with good economic performance but not as well of the highland sugarcane (IRR: 7.39 to 21.9%, Relation B/C: 1.01 to 1.15); Irazu potatoes and kikuyo grasss share land units very close in its physical suitability, although the potato price during these evaluation made it very profitable in 25% of the total area (Gross Margin ≥ ₡ 255,000/Ha), even in some marginal land units; milk production based on kikuyo grass is physical and economic suitable in 21% of the watershed (IRR: ≥ 13.6, Relation B/C ≥ 1.07). Both coffee models showed different grades of physical suitability in 36% of the watershed, but the coffee beans price at the evaluation time were very low with its negative effect over the financial indicators (IRR ≤ -0.64, Relation B/C ≤ 0.9).

## TABLA DE CONTENIDO.

I. INTRODUCCION. . . . .	1
II- OBJETIVOS. . . . .	5
1- OBJETIVO GENERAL. . . . .	5
2- OBJETIVOS ESPECIFICOS. . . . .	5
III- HIPOTESIS. . . . .	6
IV- REVISION DE LITERATURA. . . . .	7
4.1- EVALUACION DE TIERRAS. . . . .	7
4.2- SISTEMAS DE EVALUACION DE TIERRAS. . . . .	11
4.2.1- Sistema USDA. . . . .	11
4.2.2- Sistema del Centro Científico Tropical (CCT). . . . .	12
4.2.3- Sistema de Sheng. . . . .	12
4.2.4- Sistema de la FAO (1976). . . . .	13
4.3- SISTEMAS EXPERTOS. . . . .	16
4.4- SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA (SIG). . . . .	19
4.5- CARACTERISTICAS BIOFISICAS y SOCIOECONOMICAS DE LA CUENCA SUPERIOR DEL RIO REVENTAZON. . . . .	21
4.6- TIPOS DE USO DE LA TIERRA Y SUS REQUERIMIENTOS. . . . .	27
4.6.1- Café con sombra tecnificado, época de bajos precios. . . . .	28
4.6.2- Café con sombra tecnificado, modelo ICAFE. . . . .	33
4.6.3- Caña de azúcar, condición húmeda de bajura. . . . .	34
4.6.4- Caña de azúcar, zona alta húmeda. . . . .	39
4.6.5- Papa Irazú. . . . .	40
4.6.6- Pasto kikuyo. . . . .	45
4.6.7- Bosque húmedo tropical. . . . .	47
V- MATERIALES Y METODOS. . . . .	51
5.1- Localización. . . . .	51
5.2- Descripción biofísica. . . . .	52
5.3- Materiales. . . . .	54
5.3.1- Materiales. . . . .	54
5.3.2- Programas y Bases de Datos. . . . .	54

5.3.4-	Otras fuentes. . . . .	55
5.4-	Procedimiento. . . . .	55
5.4.1-	Método de la evaluación. . . . .	55
5.4.2-	Procedimiento de la evaluación. . . . .	56
5.4.3-	Selección del área. . . . .	57
5.4.4-	Unidades de tierra o mapeo. . . . .	57
5.4.5-	Características de la tierra. . . . .	58
5.4.6-	Definición del mapa base de unidades de mapeo mediante un sistema de información geográfica. . . . .	67
5.4.7-	Selección de los Tipos de Uso de la Tierra (TUT). . . . .	68
5.4.7.1-	Café tecnificado con sombra, modelo de emergencia. . . . .	69
5.4.7.2-	Café tecnificado con sombra, modelo del ICAFE. . . . .	70
5.4.7.3-	Caña de azúcar, zona alta húmeda. . .	70
5.4.7.4-	Caña de azúcar, zona baja húmeda. . .	71
5.4.7.5-	Papa Irazú. . . . .	72
5.4.7.6-	Pasto kikuyo. . . . .	74
5.4.7.7-	Bosque tropical. . . . .	75
5.4.8-	Definición de las cualidades de la tierra (LQ) y los requisitos de uso (LUR). . . . .	76
5.5-	Construcción de los modelos. . . . .	84
5.5.1-	El sistema experto y procedimientos de decisión en ALES. . . . .	86
5.5.1.1-	Los árboles de Decisión (DT). . . . .	87
5.5.1.2-	Factores limitantes. . . . .	87
5.5.1.3-	Factores de rendimiento proporcional. . . . .	87
5.5.2-	Evaluación física y la evaluación económica. . . . .	88
5.6-	El interface ALIDRIS. . . . .	89
5.7-	La base de datos relacional. . . . .	90

VI- RESULTADOS. . . . .	92
6.1- Unidades de mapeo. . . . .	92
6.2- Resultados de las evaluaciones. . . . .	94
6.3- Resultado de la evaluación entre TUTs y valor económico de la producción. . . . .	119
6.4- Generación de mapas. . . . .	123
VII- DISCUSION. . . . .	124
7.1- Aptitud física y económica por Tipo de Uso. . . . .	124
7.1.1- Café Monocultivo con Sombra, Modelo de Emergencia. . . . .	124
7.1.2- Café monocultivo con sombra, modelo ICAFE. . . . .	127
7.1.3- Caña de azúcar, zona baja húmeda. . . . .	128
7.1.4- Caña de azúcar, Zona Alta Húmeda. . . . .	130
7.1.5- Pasto kikuyo. . . . .	132
7.1.6- Papa Irazú. . . . .	134
7.1.7- Bosque Húmedo Tropical. . . . .	136
7.2- Aptitud física y económica de la cuenca. . . . .	138
7.3- Calibración y verificación. . . . .	149
VIII- CONCLUSIONES. . . . .	151
X- RECOMENDACIONES. . . . .	153
X- BIBLIOGRAFIA. . . . .	154
XI- EXPERTOS CONSULTADOS. . . . .	163



ANEXO

Archivo de imagen IDRISI "Suerec7". . . . .	167
Base de Datos INFO- GENERAL. . . . .	174
Base de datos INFO- CLIMA. . . . .	176
Base de datos INFO- SUELOS. . . . .	178
Base de datos INFO- COMERCIO. . . . .	181
Base de datos INFO- SOSTENIBILIDAD. . . . .	184
Especificaciones de las entradas. . . . .	185
Especificaciones de las salidas. . . . .	191
Land Utilization Type Specifications. . . . .	192
Cafe monocultivo con sombra tecnificado (Mod. Emergencia). . . . .	192
Cafe monocultivo con sombra tecnificado (Mod. ICAFE). . . . .	215
Caña de azucar (Zona baja húmeda). . . . .	216
Caña de azucar (Zona alta húmeda). . . . .	224
Pasto kikuyo. . . . .	232
Papa Irazu. . . . .	235
Bosque humedo tropical. . . . .	240

## LISTA DE CUADROS

Número de Cuadro		Número de Página
1.	Propiedades químicas de suelos cafetaleros . . . . .	30
2.	Sistemas de poda en Costa Rica . . . . .	31
3.	Cantidad y tipo de fertilizantes, según nivel de producción en café . . . . .	32
4.	Costa Rica, estimación del área (ha) cultivada de caña de azúcar . . . . .	35
5.	Extracción de nutrientes por el cultivo de la papa	42
6.	Composición química del pasto kikuyo . . . . .	45
7.	Uso actual de la tierra en la cuenca del Río Reventazón . . . . .	53
8.	Características por unidad de mapeo . . . . .	59
10.	Relación de los LUR y las LCH . . . . .	78
11.	Nombre y área de las unidades de tierra . . . . .	93
12.	Resultado de la evaluación del TUT 'Café monocultivo con sombra tecnificado, modelo de emergencia' . . .	96
13.	Resultado de la evaluación del TUT 'Café monocultivo con sombra tecnificado, modelo ICAFE' . . . . .	99
14.	Resultados de la evaluación del TUT 'Caña de azúcar, zona baja húmeda' . . . . .	101
15.	Resultado de la evaluación del TUT 'Caña de azúcar, zona alta húmeda . . . . .	105
16.	Resultado de la evaluación del TUT 'Pasto kikuyo'	109
17.	Resultado de la evaluación del TUT 'Papa Irazú' .	112
18.	Resultado de la evaluación del TUT 'Bosque húmedo tropical' . . . . .	116
19.	Aptitud física y económica por tipo de uso . . . . .	120
20.	Valor de la producción (¢) . . . . .	121
21.	Producción y valor de la energía eléctrica, Río Reventazón . . . . .	143
22.	Valor y volumen total de agua según su uso. . . . .	144

## LISTA DE FIGURAS

Número de Figura	Número de Página
1. Ubicación de la cuenca del Río Reventazón . . . . .	26
2. Subclases de aptitud física, café CMST . . . . .	97
3. Rendimiento grano seco/ha, café CMST . . . . .	97
4. Subclases de aptitud física, caña CABH . . . . .	102
5. Rendimiento kg de azúcar/ha, caña CABH . . . . .	102
6. Subclases de aptitud física, caña CALT . . . . .	106
7. Rendimiento kg de azúcar/ha, caña CALT . . . . .	106
8. Subclase de aptitud física, pasto PKY . . . . .	110
9. Rendimiento kg de leche/ha, pasto PKY . . . . .	110
10. Subclase de aptitud física, papa PPI . . . . .	113
11. Rendimiento kg de papa/ha, papa PPI . . . . .	113
12. Subclase aptitud física, bosque BHT . . . . .	117
13. Rendimiento mts <sup>3</sup> de agua/ha, bosque BHT . . . . .	117
14. Esquema de procedimientos en evaluación de tierras (FAO) . . . . .	165
15. Proceso de generación de mapas con el interfase ALIDRIS . . . . .	166
16. Cuenca alta Río Reventazón, unidades de mapeo . . .	168
17. Cuenca alta Río Reventazón, aptitud física de la papa Irazú . . . . .	170
18. Cuenca alta Río Reventazón, producción de agua . .	172
19. Cuenca alta Río Reventazón, uso actual predominante	173

## I. INTRODUCCION.

Latinoamérica es tierra de promesas y paradojas. La región como un todo es rica en recursos naturales, petróleo, minerales, suelos fértiles, bosques, y abundantes fuentes de agua; sin embargo estos recursos no están distribuidos equitativamente y muchos países dentro de la región padecen severas restricciones. Los recursos humanos están limitados por estado de pobreza crónica de muchas poblaciones. En forma creciente, la contaminación y la degradación ambiental limitan severamente y aminoran el potencial productivo de los recursos naturales, incidiendo en la existencia del hombre y de las miles de especies vegetales y animales que constituyen el patrimonio más importante de esta región (World Resources Institute, 1990).

Estas características son más o menos severas según cada país, sin embargo se reconoce el deterioro de la base de los recursos naturales como el factor que recibe la mayor presión social y económica. Costa Rica, por ejemplo, ha tenido la tasa de deforestación más alta de Latinoamérica (6.6% anual), y además de haber decrecido, a generado problemas de largo plazo como la sedimentación de embalses para generación hidroeléctrica en las cuencas en que se encuentran (World Resources Institute, 1990). Las medidas para enfrentar estos problemas no son sencillas ni baratas y en este contexto la evaluación y planificación de los recursos para su mejor uso y recuperación deben hacerse con celeridad. (Lal, 1986).

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. (Easter, 1985).

Una restricción frecuente en los procesos de evaluación de tierras es la ausencia de procesos automatizados para obtener resultados en forma sistemática y rápida. El programa para microcomputadores ALES (Automated Land Evaluation System), es un marco de referencia con procesos lógicos, que permite al evaluador de tierras la construcción de modelos basados en sistemas de expertos (Bases de conocimientos y datos) para establecer la aptitud física y económica de diversos usos de la tierra, utilizando la metodología de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), (Rossiter, 1990). Su escogencia obedece al diseño orientado a la captura de conocimientos de calidad existentes en los países subdesarrollados (sin excluir otros), de fuentes secundarias, conocimientos autóctonos y criterios de expertos, y así utilizar información sobre la tierra y sus usos casi en cualquier formato. Un ambiente de computador amistoso, para ser corrido en computadores personales de configuración AT286 o superior, poca demanda de espacio en disco (Menos de 1 MB), hacen del ALES un programa de fácil acceso y manejo, con una potencia poco usual para su tamaño.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son programas asistidos por computadores para la adquisición, almacenamiento, análisis y despliegue de información geográfica. Las características de estos sistemas los hace sumamente versátiles y con capacidad de intercambiar información con otros programas. Los mapas producidos mediante el SIG IDRISI sirven para modelar y definir las unidades de suelo de la evaluación, y desplegar los resultados de la evaluación del ALES mediante una interfase entre ambos programas llamado ALIDRIS (Eastman, 1992). El SIG IDRISI comparte una filosofía similar a la del ALES, es fácil de manejar, se puede usar en computadores personales y tiene una alta capacidad de intercambiar información con otros SIG o bases de datos

La cuenca superior del Río Reventazón es de gran importancia estratégica para Costa Rica, tanto por su potencial hidroeléctrico como suministro de agua potable y ecoturismo, Aproximadamente un 20% de la generación de energía hidroeléctrica en Costa Rica proviene de las aguas turbinadas del Río Reventazón y sus afluentes, y el mayor suministro de agua potable para la gran área metropolitana proviene del Río Macho, uno de los afluentes principales del Reventazón. Un creciente deterioro en algunos sitios es 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 los criterios ligeros a la hora de proponer usos de la tierra.

Aunado a los problemas ambientales, la intervención histórica de esta cuenca ha evolucionado a un patrón de monocultivo, especialmente café, caña y ganadería, donde el comportamiento cíclico y en algunos casos incierto o especulativo de los precios, se refleja en una situación de bastante incertidumbre. Tratando de identificar una ruta crítica sobre el uso de la tierra, el problema principal radica en como lograr la mejor distribución espacial y temporal de usos de la tierra, ecológicamente sostenibles, económicamente rentables y socialmente aceptables.

Ante el problema del deterioro de la base de recursos, el presente trabajo plantea la evaluación de algunos usos de la tierra a efecto de contrastar su aptitud física y económica mediante indicadores sencillos. Este proceso contempla la construcción de modelos asistidos por computadores para su posterior comparación y georeferenciación en mapas digitales.

## II-OBJETIVOS.

### 1- OBJETIVO GENERAL.

Evaluar las tierras de la cuenca superior del Río Reventazón, Costa Rica, utilizando marcos de referencia para integrar los conocimientos e información biofísica sobre tipos de uso de la tierra de interés para el desarrollo del lugar.

### 2- OBJETIVOS ESPECIFICOS.

2.1- Desarrollar un inventario de características y cualidades de las tierras de la cuenca superior del Río Reventazón.

2.2- Construir modelos de evaluación de tierras mediante el sistema de expertos del ALES para los tipos de uso: café con sombra, caña de altura, caña de bajura, papa, pasto kikuyo y bosque húmedo

2.3- Utilizar el sistema de información geográfica IDRISI para georeferenciar los resultados de la evaluación y las características de las tierra, y facilitar la planificación regional y toma de decisiones sobre manejo adecuado de la cuenca.



### III- HIPOTESIS.

1- Las características de la tierra permiten definir unidades homogéneas de mapeo, de acuerdo a su variabilidad y distribución en la cuenca superior del Río Reventazón.

2- Los conocimientos actuales sobre los usos de la tierra: café, caña de azúcar, papa, pasto kikuyo y el bosque húmedo; en conjunto con la información biofísica disponible permite elaborar un sistema de expertos para evaluar los usos de la tierra. Los requisitos de uso y las cualidades de la tierra permiten desarrollar modelos de evaluación de tierras verificables.

3- El uso del IDRISI y el ALES complementan la información y permiten una salida gráfica de los resultados de las evaluaciones y de las características de las tierras.

#### IV- REVISION DE LITERATURA.

##### 4.1- EVALUACION DE TIERRAS.

En países de tradición agropecuaria reciente, como la mayoría de países latinoamericanos, hay regiones desconocidas desde la perspectiva de su potencial agrícola, pecuario, forestal o mixto, donde además existen lamentables experiencias de cultivos o especies inapropiadas al medio agroecológico, con rendimientos marginales y deterioro ambiental en muchos casos. La zonificación agropecuaria basada en la evaluación de tierras es la herramienta adecuada para solventar estos problemas, entendida como el proceso de determinar áreas aptas para el desarrollo de alternativas socialmente aceptadas, ecológicamente viables y económicamente rentables, para garantizar un uso sostenido (Rojas, 1986).

Estudios macroeconómicos basados en análisis de oferta y demanda se han utilizado en algunos casos para establecer planes de desarrollo agropecuario, sin embargo la carencia de marcos de referencia biofísicos se ha reflejado en resultados poco satisfactorios y planes de zonificación poco exitosos. Ante la carencia de información de aspectos biofísicos se han desarrollado muchos programas de trabajo para generarla, de gran diversidad y volumen (suelos, clima, geología, hidrología, recursos socioeconómicos, etc), luego han generado el problema de integrarla para generar las respuestas necesarias para la programación agropecuaria eficiente, que descansa en el conocimiento de la vocación productiva de las tierras (Rojas, 1986).

La evaluación de tierras es la actividad que describe e interpreta aspectos del clima, vegetación, suelos y otros aspectos biofísicos y socioeconómicos con el objeto de identificar usos de la tierra y compararlos en cuanto al rendimiento estimado de su aplicación sostenida. El resultado de una evaluación normalmente proporciona información sobre dos o más formas potenciales de uso para zonas de tierra, incluidas las consecuencias beneficiosas o adversas de cada una (Richters, 1987).

La evaluación de tierras tiene su origen en las ciencias del suelo, sin embargo ha evolucionado a un enfoque holístico, es decir, considerando todos los factores del ambiente, en especial al hombre como parte del mismo. La contribución de los estudios agroclimáticos, por otra parte, han aumentado la precisión de las evaluaciones de suelo y zonificaciones agroclimáticas. (Montaldo, 1985; Rojas, 1985).

Es conveniente distinguir entre evaluación y clasificación de tierras; las clasificaciones tienen una vigencia temporal limitada, son relativamente estáticas en el tiempo y su propósito es de ordenar por clases o categorías. La clasificación más general de tierras es la clasificación geográfica; en estas se toman 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).

La evaluación de tierras asistida por computadores se ha probado por diversos metodos en América Latina. De Roller, (1989), desarrolló modelos de evaluación para brocolí, repollo, papa y trigo, orientado a extensionistas en el altiplano guatemalteco. Esta evaluación se efectuó con el ALES (Automated Land Evaluation System). Moncada (1990), usó modelos de maíz semi-tecnificado con bueyes, papa tecnificada con bueyes y café semi-tecnificado en la provincia de Estelí, Nicaragua. Varios modelos agroforestales para café con diversos tipos de manejo y niveles de subsidio (monocultivo con sombra, sin sombra, manejo tradicional, semitecnificado), y una plantación forestal en la región IV de Nicaragua es el trabajo efectuado por Orozco (1992). Celada (1993), desarrolló modelos de evaluación para tierras en el trópico seco de Guatemala en un sistema de cultivos anuales, un sistema taungya y una plantación de eucaliptos (*E.camaldulensis*). En un sector de la cuenca del Rio Sinú, Colombia, León (1990), efectuó una evaluación por aptitud física y estableció que un 81 por ciento de las tierras evaluadas no eran aptas o marginalmente aptas para los cultivos de arroz en secano, ajonjolí, mango y pastos por problemas de disponibilidad de agua. Adicionalmente se utilizó la interfase ALES-ILWIS (Integrated Land and Watershed Management Information System), que consiste en un programa que combina los alcances de un Sistema de Información Geográfica capaz de leer archivos ASCII provenientes del ALES, analogando los codigos de los mapas digitales con los identificadores de unidades de tierra en el ALES. En todos los casos se destaca las posibilidades del ALES para

apoyar la toma de decisiones para planificar el uso de la tierra, con la ventaja adicional de poder mantener actualizado el sistema en forma rápida y eficiente.

El Programa Zona Atlántica de la Universidad Agrícola de Wageningen, Holanda, el CATIE, y el Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica, ha desarrollado una metodología para el análisis y planificación del uso sostenido de la tierra en una zona localizada al noreste de Costa Rica. El sistema USTED (Uso Sostenible de Tierras en Desarrollo) incorpora cinco módulos a saber: un Sistema de Información Geográfica para almacenar datos espaciales de condiciones ecológicas y económicas relevantes de las diferentes subregiones en estudio, una base de datos para la información no geográfica esta orientada a la entrada de operaciones secuenciales, modelos de simulación para diversos cultivos, un sistema de expertos para la selección de los sistemas de uso de la tierra (LUS) de cada modelo de finca, y un modelo de programación lineal múltiple que hace posible la evaluación de criterios ecológicos contra opciones económicas. El sistema está en fase de afinamiento y validación (Sevenhuysen, 1993).

#### 4.2- SISTEMAS DE EVALUACION DE TIERRAS.

Los métodos o sistemas de clasificación por aptitud física o capacidad de uso son sumamente variados, estimándose a nivel mundial entre 35 y 50 sistemas, sin embargo, los más usados son doce a quince. La mayoría de los métodos evalúan por aptitud física y capacidad de uso (Sharma, 1992). Se describen a continuación los de mayor uso en condiciones del trópico.

##### 4.2.1- Sistema USDA.

El sistema del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos fue desarrollado en 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, basada 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. Se le reconoce el prolijo trato del factor suelo (Sharma, 1992).

#### 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.

Esta metodología divide 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. 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 se 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 Sheng.

Desarrollado para las condiciones de Jamaica (Trópicos húmedos y tierras montañosas), el sistema trata de adaptar algunos criterios de la clasificación de la USDA a las características de

los países subdesarrollados. La clasificación depende principalmente de factores limitantes de carácter permanente tales como pendientes, suelos, clima y erosión, aunque desarrolla la clasificación partiendo del grado de las pendientes y la profundidad del suelo (Sharma, 1992).

#### 4.2.4- Sistema de la FAO (1976).

La evaluación de tierras de acuerdo al criterio de la FAO, está gobernado por algunos principios que a continuación se describen:

- a) La evaluación es de la tierra, no del suelo, entendiéndose por ello todos los aspectos biofísicos y socioeconómicos.
- b) La aptitud de las tierras se evalúa con respecto a clases específicas de utilización, entendiéndose que para cada clase de uso hay diferentes exigencias de requerimientos.
- c) La evaluación exige una comparación de los beneficios obtenidos y de los insumos necesarios en diferentes tipos de tierras.
- d) Es necesaria una solución multidisciplinaria.
- e) La evaluación supone la comparación de más de una clase de uso. Esta comparación podría hacerse entre la agricultura y la silvicultura, entre dos o más sistemas de labranza o entre distintos cultivos (Richters, 1987).

El enfoque de FAO es propuesto bajo la definición de un uso de la tierra por su aptitud, a partir del uso de la misma y luego de la evaluación de las unidades, no establece clases a priori, es más pragmático y aplicable a nivel local (Richters, 1989).



En este sistema se reconocen cuatro categorías de generalización decreciente:

1- Ordenes de aptitud de las tierras.

Son las que indican si una tierra se ha evaluada como apta para el uso objeto de estudio. Se divide en dos ordenes, a saber:

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 descendente 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 de caracter 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.

#### 4.3- SISTEMAS EXPERTOS.

Después de más de veinte años de investigaciones en los diferentes campos de la inteligencia artificial, recientemente se han comenzado a observar resultados prácticos y productos finales bien acogidos en el mercado computacional. Estos resultados han comenzado a aplicarse con éxito en dos áreas básicas: procesamiento del lenguaje natural y máquinas de razonamiento humano. Entre estos productos, los denominados "sistemas expertos" muestran tres características básicas que los hacen diferentes de otros sistemas de inteligencia artificial y que les abren un potencial muy amplio: utilidad práctica, eficiencia y transparencia (Zolezzi, 1990).

Bajo el término de Sistemas Expertos se entiende un nuevo tipo de software que imita el comportamiento de un experto humano en la solución de un problema. Pueden almacenar conocimientos de expertos para un campo determinado (y muy delimitado) y solucionar un problema mediante deducción lógica de conclusiones.

Los sistemas expertos se deben aplicar donde por la complejidad del problema, su comportamiento dinámico o la explosión combinatoria, no resulta posible o rentable una solución convencional mediante procesamiento de datos. Son en general problemas que implican un procedimiento de solución basado en el conocimiento (Nebendahl, 1988).

Un sistema experto puede ser dividido en tres subsistemas básicos que interactúan entre sí, a saber:

**1- Máquinas o mecanismos de inferencia.**

Es el subsistema que puede interpretar y aplicar un conjunto de reglas sobre una base de conocimientos, con el propósito de llevar a cabo deducciones lógicas en el proceso de solución de problemas.

**2- Base de datos de conocimiento.**

Es un conjunto de datos y reglas que representan conceptos, hechos, objetos y situaciones reales de un área del conocimiento, obtenidos a partir de la interpretación y experiencia de un experto humano.

**2- Máquinas o mecanismos de desarrollo.**

Es el subsistema que provee las herramientas necesarias para que el ingeniero de conocimiento (quien estructura y formaliza el sistema), cree, actualice, modifique y evalúe la eficiencia de una base de conocimientos (Zolezzi, 1990).

Los sistemas de expertos están conformados por relaciones lógicas entre sus componentes a saber: a) la base de conocimientos con los hechos y experiencias de los expertos en un dominio o campo determinado; b) los mecanismos de inferencia; c) el componente explicativo y d) la interfase del usuario para realizar consultas en un lenguaje muy natural y adecuado (Arze, 1992).

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 una cualidad de la tierra, y posteriormente establecer árboles de decisión para la aptitud física y económica. En le CATIE se han desarrollado sistemas de ambas clases. Del primer tipo el sistema "CHERO" (Merino, 1991) orientado al diagnóstico de insectos en maíz, "PAPAUNO" (Arze,1991), para el manejo de la papa en el altiplano del Perú, "FLOR DE MAYO", un sistema de manejo para fincas lecheras (Duarte, 1991) y el sistema de fertilización y drenaje del cultivo del plátano (Jorge, 1992). Los sistemas de evaluación desarrollados por Moncada (1991), Orozco (1993) y Celada (1993), coresponden al segundo tipo.

#### 4.4- SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA (SIG).

Los sistemas de información geográfica tienen su raíz en : geo, base de recursos naturales, datos espaciales, datos geográficos, información terrestre, etc. 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 (Saborio, 1991).

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.

El manejo de datos y el volumen de los mismos se pueden hacer en forma manual, sin embargo el procedimiento es largo y tedioso, así los sistemas de información geográfica desarrollados en los últimos treinta años son asistidos por computadores.

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) es un conjunto de programas de computador integrando diferentes funciones. Estas funciones son la captura de datos, carga y almacenamiento de datos de mapas referenciados geográficamente, para uso posterior de los mismos, el análisis y modelación (manipular, sobreponer, medir, calcular y recuperar) de los datos espaciales hasta obtener resultados, y el despliegue de nuevos mapas o resultados en forma tabular (Saborío, 1992).

Dos unidades fundamentales caracterizan un SIG: a) un componente operativo o funcional, y b) la base de datos espacial y de atributos. El componente operativo es un conjunto de procedimientos y operaciones actuando 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 o cualidades de las mismas (Eastman, 1992).

La posibilidad de intercambiar información con otros sistemas computarizados brinda posibilidades adicionales de modelación o análisis. Mediante archivos ASCII o con interfases automáticas es posible exportar o intercambiar resultados o información a otros SIGs o sistemas de evaluación de tierras como el ALES.

#### 4.5- CARACTERISTICAS BIOFISICAS y SOCIOECONOMICAS DE LA CUENCA SUPERIOR DEL RIO REVENTAZON.

La cuenca del Río Reventazón es una de las más extensas e importantes de Costa Rica, correspondiente a la vertiente del Caribe o Atlántica. La cuenca es drenada por el río del mismo nombre, se origina de la confluencia de los ríos Agua Caliente y Grande de Orosi. Afluentes importantes son los ríos Birris, Pejibaye, Atirro, Turrialba, Tuis y Guayabo. Con un área total de 2819.4 km<sup>2</sup>, comprende alrededor del 50% de la provincia de Cartago y porciones de las provincias de Limón y San José. La precipitación media anual es de 3777 mm, con variaciones en diversos sitios, van desde 1263 mm en la ciudad de Cartago hasta 7686mm en Cachí. Dada las características hidrológicas y geográficas de la cuenca se han identificado cerca de veinte grupos climáticos, algunos con humedad y calor todo el año, otros con deficit hidrico por periodos secos prolongados (Rodríguez, 1978; IFAM, 1987).

La vegetación natural de bosque muy húmedo tropical está ubicado en las llanuras del Atlántico con un 42% del área total. La parte alta de la cuenca presenta tres tipos diferentes de vegetación: a) un 12% del total los valles intermontanos con topografía ondulada a escarpada con pendientes entre 30-60%, con predominio de suelos inceptisoles y ultisoles es bosque muy humedo premontano, b) la zona cercana a Cartago es de inceptisoles con pendientes de hasta 60%, correspondiente a un 8% de bosque húmedo premontano y c) las partes altas de la cuenca ocupan un 38% del total y corresponden al macizo volcánico Turrialba, Irazú y a la



sección de la Cordillera Central, con una topografía asociada fuertemente ondulada a escarpada con pendientes superiores al 60%; suelos relativamente jóvenes y poco desarrollados, inceptisoles, definiendo un bosque pluvial montano alto y bajo (Jeffery, 1989).

El uso de la tierra en la cuenca ha tenido una tendencia histórica de reemplazo del bosque natural el cual disminuyó de 60.2% a 43.1% en 34 años, del mismo modo aumentaron las tierras destinadas a la ganadería (De un 20% al 33.6%) y al urbanismo (0.6% al 2.7%), determinando una condición de sobreuso histórico de la cuenca en una superficie equivalente al 15.8%, pues esta zona región corresponde a los primeros asentos poblacionales y agrícolas del país (Rodríguez, 1989). La cuenca alta tiene una intervención documentada desde 1563 y es asiento de poblaciones como Cartago (Aprox 100000 habitantes), Turrialba (25000 habs.), Paraiso (20000 habs.), Tejar (12000 habs), Orosi, Cachí, Juan Viñas y Pacayas, estas cuatro últimas con cerca de 5000 habitantes cada una (Dirección General Estadística y Censos, 1984).

Esta condición de sobreuso, unido a condiciones biofísicas naturales, ha favorecido la aparición de fenómenos erosivos y de deterioro de recursos. Hasta 1984 se estimaba en alrededor del 15% la superficie de la cuenca alta, con signos evidentes de erosión. El aumento de la erosión acelerada ha tenido como consecuencia una alteración del regimen de caudales (Una tendencia creciente de 1953 a 1968 se ha revertido a una disminución paulatina) y un aumento en la sedimentación, y afecta el volumen útil de obras hidráulicas como la represa de Cachí que tiene una disminución anual de 0.55%.

El efecto combinado de la alteración del régimen de caudales y la sedimentación tiene una disminución estimada de 696850 kilowatt-hora, equivalente a una pérdida neta de 154342 dólares americanos por año (Rodríguez, 1989).

Un análisis de la susceptibilidad geológico-geomorfológica a la erosión de esta cuenca, identificó tres áreas críticas por su elevada susceptibilidad, a saber: el flanco norte y noreste del macizo del volcán Turrialba, los alrededores del Alto Cedral-Río Macho y un amplio sector comprendido entre Tapantí, Cuerecú y la cuenca alta del río Pejibaye, áreas que corresponden a la cuenca alta del Reventazón. Los indicadores utilizados fueron el relieve relativo, densidad de drenajes y susceptibilidad geológica, obtenidos a partir de la interpretación de los rasgos geodinámicos y litológicos de mapas a escala 1:200000 (Mora, 1991).

El uso de la tierra predominante en la cuenca superior es agrícola, destacándose la producción hortícola de alto subsidio de agroquímicos en la parte norte de Cartago y cultivos de café, caña, chayotes y plantas ornamentales en el resto de la cuenca. La actividad ganadera principal es de leche en sistemas especializados en las áreas arriba de los 1500 m.s.n.m. En la mayoría de los usos anotados se carece de una cultura de conservación y por el contrario se han acelerado procesos de erosión, degradación y contaminación (Rodríguez, 1978). Según el censo agropecuario más reciente (DGEC, 1984), la cuenca del Reventazón tiene 9672 explotaciones agropecuarias, 35704 Has de tierras de labranza, 31487 Has en cultivos permanentes, 73436 Has de pastos, 28270 Has

de pastos y montes, 16344 Has de charrales y tacotales y 2717 Has en otros usos.

En esta cuenca hay aprovechamientos hidroeléctricos, la potencia de estas plantas es: Río Macho 120 MW<sup>1</sup>, Cachí 100 MW, Birris1 18.6 MW y Birris2 4.3 MW, a incrementarse con la construcción de una nueva represa en el sitio "La Angostura", cerca de la ciudad de Turrialba, proyectada para iniciar operaciones en 1998, con un costo de 320 millones de dólares americanos (Casi \$50000 millones) y una potencia de 177 MW, la más grande del país. Se estima que esta cuenca puede producir entre un 13 y 27% del potencial hidroeléctrico del país (Rodríguez, 1978).

Aguas derivadas de esta cuenca por un acueducto en la parte alta, se encargan de suplir el agua potable para una gran parte del área de San José (Capital de la república y mayor demandante de servicios públicos), constituyendo además la reserva de agua potable hasta el año 2000 (González, 1992).

Dada la intensa intervención del hombre en la cuenca (Solamente un 30% del área permanece como bosque primario para protección de acuíferos), algunos de los ríos tributarios del Reventazón sufren contaminación severa, como por ejemplo el Toyogres y San Nicolás, cuyas aguas son inaceptables para el consumo humano y muy poco aptas para el consumo animal, la agricultura y la industria, perdiéndose un recurso hídrico importante en una región donde existe una gran demanda del mismo.

---

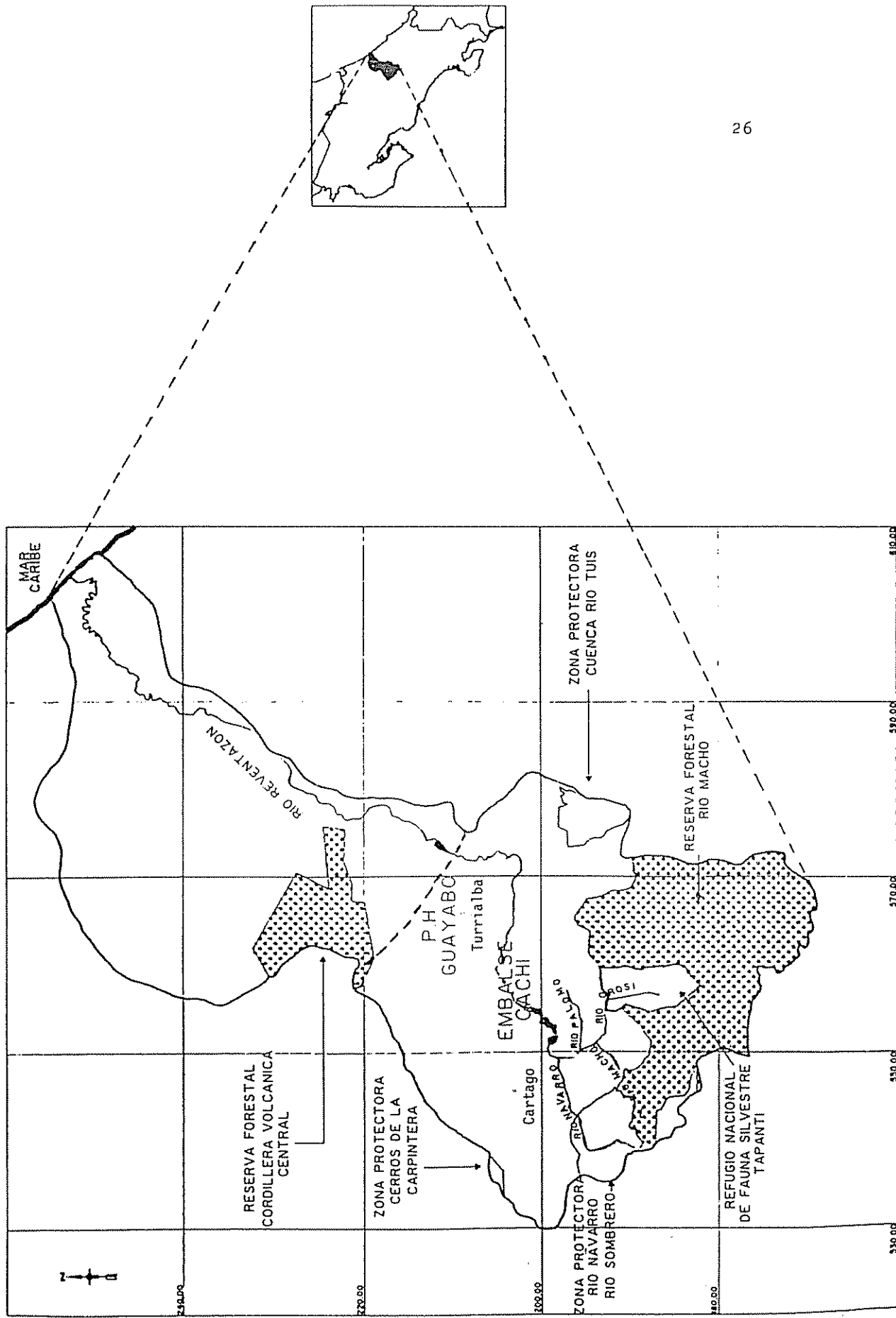
<sup>1</sup> MW: unidad de potencia, miles de watts o vatios.

La razón de lo anterior es la severa contaminación de las aguas del Río Reventazón por la elevada carga de desechos humanos, agrícolas e industriales (Rodríguez, 1984).

La cuenca alta tiene una buena red de carreteras, la mayoría en buen o regular estado. Existe servicio de ferrocarril de la ciudad de Cartago a San José, la capital. La parte suroeste de la cuenca es una reserva forestal, Río Macho, dichosamente sin acceso por carretera, solo periférico.

La figura 1 muestra la localización de la cuenca en Costa Rica, la diferenciación entre cuenca superior e inferior hecha para el presente trabajo, algunos lugares de referencia como las ciudades más pobladas y sitios naturales y represas.

**FIGURA 1. UBICACION DE LA CUENCA DEL RIO REVENTAZON.**



#### 4.6- TIPOS DE USO DE LA TIERRA Y SUS REQUERIMIENTOS.

Un tipo de utilización de tierras está formado por una serie de especificaciones técnicas expuestas en una forma física, económica o social dada. Esto puede ser el medio ambiente corriente o una situación futura modificada por perfeccionamientos primordiales de la tierra, por ejemplo, un plan de riego o de conservación de suelos. Los atributos de los tipos de utilización de tierras, abreviados TUT o LUT en idioma inglés, incluyen datos o hipótesis sobre lo siguiente:

- Productos, incluidos los artículos principales (Granos, ganado, madera), servicios (recreación, eco o agroturismo), u otros beneficios (conservación biodiversidad).
- Orientación de mercado: si está dirigido al mercado o la subsistencia.
- Intensidad de capital, mano de obra o fuentes energéticas.
- Tecnología empleada métodos de laboreo, nivel de subsidios, maquinaria y equipo, etc.
- Infraestructura y servicios requeridos.
- Aspectos agrarios, tamaño, régimen de tenencia, agregación.
- Nivel de ingresos por unidad producción o superficie.

La consideración de algunos o todos los elementos apuntados, definen al final una práctica de manejo que caracteriza el tipo de uso de la tierra (FAO, 1976).

Las características biofísicas y socioeconómicas de la cuenca alta del Río Reventazón posibilitan una amplia gama de TUTs cuyos requerimientos se mencionan a continuación.

#### 4.6.1- Café con sombra tecnificado, época de bajos precios.

El cultivo del café es una de las actividades económicas más importantes del país, y ocupa el 27% de la fuerza de trabajo en el sector agropecuario y un 7.2% del total. Del total de las explotaciones agropecuarias del país, el 34% se dedica a este cultivo, situación con tendencia a disminuir ante la prolongada época de precios bajos (ICAFE, 1989).

La región central de Costa Rica produce más del 80% de la producción nacional (SEPSA, 1989) y la provincia de Cartago, sobre todo en sus zonas medias y valles intermontanos, es una de las áreas de mayor cultivo. Si bien la actividad cafetalera se inició como un modelo de gran plantación, en la actualidad más del 50% de la producción es de pequeños productores. Los buenos precios del pasado y una marcada tendencia a concentrar riesgos movió la mayoría de agricultores a la especialización y aumento del nivel de subsidios agroquímicos en sus plantaciones. El apoyo estatal y privado mediante investigación y transferencia de tecnología se tradujo en variedades, modalidades de manejo, etc apoyadas en incrementos de productividad. A pesar de la tendencia a la especialización se han mantenido formas tradicionales de manejo como el café con sombra hoy día adoptado casi en un 100% de las plantaciones ante los resultados negativos de manejar plantaciones de altísimas densidades sin sombra.

El agroecosistema cafetalero incluye como características principales las siguientes: a) el medio ambiente compuesto de el suelo (con sus componentes físicos, químicos y geográficos) y el

clima (luz, temperatura, vientos, precipitación, etc), y b) la biota (compuesta de los organismos productores autótrofos, entre otros los cafetos, los árboles de sombra y las malezas) y los organismos consumidores, como hongos y bacterias responsables de la descomposición de la materia orgánica (Carvajal, 1984).

Por debajo de los 500 m.s.n.m., la calidad del café es bastante afectada, especialmente asociada con altas precipitaciones. Arriba de los 1700 m.s.n.m. se presentan fuertes limitaciones al desarrollo de la planta. Asociado el factor temperatura, registros menores de 10°C producen clorosis y paralización del crecimiento de hojas jóvenes por muerte de los cloroplastos.

La distribución y cantidad de las lluvias son factores importantes. Precipitaciones menores a los 1000 mm anuales son limitantes por riesgo de marchitez, mayores de 3000 m.s.n.m. inciden negativamente en la calidad de la bebida, favoreciendo adicionalmente condiciones fitopatológicas. Estrechamente ligado al régimen de lluvias, es preciso referir la humedad relativa, cuando alcanza niveles superiores al 85% afecta la calidad del café oro y propicia el ataque de enfermedades fungosas.

El cafeto, por ser una planta rústica, se adapta con facilidad a condiciones topográficas desfavorables para otros cultivos, no obstante debe considerarse las condiciones que puedan favorecer erosión laminar, y por otra parte propiciar la formación de un horizonte de acumulamiento de nutrientes y retención de humedad. Tierras demasiado compactas, arcillosas y de escasa permeabilidad no son aptas para el cultivo, lo mismo que suelos muy sueltos. Es



deseable suelos profundos, permeables, friables y de buena textura, la aereación del suelo es fundamental para el cultivo con éxito.

La fertilidad de los suelos cafetaleros se valora mediante los niveles críticos de los elementos del suelo, pero fundamentalmente por los equilibrios Ca+Mg/K; Mg/K; Ca/Mg; Ca/K; K/S y K/T. Algunos valores para categorizar la fertilidad del suelo se muestran en el Cuadro 1, sin embargo en Costa Rica se utiliza comunmente la guía para interpretación de análisis de suelo del Ministerio de Agricultura y Ganadería. Aunque se ha señalado que el café prefiere una reacción ligeramente ácida (ph 6-6.5), es posible obtener buena producción en suelos más ácidos si las propiedades físicas son satisfactorias (Carvajal, 1984; Bertsch, 1987).

Cuadro 1. Propiedades químicas de suelos cafetaleros.

PROPIEDADES QUIMICAS	ALTA FERTILIDAD	BAJA FERTILIDAD
ph	6.5	5.7
K meq/100 gr	1.9	0.8
Ca meq/100 gr	7.1	1.3
Mg meq/100 gr	4.1	1.1
Na meq/ 100 gr	0.6	0.4
Mn meq/ 100 gr	1.5	0.7
P ppm	20	4
Ca/Mg (cociente)	1.7	1.2
Ca/K (cociente)	3.7	1.6
Mg/K (cociente)	2.2	1.4

Fuente: Carvajal, 1984.

Ante la difícil situación económica por la caída de precios del café a nivel mundial, el convenio cooperativo ICAFE-MAG ha diseñado varias opciones tecnológicas procurando mantener las plantaciones en condiciones aceptables de sanidad y producción al menor costo posible. Las prácticas recomendadas incluyen poda por planta o parches, o una cíclica por calles, esta última consiste en podar en su totalidad una hilera o "calle" cada año en forma alterna (primero calles con números impares y luego las pares) para el caso de los ciclos de 4 y 5 años, o en forma continua para el ciclo de 3 años. Los sistemas de poda se muestran en el cuadro 2.

**Cuadro 2. Sistemas de poda en Costa Rica.**

Altura (m.s.n.m.)	Duración periodo seco (meses).	Sistema de poda. Ciclo(Años).
Menor de 1200	Menor de 4	3
Menor de 1200	Mayor de 4	4
Mayor de 1200	Menor de 4	4
Mayor de 1200	Mayor de 4	5

Fuente: ICAFE-MAG, 1993.

La deshija se debe hacer dos veces al año, espaciadas entre 3 y 6 meses después de la poda, seleccionando 3 o 4 hijos vigorosos por planta.

El manejo de cafetales con sombra se recomienda especialmente en zonas bajas de altas temperaturas y luminosidad, sequías estacionales y baja fertilidad de suelos, sin embargo se ha

generalizado el uso de leguminosas arbóreas como la Guaba (*Inga sp*) y el poró (*Erythrina sp*), pues requieren de poco mantenimiento y aportan nitrógeno al suelo. Es recomendable hacer dos arreglos o podas anuales de sombra en diciembre-enero y mayo-junio, para las condiciones de la cuenca alta del Reventazón.

La fertilización debe efectuarse según las recomendaciones de un profesional en atención a un análisis de suelos, sin embargo, es posible seguir un plan general según el nivel de producción, tal y como se muestra en el cuadro 3.

**Cuadro 3. Cantidad y tipo de fertilizante, según nivel producción (Kg de producto comercial/Ha).**

Producción (Fan/Ha)	Primera aplicación Mayo a junio	Segunda aplicación Agosto a Setiembre.
Menor de 25	200 Kg NUTRAN (Nitrato de amonio)	Ninguno.
De 25 a 40	350 Kg. fórmula 20-7-12 o similar.	200 Kg NUTRAN (Nitrato de amonio)
Más de 40	500-700 Kg. fórmula 20-7-12 o similar.	200-250 Kg NUTRAN. (Nitrato de amonio)

Fuente: ICAFE-MAG, 1993.

Para un mejor aprovechamiento del fertilizante es recomendable no fertilizar las plantas recién podadas y usar la mitad de la dosis en plantas a podarse el siguiente año.

El control de enfermedades fungosas como la roya (*Hemileia vastarix*) y la chasparria (*Cercospora coffeicola*) se hace con

productos a base de cobre (1-2 Kg/Ha) en dos aplicaciones anuales, según la severidad del problema. Otras enfermedades como el ojo de gallo (*Mycena tricolor*) se combaten con el fungicida cyproconazole (1 lt./Ha), pero su costo sugiere mejorar las condiciones generales de manejo y poda.

El control de malezas es necesario para evitar la competencia de estas por nutrientes. El control mecánico o "chapeas" es preferible si la producción es inferior a las 25 fan/Ha y es disponible mano de obra. Otra opción para cafetales de mayor producción es la aplicación de herbicidas de contacto como el paraquat y el 2,4-D, a razón de 2 lts/ha cada uno, solos o combinados con chapeas. La aplicación de herbicidas sistémicos como el glifosato y preemergentes como la terbutilazina se hace mediante aplicaciones parchoneadas 3 o 4 veces al año y en cafetales con producciones no inferiores a los 40 fan/Ha (ICAFFE-MAG, 1993).

#### 4.6.2- Café con sombra tecnificado, modelo ICAFFE.

El modelo de costos del Instituto del Café de Costa Rica, considera un nivel de agroquímicos superior al modelo de emergencia, sin embargo su mayor diferencia es la consideración de cargas financieras y depreciaciones, tanto de la plantación como de equipos. Los cargos por depreciación son cuestionables pues en realidad no son desembolsos en efectivo, por otra parte hay costos reales de mantenimiento y el criterio de depreciación del cultivo contrasta con las prácticas de poda y fertilización orientadas a renovar constantemente el material vegetativo.

#### 4.6.3- Caña de azúcar, condición húmeda de bajura.

La caña de azúcar es uno de los rubros productivos más importantes de la economía costarricense, tanto por su consumo doméstico como por la exportación de azúcar y alcohol anhidro.

El cultivo de la caña de azúcar es otro uso prominente en la cuenca alta y media del Río Reventazón (10% del área nacional). Con un desarrollo tecnológico acelerado en los últimos años, este uso estuvo inicialmente ligado a la confección artesanal de tapa de dulce o panela. La introducción de fábricas o "ingenios" para obtener azúcar como producto final, produjo un fomento de la actividad en los lugares circundantes. La industria está ligada al modelo de plantación, garantizándose un abastecimiento mínimo, sin embargo, los ingenios tienen obligación por ley de la república (LAICA), de recibir caña de productores independientes por un volumen parecido al producido en sus fincas.

La caña de azúcar está íntimamente ligada a la agricultura del café, y ambos usos son corrientes en las fincas, como sistemas independientes. La combinación de ambos está favorecida por las diferentes épocas de cosecha; con esto se maximiza el uso de la mano de obra doméstica y contratada, el flujo de caja se distribuye mejor a lo largo del año, y esto permite subsidiar alguno de los sistemas en caso de malos precios. Por lo general los precios de estos productos son cíclicos en forma alterna.

El área de cultivo en Costa Rica es de 43314 Has distribuidas en 6 de zonas de cultivo, tal como aparece en el cuadro 4.

Cuadro 4. Costa Rica, 1993. Estimación en hectáreas del área cultivada con caña de azúcar, según condición y región agrícola.

REGION AGRICOLA	AREA NUEVA	AREA RENOVADA	AREA EN CULTIVO	TOTAL	%
Guanacaste	809	1973	15161	17943	41.43
Puntarenas	60	900	5940	6900	15.93
Valle Occ. Central.	86	1088	6041	7215	16.66
Turrialba Juan Viñas	350	705	3380	4435	10.24
San Carlos	455	376	3740	4571	10.55
Pérez Zeledón	55	330	1865	2250	5.19
<b>TOTAL</b>	1815	5372	36127	43314	
<b>%</b>	4.19	12.40	83.41		100

Fuente: DIECA, 1993.

El valor ideal de área nueva y renovada conjunta debe ser entre 20-25% anuales, a efecto de asegurar la estabilidad productiva y la renovación permanente y sistemática del material vegetativo en las siembras comerciales. La región de Turrialba y Juan Viñas, ambas en la cuenca del Reventazón, muestran en este sentido el mejor equilibrio, al presentar un 7.89% de área nueva y 15.9% de área renovada, para un 23.79% (Chavéz, 1993).

El cultivo de la caña de azúcar es de mayor tradición en los valles de Turrialba y zonas aledañas. El modelo de gran plantación como el caso de la caña de altura está muy superado y hoy día el área sembrada por pequeños y medianos productores es superior al de

los ingenios. El grado de organización de los productores es elevado y se refleja en servicios de expendio de agroquímicos y otros, y lo más importante, con una representación fuerte en la Liga Agrícola Industrial de la Caña (LAICA), organismo regulador de las relaciones de productores e industriales.

De origen similar al de otras zonas cañeras, primariamente artesanales y con variedades rústicas, resistentes a algunas enfermedades pero de baja productividad y concentración de azúcar, el sector cañero a evolucionado a sistemas y variedades de mejor calidad y producción, a través de los servicios de extensión e investigación en caña (DIECA), uno de los más eficientes del país.

La agricultura de la caña de azúcar ha evolucionado de una agricultura "química" a una de "manejo", esto es, acentuando la incorporación de prácticas como la aporca, control fisiológico de madurez, conservación de suelos, tecnificación de la quema y fertilización orgánica, tanto por sus efectos en la producción como por la preservación del ambiente. El desarrollo de un programa nacional de investigación de este cultivo (Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar) ha favorecido el control integrado y biológico de plagas y nuevas variedades con resistencia genética a las enfermedades de mayor importancia económica. La cantidad de agroquímicos empleados utilizados en el sector azucarero (13.76% de los costos totales) es notablemente inferior al de la mayoría de cultivos agrícolas, sin embargo debe reconocerse la agroindustria como principal fuente de contaminación en esta actividad donde la norma es la deposición de aguas

residuales y otros subproductos en los ríos (Chavéz, 1993).

En términos estrictamente fisiológicos, la caña de azúcar es una gramínea perenne, sin embargo, para efectos de manejo general y en condiciones trópicas húmedas entre alturas de 500 a 900 m.s.n.m., se considera un ciclo de cultivo de 5 años como promedio, donde los dos primeros años son de alta producción para luego decrecer en un 15, 25 y 35% para los años 3,4 y 5. Una sola preparación de tierras (mecánica o con tracción animal) y cortes anuales es la práctica usual (DIECA, 1990).

El control de plagas se efectúa en forma biológica o manejo. Infestaciones severas del talador *Diatraea sp* se controlan con el parasitoide *Apanteles flavipes*, mientras la "baba de culebra o "salivazo" (*Prosapia sp*) es controlada mediante el uso del hongo entomófago *Metarhizium anisopliae*. En ningún caso es recomendable el uso de insecticidas químicos, excepto cuando la gravedad del problema sea técnicamente medida y aprobada. La susceptibilidad al carbón (*Ustilago acitaminea*) por algunas variedades como la B 76-259, se controla mediante el entresaque de cepas infectadas. Esta misma práctica es efectiva para el control de la escaldadura foliar (*Xanthosomas albilineans*) en la variedad H 60-8521 (DIECA, 1993).

El control de malezas se realiza en forma manual, química o mixta. Predomina el uso de gramínicidas selectivos (Hexazinone), y mezclas de herbicidas preemergentes (Atrazina) y sistémicos de hoja ancha como el 2-4-D 6E. Siempre se recomienda un control temprano para abaratar costos y reducir la contaminación de aguas (DIECA, 1990).



La fertilización de este cultivo es fundamental, pues las tasa de extracción de nutrientes son análogas a la biomasa producida. Las recomendaciones de fertilización parten de un buen análisis e interpretación del suelo, sin embargo los elementos de mayor demanda son el nitrógeno y el potasio. La aplicación de fósforo se hace una sola vez cuando se prepara el terreno, aunque es posible considerar aplicaciones adicionales según las características particulares de una microregión o finca. Igual lógica impera para elementos como el magnesio, azufre, boro y zinc (DIECA, 1990).

El control de madurez es muy importante y determinante, pues permite cortar la caña en el punto máximo de concentración de sacarosa, con el consecuente beneficio económico. Es recomendable iniciar este control dos o tres meses antes de la fecha prevista de corta, pues la influencia de factores ambientales puede provocar mucha variación. El control consiste en la toma de muestras de tallos para medir su concentración en los laboratorios de los ingenios (DIECA, 1992).

Las variedades de mayor uso en estas condiciones son: pindar, Q 96 y B 76-259, las tres de alta producción y concentración de sacarosa, aunque la B 76-259 tiene menor resistencia al carbón. Otras variedades como la B 50-135 y la B 47-44 son susceptibles a la roya y de producción buena. La POJ 2878 es una de las variedades más rústicas y populares pero de baja producción. Un número de variedades se están investigando y validando, como la RB 73-5220, RB 73-9735, RB 78-5148, Mex 69-290 y Mex 69-420 (DIECA, 1990).

#### 4.6.4- Caña de azúcar, zona alta húmeda.

Una de las características de mayor singularidad en la cuenca del Reventazón es su cantidad de microclimas. La combinación de buena humedad, altura alrededor de los 1000 m.s.n.m., temperatura fresca, buena luminosidad y suelos de mediana fertilidad, sitúa un área de 6.7 Km<sup>2</sup> en el cantón de Jiménez y Turrialba con gran aptitud para el desarrollo de variedades de caña denominadas de altura.

Así como las altas temperaturas son fundamentales para un mayor crecimiento, las noches frías son determinantes en la acumulación de sacarosa en la planta, y es muy importante durante el periodo de maduración una buena diferencia entre temperaturas máximas y mínimas. Las variaciones interanuales en el rendimiento en las zonas productoras de Costa Rica, pueden ser explicadas en parte por la variación de temperaturas (Aguilar, 1980).

Variedades principalmente originarias de Hawaii, de buena concentración y alto tonelaje tiene su punto de maduración entre los 18 y 24 meses, con un ciclo de cultivo de cuatro cortes u ocho años como promedio. La mayor producción y concentración se favorece de los cortes bianuales que redundan en importantes economías de mano de obra e insumos. Las variedades más difundidas son la H 60-8521, H 57-5174, H 62-4671, H 70-0144 y la H 61-1721. La H 70 es la de mayor productividad, ligeramente menor (5%) la H 57 y la H 61. La H 60 y la H 62 son las de menor productividad (15-20 %) (LAICA, 1990).

Las prácticas culturales son similares a las cañas de bajura, la aplicación de fertilizantes es mayor a las de variedades de

bajura, pues el ciclo vegetativo es de aproximadamente dos años. En todos los casos la semilla ha utilizar es vegetativa y seleccionada de lotes para ese efecto. La corta es manual y se ha mecanizado algunas labores de recolección (Aguilar, 1980).

#### 5.6.5- Papa Irazú.

El cultivo de la papa en Costa Rica data de 1910, cuando se establecen las primeras siembras comerciales de semilla criolla o proveniente de Europa. Inicialmente cultivada en las cercanías de la ciudad de Cartago, se extendió a algunas partes altas de las provincias de San José, Alajuela y Heredia (Ramírez, 1988). El flanco noroeste de la cuenca alta del Reventazón es una zona tradicionalmente lechera y hortícola. Favorecida por aspectos naturales, geográficos, políticos e históricos, tiene una infraestructura favorable y una amplia cultura agrícola. Probablemente la zona hortícola más importante del país, la mayoría de vegetales son producidos aquí, y el cultivo de la papa es el caso más conspicuo de todos, pues en la mayoría de los casos los agricultores cultivan la papa como cultivo principal manejado en rotación con otros usos como cebolla, zanahoria, remolacha y otros cultivos de zonas templadas.

La papa se puede cultivar donde la temperatura máxima nocturna sea de 18°C, sin importar mucho la temperatura diurna, aunque es preferible climas con temperaturas bajas. Conforme aumenta la temperatura la producción disminuye, y se estima entre 12 y 18°C la temperatura ideal para un desarrollo óptimo de la planta y el tubérculo (Amador; Rodríguez, 1991).

Este cultivo requiere entre 400 y 800 mm de agua en su ciclo de cultivo, en forma bien distribuida y uniforme, pues la variaciones fuertes de humedad afectan la calidad de los tubérculos. Zonas de alta precipitación y humedad favorecen el desarrollo de la enfermedad conocida como tizón tardío (*Phytophthora infestans*).

Los suelos para papa deben ser porosos, friables, con buen drenaje, alta fertilidad natural y profundidad no menor de 30 cms. La mayor necesidad de nutrientes se da durante el periodo comprendido entre la aparición de los tubérculos y el final de la floración. Al inicio de la formación del tubérculo se concentra un 20% de la materia seca y la asimilación de minerales asciende a un 40% del total, al finalizar la época de floración el contenido de materia seca es de aproximadamente 45% y la asimilación de nutrientes de 75%, deduciéndose no solo la importancia de aplicar fertilizantes en cantidades apropiadas sino oportunamente (Gruner, 1972; citado por Soto, 1989).

Este cultivo extrae altas cantidades de nutrientes tal como se nota del cuadro 5.

Cuadro 5. Extracción de nutrientes por el cultivo de la papa.

ELEMENTO	KG.ELEMENTO/TON TUBERCULO.	KG.ELEMENTO/HA.CULTIVO.
N	4.6	102 - 166
P	0.7 - 7.1	13 - 27
K	6 - 7.5	168 - 305
Ca	0.6 - 0.8	37 - 80
Mg	0.6 - 0.8	15 - 25
S	0.6 - 0.8	17 - 38
Fe	0.08 - 0.12	2 - 3.5
Cu	0.002 - 0.006	0.016 - 0.023
B	0.012 - 0.04	No conocido.
Mo	0.002 - 0.006	No conocido.

Fuente: Instituto Nacional Investigaciones Forestales y Agropecuarias, México. 1988.

Los requerimientos de la papa son: 150-200 Kg/Ha de nitrógeno, 300-600 Kg. de fósforo y 200-250 Kg./ha de potasio (Aguilar, 1991).

El combate de malezas consiste en mantener libre de ellas los primeros treinta días después de la emergencia de los tallos mediante control químico o manual. Los herbicidas preemergentes más utilizados son el alaclor, dalapón, glifosato y linuron. Para el control postemergencia se utilizan herbicidas selectivos como el metribuzin y el fluazifop butil (Aguilar; Amador, 1991).

La papa en Costa Rica es un cultivo altamente subsidiado tecnológicamente. Una fuerte cantidad de agroquímicos, especialmente fungicidas e insecticidas son utilizados en forma casi indiscriminada, provocando contaminación de aguas y en algunos casos provocando resistencia de insectos, como el caso del minador de la hoja (*Liriomyza huidobrensis*), plaga sin importancia económica hasta 1989, cuando provocó daños severos al follaje, aparentemente por la eliminación de enemigos naturales que desaparecieron por la acción de insecticidas. Gusanos cortadores (*Agrotis spp*, *Spodoptera spp*), jobotos (*Phyllophaga*), áfidos vectores de virus (*Macrosiphum solanifolii*, *Myzus persicae*) y polillas de la papa (*Scrobipalposis solanivora*, *Phthorimaea operculella*), son las plagas de mayor importancia económica. Aunque persiste el uso de plaguicidas se han reducido los ciclos de aplicación, se procura el uso de productos poco tóxicos al ambiente y se combina con algunas medidas culturales como usar semillas limpias, rotación de áreas, entre algunas (Rodríguez, 1988).

Las enfermedades fungosas más importantes son el tizón temprano (*Alternaria solani*) y el tizón tardío (*Phytophthora infestans*), costra negra o chancrosis (*Rhizoctonia solani*), roña (*Spongospora*), torbo (*Rosellinia*) y el Oidium o mildiu polvoriento (*Erysiphe chichoracearum*). La pudrición seca de los tubérculos, causada por *Fusarium solani* y *Fusarium roseum* es una enfermedad común de postcosecha, específicamente durante el almacenamiento. Las enfermedades bacterianas más relevante son la maya (*Pseudomonas solanacearum*) y pie negro o pierna negra (*Erwinia carotovora*). En

todos los casos la aplicación de fungicidas y bactericidas es necesario, pero el mejoramiento de las prácticas de cultivo, selección cuidadosa de terrenos y selección de semilla es cada vez más común. La producción de semilla certificada es una de las mejores alternativas para evitar la acción de virus y mosaicos (Villarreal, 1988; Ramírez, 1991).

El nombre de papa Irazú corresponde a una denominación arbitraria y relativa al entorno geográfico del cultivo, no a una variedad. En Costa Rica predomina el uso de variedades de origen mejicano como la Atzimba, Rosita, Tollocán e Istarú, de las cuales las dos primeras son las más populares. Con un ciclo de cultivo de 90 a 150 días, el tamaño y rendimiento es parecido, difiriendo la Atzimba de la Rosita principalmente por el color del tubérculo. La semilla es vegetativa y se produce en lugares cercanos a los 3000 m.s.n.m., sin embargo se ha probado con éxito técnicas de multiplicación acelerada, como la semilla prebásica y el cultivo de tejidos (Aguilar, 1991).

#### 4.6.6- Pasto kikuyo.

Original del Africa, el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) reúne buenas características para el pastoreo dada su rusticidad, fácil propagación, resistencia al pisoteo, adaptación a diferentes calidades de suelo, resistencia a la sequía y altas calidades nutritivas. De hojas delgadas y abundantes, tallos suaves y cubiertos de vellos es muy apetecido por el ganado , y tiene un porte entre 30 y 70 cm de altura según la condición del suelo y competencia con otras plantas. Con mayor tendencia al crecimiento plagiotrópico, se extiende rápidamente por el contacto de los tallos con el suelo, como por los estolones (Flores, 1977).

Su composición es semejante a las de la alfalfa en condiciones templadas y en condiciones tropicales es una de las gramíneas de mejor calidad nutritiva y palatabilidad. En el cuadro 6 se detalla su composición en base húmeda (verde) y seca.

Cuadro 6. Composición química del pasto kikuyo.

FRACCION	% MATERIA VERDE (MV)	% MATERIA SECA (MS)
Materia seca	18.0	90.6
Proteína cruda	2.7	14.1
Extracto etereo	0.7	3.4
Extracto libre N.	7.8	39.3
Fibra cruda	4.8	33.1
Cenizas	2.0	10.1

Fuente: Flores, 1977.



El pasto kikuyo en Costa Rica se encuentra como una pastura prácticamente natural entre los 1500 y los 3000 m.s.n.m., asociada a una leguminosa, el trebol blanco (*Trifolium repens*). Por debajo de esa altitud dominan otras gramíneas y por encima de ella el crecimiento es lento y la rotación de potreros mayor. Con un comportamiento y calidad muy buena, es paradójica la utilización de concentrados y suplementos de alto costo en detrimento del forraje natural. Solamente en el período 1983-1987 la importación de materias primas utilizadas en la elaboración de concentrados alcanzó un promedio anual del 16.1% del valor total de las importaciones del sector agropecuario (Villegas, 1990).

Algunas gramíneas naturales o naturalizadas tienen el inconveniente de no responder a la fertilización de manera significativa, sin embargo el pasto kikuyo tiene muy buena respuesta especialmente a la fertilización nitrogenada. Ureña (1972), demostró que en varios tratamientos NPK, la mayor producción de materia seca y proteína se obtuvo con la aplicación de 200 Kg.N/Ha/Año y 200 Kg.P/Ha/Año. La aplicación de varios niveles de nitrógeno para evaluar la respuesta del kikuyo en cuanto a su rendimiento y valor nutritivo mostraron una respuesta altamente significativa a la dosis de 300 Kg.N/Ha/Año con una producción de materia seca de 8419 Kg/Ha (Ruíz, 1978). Ambos trabajos coinciden con una recomendación general de aplicar 300 Kg. de nitrógeno y 200 de fósforo por hectarea/Año (Morales, 1993).

Sin mayores problemas fitosanitarios, tiene alguna susceptibilidad al "salivazo" (*Prosapia spp*) en época lluviosa.

#### 4.6.7- Bosque húmedo tropical.

Las zonas de vida constituyen solamente la primera categoría de las divisiones ambientales. Son de gran utilidad para desarrollar estudios y comparaciones a nivel general, pero se necesitan subdivisiones para adelantar análisis más específicos, y para incluir en un sistema de clasificación o evaluación factores ambientales de segundo orden como suelos, drenaje, topografía, vientos y los patrones de precipitación (Holdridge, 1987).

La mayoría de los ecosistemas forestales (dentro de sus respectivos bioclimas) se caracteriza por poseer una vegetación específica y soportar una comunidad única de plantas y animales. Las diferencias entre las formaciones obedecen generalmente a variaciones en la temperatura y la precipitación. Otros factores inducen cambios locales en el tipo de vegetación en su ámbito de influencia, así una comunidad vegetal está correlacionada en forma estrecha con los suelos, sales, arrastre por ríos (aluviones) o por gravedad (coluviones) u otros fenómenos localizados (Salas, 1987).

El National Research Council (1982), estima la cubierta vegetal tropical en 1500 millones de hectáreas (31% de la región tropical y 10% de la superficie terrestre). Estimaciones preliminares del área de bosques tropicales en centro América y México muestran un decrecimiento de 77000000 Has. en 1980 a 63500000 Has. en 1990, con un área deforestada anual de 1400000 Has., equivalentes a una tasa de deforestación anual del 1.8%, una de las más elevadas del mundo, solo superada por Africa del Oeste con un 2.1 % anual (World Resources, 1992).

En la cuenca superior del Río Reventazón es posible identificar seis zonas de vida diferentes: Bosque Pluvial Montano Tropical (6.7%), Bosque Pluvial Montano Bajo Tropical (15%), Bosque Muy Humedo Montano Bajo Tropical (3.9%), Bosque Muy Húmedo Premontano Tropical (11.4%), Bosque Pluvial Premontano Tropical (15.1%) y Bosque Húmedo Premontano Tropical (5.5%).

El Bosque Pluvial Montano Tropical existe extensamente en la alta Talamanca, con pequeños afloramientos alrededor de las cumbres de los volcanes Turrialba, Irazú, Barba y Poás. Bosque siempreverde de altura con altura variada entre baja e intermedia y con dos estratos. Los árboles del dosel tiene 25 a 30 metros de altura y sus fustes son bajos, macizos, sin gambas y de corteza rugosa. Helechos arborescentes son comunes en el sotobosque y el estrato arbustivo es denso con bambus enanos, debajo del bambu el nivel del suelo es abierto. Los troncos y ramas tienen una tupida cubierta de musgo, donde son comunes pequeñas epífitas herbáceas, orquídeas y helechos.

El bosque Pluvial Premontano Tropical predomina en la Vertiente Atlántica, sin embargo existen franjas angostas en otras áreas del país. De estructura muy dinámica, es un bosque siempreverde de altura intermedia de dos o tres estratos. Árboles de 30 a 40 metros son característicos del dosel. El subdosel es muy denso y presenta árboles de 15 a 25 metros de altura, situación que dificulta diferenciarlo del sotobosque. El nivel arbustivo es muy denso y de alrededor de 3 metros. El nivel del suelo está casi completamente cubierto de helechos y hierbas de hoja ancha.

Epífitas, bejucos leñosos y las trepadoras herbáceas son abundantes, el musgo y las epífitas cubren prácticamente todas las superficies.

El Bosque Pluvial Montano Tropical ocupa grandes áreas de las laderas de barlovento de la Cordillera Central, ambas laderas de la Cordillera de Talamanca y alrededor de las cumbres volcánicas de la Cordillera de Guanacaste. Bosque siempreverde, su altura varía entre baja e intermedia con árboles entre 25 y 50 metros de altura, aunque el *Quercus* puede alcanzar 50 metros. El sotobosque es a menudo denso con árboles entre 10 y 20 metros de altura, fustes delgados, sinuosos o rectos con copas pequeñas. El nivel de arbustos es muy denso de 1.5 a 3 metros de altura. El nivel del suelo tiene buena cobertura de helechos, cyperaceas, enredaderas rastreras y parches de musgo. Bejucos grandes escasos.

El bosque Muy Húmedo Montano Tropical se encuentra a lo largo de la ladera suroeste de la Cordillera Central, al sur de San José y Cartago y en el Valle de Dota. bosque siempreverde de altura intermedia, tiene dos estratos de árboles con un dosel en su mayoría entre 20 y 25 metros de altura. Fustes bajos y macizos, las gambas son poco comunes. El sotobosque es bastante abierto y el nivel arbustivo es relativamente denso, con palmeras poco comunes. El nivel del suelo tiene buena cobertura de helechos, enredaderas y una gruesa capa de hojas húmedas en descomposición. Grandes bejucos leñosos aparecen con alguna frecuencia.

El Bosque Muy Húmedo Premontano Tropical es una zona de vida no-transicional, ocurre en las laderas másbajas del Valle del Genaral, la región de Turrialba y un amplio marco sobre las laderas inferiores del Valle central. Entre mediano y alto, semideciduo, tiene dos o tres estratos con unas pocas especies deciduas en la estación seca. Los árboles del dosel tiene alturas en su mayoría entre 30 y 40 metros, con gambas abundantes pero pequeñas. Los árboles del sotobosque oscilan entre 10 y 20 metros de altura, copas profundas y corteza lisa. El nivel arbustivo es denso y abundan las trepadoras herbáceas. el nivel del suelo es generalmente limpio con algunos helechos.

El Bosque Humedo Premontano Tropical es una zona de vida no-trancisional característica de dos valles intermontanos: San Ramón y el Valle Central, aunque algunas áreas cercanas a Cartago también. Bosque estacional semideciduo, tiene dos estratos y mediana altura. Los árboles del dosel son principalmente deciduos y de unos 25 metros de altura. El sotobosque es siempreverde de 10 a 20 metros de altura con fuste pequeño. torcido o sinuoso. El nivel arbustivo es denso, entre 2 y 3 metros, compuesto de plantas leñosas de tallo múltiple o de un solo tallo, algunas con espinas. El nivel del suelo es ralo, las epífitas son escasas, pero abundan los bejucos fuertes y flexibles de tallo delgado (FAO, 1989).

## V- MATERIALES Y METODOS.

### 5.1- Localización.

La cuenca del río Reventazón corresponde a la vertiente Atlántica de Costa Rica. Ocupa una buena parte de la zona central del país, especialmente la provincia de Cartago (cantones de Cartago, Paraiso, Oreamuno, Jiménez, Alvarado, El Guarco y Turrialba), y las planicies de la provincia de Limón. El área total de la cuenca es de 2950.3 Km<sup>2</sup>.

La cuenca superior de esta cuenca se define a partir del sitio "La Angostura", punto de drenaje situado en el cantón de Turrialba, provincia de Cartago, a 532.2 msnm. los límites de esta parte de la cuenca son: al sureste limita con la cordillera de Talamanca, desde Tobosí hasta unos 10 kilómetros al sur de Cerro Mills, con elevaciones entre los 1500 y 3000 msnm. Por el norte limita con la cordillera volcánica central con elevaciones desde 1500 hasta 3400 msnm (Volcán Irazú), por el este una cadena montañosa la separa del río Pacuare.

La cuenca alta, objeto del presente trabajo, está localizada entre los 9° 35' y 10° 06' de latitud norte y 83° 33' y 84° 03' de longitud este. Abarca casi toda la provincia de Cartago y pequeñas áreas de San José y Limón, el área bajo estudio mide 1481 Km<sup>2</sup>, es decir alrededor del 50% de toda la cuenca. Un mapa del área en estudio se encuentra en la figura 1 del anexo .

## 5.2- Descripción biofísica.

La precipitación media en la cuenca es de 3777 mm anuales y la escorrentía media anual es de 2646 mm. Las variaciones de precipitación son fuertes, desde 7686 mm en Cachí hasta 1259 mm en Cartago. La precipitación se concentra de los meses de mayo en adelante, aunque prácticamente hay lluvia todo el año, excepción hecha de los alrededores de la ciudad de Cartago y Paraiso, donde la estación seca puede prolongarse desde diciembre hasta mayo.

La temperatura promedio anual es de 19 grados centígrados, con diferentes condiciones según la altura de diferentes sitios. El punto de drenaje "La Angostura" y Turrialba esta cerca de los 600 m.s.n.m., pero sitios como los volcanes Irazú, Turrialba y Villa Mills superan los 3000 m.s.n.n.

De acuerdo a la clasificación de zonas de vida de Holdridge (1987), se distinguen al menos seis diferentes zonas de vida a saber: Bosque Pluvial Montano Tropical, Bosque Pluvial Montano Bajo Tropical, Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Tropical, Bosque Muy Húmedo Premontano Tropical, Bosque Pluvial Premontano Tropical y Bosque Húmedo Premontano Tropical. Predomina las categorías de Bosque Húmedo a Muy Húmedo.

El clima es sumamente variado, predominantemente húmedo y caliente, sin embargo existen áreas donde el balance hídrico es negativo, es decir la evapotranspiración potencial es mayor a la precipitación promedio anual.

Los suelos predominantes son inceptisoles y entisoles, derivados de cenizas volcánicas al oeste y noroeste de la cuenca,

y los derivados de rocas sedimentarias, intrusivas y basálticas del terciario en las estribaciones de la Cordillera de Talamanca, los derivados de depósitos laháricos en el área de piedemonte de los volcanes Irazú y Turrialba y los derivados de materiales aluviales y/o coluviales, presentes en las las llanuras del norte y los valles intermontanos.

En lo que concierne al uso de la tierra, solamente un 38.3% de la cuenca permanece como bosque primarios y secundario. Otros usos se muestran en el cuadro 7.

Cuadro 7. Uso actual de la Tierra en la cuenca del Río Reventazón.

TIPO PRINCIPAL	TIPO DE USO	HECTAREAS	PORCENTAJE
Bosques naturales	Selva virgen	70030	23.5
	Bosque secundario	43254	14.5
Pastos	Diversos pastos	78269	26.4
	Charral	14418	4.7
Perennes	Café	13240	4.4
	Banano/Plátano	8160	2.6
	Cacao	440	1.4
	Otros	50	0.2
Anuales	Papas/Hortalizas	12880	4.4
	Maíz	26400	8.6
	Tomate/Chile	360	0.1
	Caña de azúcar	9280	3.1
	Otros	40	0.1
Zonas Urbanas		18519	6.0
<b>TOTAL</b>		<b>295340</b>	<b>100.0</b>

Fuente: SEPSA, 1985.



### 5.3- Materiales.

Para el desarrollo del presente trabajo se utilizaron los siguientes materiales, programas y fuentes.

#### 5.3.1- Materiales.

- Mapas topográficos de Costa Rica, escala 1:200000, Hoja CR 2 CM-5, San José.  
Hoja CR 2 CM-6, Limón.  
Hoja CR 2 CM-7, Quepos.  
Hoja CR 2 CM-8, Talamanca
- Mapa de suelos, Cuenca R.Reventazón, escala 1:200000.
- Mapa Erosividad Pluvial Promedio, Cuenca Río Reventazón, escala 1:200000.
- Avíos Bancarios, Banco Nacional y Banco de Costa Rica.
- Modelos Económicos del Instituto del Café y Dirección Investigación y Extensión Caña Azúcar.

#### 5.3.2- Programas y Bases de Datos.

- ALES, Automated Land Evaluation System, Versión 3.
- ALES, Versión 4.
- IDRISI, Sistema Información Geográfico, Versión 4.0.
- Sistema de Información de Recursos Naturales de Costa Rica (RNCR) , GCP/COS/009/ITA, Versión 1988, 1989.
- Quattro Pro for Windows, Versión 1.0.
- Paradox for Windows.Versión 1.0. Manejador Bases de Datos relacional.

#### 5.3.4- Otras fuentes.

- Expertos en los diferentes cultivos y usos de la tierra.
- Información secundaria sobre la región evaluada.
- Datos actualizados de costos, precios de productos y subproductos, intereses, mano de obra.

#### 5.4- Procedimiento.

##### 5.4.1- Método de la evaluación.

La evaluación de tierras mediante el uso del ALES es posible realizarla de tres formas: a) **Método 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 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 computador de bases 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 (Rossitter, 1991). Otro factor a considerar al definir el método es el tipo y participación del modelo.

Las características físicas del área de estudio y un sondeo preliminar de información permitió determinar el sistema **abajo-arriba** el más apropiado a los objetivos y estructura del trabajo.

#### **5.4.2- Procedimiento de la evaluación.**

El esquema para la evaluación de tierras de la FAO (1976) sugiere un procedimiento de evaluación lógico para determinar la aptitud física y económica de un área específica contrastando usos alternativos (al menos dos). El esquema se presenta en la figura 2 de los anexos. El procedimiento general parte de comparar la oferta de recursos de la tierra (biofísicos y socioeconómicos) con la demanda de los mismos por diferentes usos alternativos. Para facilitar este proceso se determinarán unidades de tierra de referencia (también conocidas como unidades de mapeo) mediante procesos y criterios más adelante explicados.

La evaluación de tierras en el ALES supone diferentes usos alternativos seleccionados por el evaluador, los cuales primero se evalúan por aptitud física. La evaluación física actúa como un filtro; si el uso califica en la escala de aptitud permisible (Desde apto hasta marginalmente apto) entonces procede la evaluación económica. Si el resultado de la evaluación física, por el contrario, es de no apto, automáticamente es considerado también no apto económicamente. Esta parte es fundamental a la hora de verificar y validar los modelos de evaluación, pues una crítica común en algunas evaluaciones de tierra, es el desajuste entre los resultados de la evaluación y la realidad agrogeográfica.

#### 5.4.3- Selección del área.

La cuenca del Río Reventazón y la del Río Grande Tárcoles tienen en común ser las de mayor intervención histórica en Costa Rica. Ambas se originan en el centro del país y sirven áreas extensas de uso urbano, agrícola y energético. Por las razones apuntadas era previsible conseguir suficiente información para hacer una evaluación de tierras. En condiciones parecidas, se prefirió la del Río Reventazón, tanto por la afinidad geográfica como por la experiencia y conocimiento de algunos de los usos de la tierra practicados.

#### 5.4.4- Unidades de tierra o mapeo.

Por la extensión del área a evaluar y la disponibilidad de información en mapas de suelos y topográfico, el trabajo está referido en escala 1:200000. La evaluación procura definir la aptitud de la tierra en áreas relativamente grandes, básicamente para aplicaciones de macro planificación regional, o en este caso de la cuenca. Las unidades de suelo se determinaron con tres grandes criterios primarios: gran grupo de suelo, curvas de nivel cada 500 metros y la erosividad pluvial promedio, sin embargo este último criterio es de importancia discriminante menor en el presente estudio, pues sus variaciones e intensidades más fuertes están localizadas en la Reserva Forestal de Río Macho, uno de los subsidiarios del Reventazón.

#### 5.4.5- Características de la tierra.

Las características de la tierra son atributos medibles o de apreciación lógica (como el estado de un camino); en el presente trabajo procede de información secundaria, la base de datos "Recursos Naturales de Costa Rica (RNCR)" y observaciones de campo.

Las características a utilizar en la definición de unidades de tierra responden a la forma de estructurar las cualidades de la tierra. Como observación a los diferentes métodos de evaluar tierras, muchas veces se incluyen características comunes o similares en el área de estudio (al margen de su mayor o menor importancia). Es recomendable omitirlas para disminuir el volumen de información y facilitar la toma de decisiones. A modo de ejemplo, si un área bajo estudio tiene información meteorológica en la cual se establece una sequía estacional bien definida tanto en cobertura geográfica como histórica, es innecesario computar esta característica para establecer la aptitud de cultivos en regadío, pues es bien conocido un problema de déficit hídrico.

Las características están organizadas en cuatro grupos con sus respectivos niveles de severidad. Los niveles de severidad pueden ser criterios absolutos o rangos utilizados por el evaluador para categorizar una característica, sin embargo necesariamente deben ser parámetros medibles o constatables (cuando sean aspectos de apreciación). Los grupos de características se establecen por áreas temáticas: a) indicadores de sostenibilidad, b) factores de clima, c) factores de manejo y comercio y d) factores edáficos.

Además de los criterios de gran grupo de suelo y altitud, las unidades de tierra tienen 39 características que las distinguen entre sí. De ellas, 37 es información directa ingresada al programa y dos inferidas (Temperatura en caña, Precipitación en caña). Cada característica tiene cinco categorías, sin embargo es posible categorizar en un número mayor o menor a criterio del evaluador. El cuadro 8 muestra en detalle los grupos de características.

#### Cuadro 8. Características por Unidad de Mapeo.

##### Grupo 1: "Sostenibilidad.", Indicadores de sostenibilidad (4).

- 1        **Ica**, Intensidad en el uso de contaminantes  
           Cbj (Baja)  
           Cmb (Moderadamente baja)  
           Cmd (Media)  
           Cma (Moderadamente alta)  
           Cel (Elevada)
  
- 2        **Nap**, Numero aplicaciones plaguicidas/ciclo veget. (Papa)  
           Nex (Excesivo (Mas de 12))  
           Nal (Alto (De 9 a 12).)  
           Nmn (Moderado (5 a 9))  
           Nbj (Bajo (3 a 5))  
           Nmb (Muy bajo (<3))
  
- 3        **Tco**, Tipo de contaminantes  
           Quo (Químicos inorgánicos)  
           Qin (Químicos orgánicos)  
           Mbl (Microbiológicos)  
           Rin (Residuos industriales)  
           Psu (Partículas de suelo)
  
- 4        **Uac**, Uso actual  
           Bos (Bosques)  
           Pas (Pasto)  
           Cpr (Cultivos perennes)  
           Cua (Cultivos anuales)  
           Zub (Zonas urbanas)

**Grupo 2: "Clima", factores climaticos (12).**

- 1      **Alt**, Altitud (m.s.n.m.)
  - Abj (Baja <600) [400-600 m.s.n.m.]
  - Amb (Moderadamente baja 600-1000) [600-1000 m.s.n.]
  - Aap (Apta 1000-1500) [1000-1500 m.s.n.m.]
  - Ama (Moderadamente alta 1500-2000) [1500-2000 m.s.]
  - Aal (Alta >2000) [2000-3500 m.s.n.m.]
  
- 2      **Epp**, Erosividad pluvial promedio
  - Ebj (Baja 100-200) [100-200 megajoules/cm2]
  - Emb (Mod.baja 200-300) [200-300 megajoules/cm2]
  - Emd (Moderada 300-500) [300-500 megajoules/cm2]
  - Eal (Alta 500-800) [500-800 megajoules/cm2]
  - Eex (Excesiva > 800) [800-1000 megajoules/cm2]
  
- 3      **Msc**, Meses secos consecutivos
  - Mms (Muy bajo <0.5) [0-.5 meses]
  - Mbs (Bajo 0.5-1) [.5-1 meses]
  - Mop (Optimo 1-3) [1-3 meses]
  - Mme (Moderadamente excesivo 4-5) [3-4 meses]
  - Mex (Excesivo >5) [4-8 meses]
  
- 4      **Ppa**, Precipitación promedio anual (Café).
  - Pbj (Baja <2000) [1000-2000 mm]
  - Pmb (Moderadamente baja 2000-2500) [2000-2500 mm]
  - Pop (Optima 2500-3000) [2500-3000 mm]
  - Pme (Mod. excesiva 3000-3750) [3000-3750 mm]
  - Pex (Excesiva >3750) [3750-8000 mm]
  
- 5      **Tpa**, Temperatura promedio anual (Café).
  - Tab (Baja <10) [0-10 °C]
  - Tmb (Mod baja 10-18) [10-18 °C]
  - Taa (Apta 18-22) [18-22 °C]
  - Tma (Mod.alta 22-25) [22-25 °C]
  - Tea (Alta >25) [25-30 °C]
  
- 6      **Tpa-cb**, temperatura promedio anual (Caña). **Infer Tpa.**
  - Ctb (Temp.baja (<15°C)) [0-15 °C]
  - Ctmb (Temp.mod.baja. (°C 15-21)) [15-21 °C]
  - Cto (Temp.optima (21-30 °C)) [21-30 °C]
  - Ctma (Temp.Mod.alta (30-35°C)) [30-35 °C]
  - Ctea (Temp.excesiva (>35)) [35-40 °C]

- 7      **Tpa-pp**, Temperatura promedio anual (papa).
- Mbj (Muy baja (<8)) [0-8 °C]  
 Bja (Baja (12-16)) [8-16 °C]  
 Opt (Optima (16-20)) [16-20 °C]  
 Mop (Moderadamente optima (20-22) ) [20-22 °C]  
 Mal (No apta (>22)) [22-30 °C]
- 8      **Ppa-c** , Precipitacion promedio anual (caña), Infer Ppa.
- Cad (Deficiente (<1500)) [<1500 mm]  
 Cam (Mod.baja (1500-2000)) [1500-2000 mm]  
 Cao (Optima (2000-3000)) [2000-3000 mm]  
 Caa (Mod.alta (3000-4000)) [3000-40000 mm]  
 Cae (Excesiva (>5000)) [>5000 mm]
- 9      **Ppa-p**, Precipitacion promedio anual (Papa).
- Bja (Baja (<1000).) [0-1000 mm]  
 Mbj (Mod. baja (1000-1800)) [1000-1800 mm]  
 Opt (Optima (1800-2000).) [1800-2000 mm]  
 Mex (Mod.excesiva (2000-2500).) [2000-2500 mm]  
 Exc (Excesiva (>2500)) [2500-3500 mm]
- 10     **Esc**, Escorrentia por grupo climatico
- Ebj (Esc. baja (0-1)) [0-1 mm]  
 Emj (Esc. mod. baja (1-300)) [1-300 mm]  
 Erg (Esc. regular (300-1000)) [300-1000 mm]  
 Ema (Esc.mod.alta (1000-2000)) [1000-2000 mm]  
 Eal (Esc. alta (>2000)) [2000-3000 mm]
- 11     **Etp**, Evapotranspiracion por grupo climatico
- Ebj (Etp baja (800-1000)) [0-1000 mm]  
 Emb (Etp mod.baja (1000-1200)) [1000-1200 mm]  
 Etr (Etp regular (1200-1300)) [1200-1300 mm]  
 Ema (Etp mod.alta (1300-1500)) [1300-1500 mm]  
 Eta (Etp alta (>1500)) [1500-2000 mm]
- 12     **Pgc**, Precipitacion promedio anual grupo climatico
- Baj (Baja (1000-1500)) [0-1500 mm]  
 Mbj (Moderadamente baja (1500-2000)) [1500-2000 mm]  
 Reg (Regular (2000-2500)) [2000-2500 mm]  
 Mal (Moderadamente alta (2500-3000)) [2500-3000 mm]  
 Alt (Alta (>3000)) [3000-6000 mm]



**Grupo 3: "Mancor", factores manejo-comercio (10).**

- 1      **Acc**, Accesibilidad
  - Noa (No accesible)
  - Acr (Accesible con reparación)
  - Poa (Poco accesible)
  - Acs (Accesible)
  - Mua (Muy accesible)
  
- 2      **Pag**, Presencia de agroindustrias
  - Agb (Ninguna 0) [0-.1 cantidad]
  - Agm (Mod.baja 1) [.1-3 cantidad]
  - Ago (Moderada 2-3) [3-5 cantidad]
  - Aga (Mod.alta 4-5) [5-7 cantidad]
  - Age (Excesiva >5) [7-9 cantidad]
  
- 3      **Pca**, Presencia de centros de acopio o intermediarios
  - Can (Ninguno 0) [0-.1 cantidad]
  - Cap (Pocos 1-3) [.1-3 cantidad]
  - Caa (Algunos 3-5) [3-5 cantidad]
  - Cam (Muchos 5-10) [5-10 cantidad]
  - Cae (Excesivos >10) [10-20 cantidad]
  
- 4      **Dca**, Distancia plantación-centro de acopio
  - Dex (Excelente (1-3 Kms)) [0-3 Km]
  - Dmb (Muy buena (3-7 Kms).) [3-7 Km]
  - Drg (Regular (7-12 Kms)) [7-12 Km]
  - Dlr (Larga (12-15 Kms)) [12-15 Km]
  - Dml (Muy Larga (15-20 Kms).) [15-20 Km]
  
- 5      **Vca**, Variedades de caña de zona húmeda alta.
  - H60 (H 60-8521)
  - H57 (H 57-5174)
  - H62 (H 62-4671)
  - H70 (H 70-0144)
  - H61 (H 61-1721)
  
- 6      **Vcb**, Variedades de caña de zona humeda baja.
  - Pin (Pindar)
  - Q96 (Q 96)
  - B47 (B 47-44)
  - B50 (B 50-135)
  - B76 (B 76'259)

- 7        **Ori**, Origen de semilla de papa
- Alc (Altura certificada)
  - Alnc (Altura no certificada)
  - Als (Altura segunda)
  - Zmd (Zona media comercial)
  - Des (Desconocido)
- 8        **Psl**, Precencia centros acopio papa (lavanderos).
- Esc (Ninguno 0) [0-.1 unidades]
  - Pcs (Pocos (1-15)) [.1-15 unidades]
  - Alg (Algunos (15-30).) [15-30 unidades]
  - Muh (Muchos (30-40).) [30-40 unidades]
  - Exc (Excesivos (>40)) [40-60 unidades]
- 9        **Tsp**, Tamaño y peso semilla de papa
- Mpe (Muy pequeña (<10 grs).) [5-10 grs]
  - Peq (Pequeña (10-20 grs).) [10-20 grs]
  - Arr (Arrefliz (20-30 grs).) [20-30 grs]
  - Seg (Segunda (30-40 grs).) [30-40 grs]
  - Pri (Primera (40-60 grs).) [40-60 grs]
- 10       **Caa**, Carga animal
- Cbj (Carga baja (1 UA/Ha)) [0-1 UA/Ha]
  - Cmb (Carga Mod.baja (2 UA/Ha)) [1-2 UA/Ha]
  - Cop (Carga optima (3.5 UA/Ha)) [2-3.5 UA/Ha]
  - Cma (Carga Mod.alta (5 UA/Ha)) [3.5-5 UA/Ha]
  - Cal (Carga alta (>5 UA/Ha)) [5-8 UA/Ha]

**Grupo 4: "Suelo", factores edáficos (13).**

- 1        **Cic**, Capacidad de intercambio catiónico (CICE)
  - Cib (Bajo <3) [0-3 meq/100 ml]
  - Cim (Mod. bajo 3-5) [3-5 meq/100 ml]
  - Cio (Optimo 5-10) [5-10 meq/100 ml]
  - Cia (Mod. alta 10-25) [10-25 meq/100 ml]
  - Cie (Elevada >25) [25-50 meq/100 ml]
  
- 2        **Dre**, Drenaje del suelo
  - Myl (Muy lento)
  - Mdl (Moderadamente lento)
  - Bun (Bueno)
  - Mde (Moderadamente excesivo)
  - Exc (Excesivo)
  
- 3        **Cmo**, Contenido materia orgánica del suelo
  - Mob (Bajo <2%) [0-2 %]
  - Mod (Moderadamente bajo 2-5%) [2-5 %]
  - Mbu (Bueno 5-10%) [5-10 %]
  - Mmb (Muy bueno 10-20%) [10-20 %]
  - Mex (Excesivo >20%) [20-30 %]
  
- 4        **Ggs**, Gran grupo de suelo
  - Ix (Dystrandept)
  - Ih (Hydrandept)
  - Im (Humitropept)
  - Ut (Haplohumult)
  - Ie (Eutropept)
  
- 5        **Ksu**, Potasio en el suelo.
  - Kmb (Muy bajo <0.1) [0-.1 meq/100 ml]
  - Kbj (Bajo 0.1-0.2) [.1-.2 meq/100 ml]
  - Kmd (Medio 0.2-0.6) [.2-.6 meq/100 ml]
  - Kal (Alto 0.6-0.7) [.6-.7 meq/100 ml]
  - Kma (Muy alto >0.8) [.7-3.5 meq/100 ml]
  
- 6        **Mgs**, Contenido de magnesio en el suelo(Café)
  - Mgb (Bajo <1) [0-1 meq/100 ml]
  - Mgm (Mod.bajo 1-2) [1-2 meq/100 ml]
  - Mgo (Optimo 2-5) [2-5 meq/100 ml]
  - Mgl (Mod.alto 5-7) [5-7 meq/100 ml]
  - Mga (Alto >7) [7-20 meq/100 ml]

7 **Pen**, Pendiente

Pla (Plano 0-3) [0-3 %]  
 Son (Suavemente ondulado 3-15) [3-15 %]  
 Mon (Moderadamente ondulado 15-30) [15-30 %]  
 Fon (Fuertemente ondulado 30-60) [30-60 %]  
 Esc (Escarpaado >60) [60-200 %]

8 **Pha**, Reacción del suelo.

pHb (bajo <5) [2-5 pH en agua]  
 pHm (moderadamente bajo 5-5.5) [5-5.5 pH en agua]  
 pHo (Optimo 5.5-6.5) [5.5-6.5 pH en agua]  
 pHe (Moderadamente elevado 6.5-7) [6.5-7 pH en agu  
 pHl (elevado >7) [7-8 pH en agua]

9 **Psu**, Fósforo del suelo.

Pmb (Muy bajo <5) [0-5 ppm]  
 Pbj (Bajo 5-10) [5-10 ppm]  
 Pmd (Medio 10-20) [10-20 ppm]  
 Pma (Alto 20-35) [20-35 ppm]  
 Pal (Muy alto >35) [35-80 ppm]

10 **Sab**, Saturación de bases.

Sbj (Bajo <50) [0-50 %]  
 Smb (Mod.bajo 50-60) [50-60 %]  
 Sme (Medio 60-70) [60-70 %]  
 Sma (Mod.alto 70-80) [70-80 %]  
 Sal (Alto >80) [80-90 %]

11 **Txt**, Textura del suelo.

Arc (Arcillosa)  
 Far (Franco arcillosa)  
 Fra (Franca)  
 Fan (Franco arenosa)  
 Are (Arenosa)

12 **Fps**, Fragmentos en el perfil del suelo (Pedregosidad).

Fmp (Muy pocos <5) [0-5 %]  
 Fpc (Pocos 5-10) [5-10 %]  
 Fab (Abundantes 10-15) [10-15 %]  
 Fma (Muy abundantes 15-50) [15-50 %]  
 Fpd (Pedregoso >50) [50-90 %]

- 13      **Pes**, Profundidad efectiva del suelo.  
Pbj (Baja <0.5) [0-.5 mts]  
Pmd (Moderada 0.5-1.2) [.5-1.2 mts]  
Pep (Optima 1.2-1.5) [1.2-1.5 mts]  
Pmb (Muy buena 1.5-2) [1.5-2 mts]  
Pex (Excelente >2) [2-4 mts]

La información del uso actual de la tierra, proviene de dos fuentes. La base de datos RNCR, con información de los usos más importantes según el censo nacional de 1984, y casos de duda sobre la evolución sufrida de 1984 a la fecha se corroboraron mediante observaciones de campo. Aunque el ALES permite utilizar unidades de tierra no homogéneas, para efectos del presente trabajo se prefirió considerar el uso predominante, en todo caso no hay cambios importantes en la geografía agropecuaria de la cuenca alta.

La información de las características particulares de cada unidad de tierra está disponible en los anexos (Bases de Datos). Los valores de algunas características en varias unidades de tierra pueden aparecer incongruentes bajo una condición agroecológica particular, por ejemplo una variedad de caña de bajura en una unidad de tierra con altura superior a los 2500 m.s.n.m. Es posible no ingresar información para estas características, pero es recomendable tener la base de datos completa, favorece los mecanismos de inferencia del programa. Aunque un dato puede ser incongruente en algunas unidades. la evaluación por aptitud física y la manera como el evaluador la establece, permite obviar estos problemas, además el programa puede presentar problemas al localizar espacios en blanco. Esta es en resumen una facilidad al método mediante el ALES.

#### 5.4.6- Definición del mapa base de unidades de mapeo mediante un sistema de información geográfica.

Uno de los objetivos específicos del presente trabajo es utilizar un sistema de información geográfica para alimentar o desplegar los resultados de los modelos de la evaluación. Para este efecto se utilizó el programa IDRISI Versión 4.0 (1992), pues reúne algunas características deseables para el presente trabajo, tales como aplicación en equipo sencillo, ambiente amigable, nivel de resolución apropiado y capacidad de interfase con otros programas.

El primer paso consistió en digitalizar el mapa de suelos generado por el Proyecto GCP/COS/009/ITA (1988), con información de grandes grupos de suelo y fase de relieve. Por otra parte y basado en el mapa topográfico se digitalizó un mapa de curvas de nivel cada 500 metros. El criterio empleado para hacerlo cada 500 metros fue el de poder hacer inferencias de temperatura en las unidades de tierra donde no hubiese estaciones meteorológicas, asimismo dividir grandes grupos de suelo con varios pisos altitudinales. Si bien es posible lograr mayor detalle, no se debe perder de vista los objetivos y alcances de la evaluación. Cada evaluador en consulta con un equipo multidisciplinario determina los criterios del caso, y en ese sentido no hay un patrón general.

Los dos mapas básicos se utilizaron posteriormente para reclasificar, sobreponer, calcular áreas y crear el mapa base de la evaluación, como se muestra en la figura 3 del anexo donde se ilustra el proceso efectuado mediante el IDRISI.

Se determinaron 22 de unidades de tierra o mapeo, en una imagen digital final 1:200000, "Suerec7". Esta imagen permite modelación en IDRISI, asimismo desplegar los resultados de las evaluaciones del ALES como se explicará posteriormente.

#### 5.4.7- Selección de los Tipos de Uso de la Tierra (TUT).

Uno de los aspectos medulares de la evaluación es la selección de los tipos de uso de la tierra, procurando concordancia con los objetivos del trabajo. En este caso se utilizaron varios criterios:

- Los TUT representativos de los ecosistemas y agroecosistemas predominantes.
- Deben reflejar el tipo de manejo predominante o típico, no un promedio o aproximación.
- Es deseable cultura agrícola, pecuaria o forestal para garantizar un nivel mínimo de experiencia y conocimientos.
- En el caso de los TUT agropecuarios un buen desarrollo de programas de investigación y extensión.
- Situación histórica y actual de la cuenca, para poder establecer algunas tendencias y alternativas.
- Por ser una evaluación de abajo hacia arriba, presencia de técnicos, agencias gubernamentales y no gubernamentales, agricultores y cualquier otra fuente de información.
- Posibilidades de calibrar, verificar y validar los modelos de evaluación.

Los tipos seleccionados para esta evaluación son café monocultivo con sombra, caña de azúcar de altura y bajura, papa, pasto kikuyo y bosque húmedo tropical.

#### 5.4.7.1- Café tecnificado con sombra, modelo de emergencia.

El modelo de emergencia es una respuesta tecnológica del Instituto del Café y el Ministerio de Agricultura de Costa Rica a la situación internacional de bajos precios y consiste en términos generales en la maximización de los recursos de la finca y una racionalización del uso de insumos y fertilizantes, según el nivel de producción de cada finca.

El patrón espacial predominante es de fincas pequeñas y medianas, entre 5 y 20 Has., monocultivo de los cultivares Caturra y Catuaí en densidades de aproximadamente 5000 plantas/Ha, sombra de poró (*Erythrina poeppigiana*) sembrada a 6 por 7 metros entre calles o hileras. El manejo general considera una poda selectiva parcial anual a partir del cuarto o quinto año de edad, aplicaciones anuales de fertilizantes nitrogenados y fórmulas completas cafetaleras, las enmiendas son ocasionales y pueden sustituir una de las aplicaciones de fertilizante. El control de malezas es básicamente químico y se hace algún control mecánico de mantenimiento, se aplican fungicidas a base de cobre al menos una vez al año.

En las labores de cultivo y la recolección de la fruta predomina el uso de mano de obra familiar y en algunos casos contratada. El fruto es enviado a los "beneficios" donde se procede a despulpar, fermentar, secar, clasificar el grano seco y ensacar para distribución interna o exportación. Por lo general la torrefacción es un proceso no efectuado en los beneficios.



#### 5.4.7.2- Café tecnificado con sombra, modelo del ICAFE.

Este uso de la tierra es muy parecido al anterior y la intención de contrastarlo con el modelo de emergencia y otros TUT alternativos, se debe a la incorporación de algunos criterios económicos polémicos en el análisis de aptitud económica. Para efectos de la evaluación física este TUT mantiene el patrón del modelo de emergencia.

La depreciación del cultivo y de la maquinaria y equipo, es rebatible por la aplicación de labores culturales al cultivo y el mantenimiento a lo largo de la inversión, 20 años en este caso. La injerencia de los sectores y grupos involucrados en la producción, torrefactura y mercadeo del café, en la discusión y definición de modelos económicos relacionados con los márgenes de utilidad para cada sector, hace comprensible el interés de incorporar algunos de estos conceptos y criterios en un modelo económico.

#### 5.4.7.3- Caña de azúcar, zona alta húmeda.

El predominio de la variedad POJ, conocida como "Piojota" en zonas altas y medias, ha sido desplazada por variedades de características agroclimáticas más específicas y mejor producción. La prueba de variedades de origen hawaiano ha tenido buen éxito en zonas cercanas a los 1000 m.s.n.n.; sin embargo este no es el único criterio para su uso, tal y como se describió en la revisión de literatura. Además de las diferencias fenológicas según variedad, la caña de altura tiene un ciclo de corta entre 18 y 24 meses, dependiendo cual sea el mejor momento de concentración de sacarosa. Por lo general se manejan cuatro ciclos, sin embargo se recomienda

no alargar ciclos cuando la producción sea 25% menor al primer corte, cosecha óptima de referencia.

La producción de caña de azúcar de altura está limitada por la existencia de un solo ingenio en la zona de influencia y una estructura agraria caracterizada por la concentración de una grande áreas en una sola finca, a pesar de esto hay áreas pequeñas y medianas de productores independientes. La siembra de estas variedades va de los 900 hasta los 1500 m.s.n.m., con buena radiación diurna y temperaturas frescas o ligeramente frías por la noche. El uso de fertilizantes y enmiendas es mayor al de variedades de bajura, sin embargo el tonelaje y la concentración de sacarosa es usualmente mejor.

#### 5.4.7.4- Caña de azúcar, zona baja húmeda.

A diferencia de las cañas hawainas, en las zonas de bajura húmeda se utilizan variedades de corte anual, para ciclos promedio de 5 años. El criterio para el establecimiento del ciclo es similar al de las cañas de altura, esto es, procurar un descenso no inferior al 25% del primer corte.

Al igual que la caña de altura, la presencia de industrias es relativamente limitante, solo hay dos, con el agravante de severos problemas financieros en ambas. La Asociación de productores, "Cámara del Atlántico", adquirió en 1994 el 50% de las acciones de el ingenio "Atirro", con una aval del estado.

Este tipo de uso se refiere a diversas variedades cultivadas bajo condiciones de trópico lluvioso caliente, con precipitaciones generalmente superiores a los 2500 mm, temperaturas promedio de

22°C y alturas entre los 500 y 900 m.s.n.m. Predominan la áreas de pequeños y medianos propietarios (2 a 20 Has). El control de malezas es químico y se utilizan fertilizantes inorgánicos. Las unidades de producción están localizadas en un radio de aproximadamente 20 kms. de los ingenios. La mano de obra es familiar y contratada, sin embargo se utiliza tracción animal en labores de rastreo en presencia de pendientes fuertes. En terrenos planos o ligeramente ondulados se han mecanizado algunas labores y cada vez es más frecuente las "quemadas" para limpiar de hojas la caña antes del corte. Otra práctica distintiva de las cañas de bajura es la remanga o acordonamiento de residuos después del corte, de carácter más artesanal y de uso cada vez menor.

#### 5.4.7.5- Papa Irazú.

Se escogió la papa por ser el cultivo de mayor tradición en la parte alta de la cuenca e ilustrativo del manejo general de los cultivos de este tipo en esta zona. Las circunstancias naturales como clima y suelo son factores de gran influencia en el desarrollo de este uso, sin embargo la concentración de las áreas sembradas en el flanco noroeste tiene factores de comercio y distribución con peso igual o mayor al de los demás factores. La organización de la producción juega un papel muy importante, y el pobre desarrollo de este cultivo en otras áreas del país puede estar ligado a este factor, más que a factores agronómicos; de hecho la misma circunscripción de la producción en dos o tres cantones está asociado a canales de comercialización manejados por pocas personas.

El manejo de la papa y hortalizas en la cuenca se caracteriza por un elevado y hasta exagerado uso de insumos y biocidas, pocas prácticas de conservación de suelos y agua. La erosión laminar y la presencia de cárcavas es fácilmente constatable en la época lluviosa, y a pesar de la seriedad del problema y de los programas emprendidos, parece no existir una fuerte preocupación, especialmente en las zonas donde los suelos de condiciones sobresalientes son profundos. A pesar del apoyo institucional en investigación, el mayor avance en su manejo ha sido la racionalización en el uso de plaguicidas, dada la presión de la opinión pública y del sector institucional para evitar y disminuir la contaminación de aguas por pesticidas.

La papa se cultiva generalmente dos veces por año, y en casos de disponer de riego es posible una tercera, sin embargo la tercera cosecha es usualmente sustituida por otro cultivo en el verano o se dejan descansar los terrenos.

#### 5.4.7.6- Pasto kikuyo.

Uno de los aspectos importantes de la presente evaluación es balancear la escogencia de tipos de uso de la tierra con variaciones sustantivas de tiempo y manejo.

La actividad pecuaria es otro de los usos predominantes en la cuenca. Históricamente la zona circunvecina a los volcanes Irazú y Turrialba han sido zonas productoras de leche y queso. Las temperaturas bajas de estas áreas han favorecido la aclimatación de bovinos importados y de razas usualmente utilizadas en sitios de climas parecidos, sin embargo el factor de mayor peso es la introducción de una gramínea asociada a una leguminosa que a lo largo del tiempo se puede casi considerar una pradera natural. De hecho el pasto kikuyo y el trébol blanco forman una asociación muy estable, con respuesta a la fertilización, de alta calidad forrajera y de fácil manejo. No existe competencia importante de otras especies, excepto cuando los sitios están cerca del límite climático natural (alrededor 1500 m.s.n.m.), y pastos como el estrella africana (*Cynodon nfluensis*) pueden invadirlo.

A pesar de las facilidades y bondades de una mezcla casi natural, paradójicamente los sistemas de leche especializada en la región hacen un uso elevado de concentrados para suplementar los bovinos con un efecto sustitutivo sobre el recurso forrajero. Parte del problema deviene de animales con altas demandas nutricionales por su constitución genética. En la presente evaluación se considera solamente el uso del forraje y algunos suplementos minerales como base de producción.

#### 5.4.7.7- Bosque tropical.

El uso "bosque tropical" es evidentemente genérico, se describen seis diferentes zonas de vida de la cuenca alta del Reventazón. La selección de este uso se establece por la necesidad de contrastar los agroecosistemas con un uso natural, recordando la importancia estratégica de la cuenca para generación hidroeléctrica y abastecimiento de agua potable para la gran área metropolitana. Por ser el agua y la electricidad utilidades manejadas históricamente por el estado y bajo resguardo del mismo, la consideración de manejar vida silvestre, biodiversidad o bosques naturales en forma privada es de análisis reciente y polémico. La mención de proyectos y programas de conservación de suelos y aguas, en atención al deterioro de las mismas, es otro de los puntos neurálgicos de la cuenca, pero la carencia de recursos económicos vuelve la mirada a las ganancias de los servicios del agua potable; el Instituto Nacional de Acueductos y Alcantarillados y algunas administraciones regionales afirman no lucrar con ello y que las tarifas actuales son el reflejo de los costos de producción, derivación y tratamiento, aspecto sin embargo de discusión potencial.

Los productos del bosque son de gran diversidad, y el agua escurrida por canales y ríos tiene la ventaja de poder ser utilizada en sitios o lugares ya intervenidos por el hombre, o sea, la utilización para consumo doméstico, riego o hidroelectricidad puede ser una acción remota al ecosistema donde se origina. El énfasis de contrastar este uso en la presente evaluación es hacer

consideraciones sobre los volúmenes de agua por unidad de tierra en este uso real o hipotético. Se considera el balance hídrico como el diferencial entre precipitación y evapotranspiración potencial.

#### 5.4.8- Definición de las cualidades de la tierra (LQ) y los requisitos de uso (LUR).

La evaluación de tierras consiste en comparar una oferta de cualidades con una demanda de requerimientos. Tanto las cualidades como los requerimientos son niveles de abstracción iguales, así el término "cualidad" se aplica a la tierra y el "requerimiento" a el uso propuesto. El nivel de abstracción está referido a la definición de las cualidades o requerimientos, no medibles en forma directa, pues son producto de la interacción dinámica y jerárquica de una o varias características de la tierra; evaluadas por niveles de severidad, una forma de categorizar en clases la combinación de características. Por facilidad metodológica, en lo sucesivo las cualidades y requerimientos se abreviarán LUR y las características de la tierra LCH.

La definición de los LUR es recomendable hacerla con el menor número de LCH, especialmente si la información es generada. Si se usan bases de datos e información secundaria, como en el presente caso, también es necesario incluir solo las LCH estrictamente necesarias y debidamente documentadas, relativas al LUR correspondiente. En el ALES se hace un listado general de LUR para toda la evaluación, sin embargo cada tipo de uso (TUT) tiene diferentes LUR, con su respectivas LCH. A modo de ejemplo, el LUR "Nutrientes disponibles" se aplica en casi todos los TUT

propuestos, pero cada agroecosistema tiene diferente cantidad y tipo de LCH, según el nivel de requerimiento del agroecosistema. El TUT "Café" tiene un gran desarrollo científico en nutrición mineral, entonces el LUR "Nutrientes disponibles" considera un buen número de LCH del grupo de factores edáficos, mientras el TUT "Pasto Kikuyo" requiere menos LCH, pues el nivel de conocimiento y nutrición mineral solo abarca macroelementos.

Los criterios para definir los LUR para cada TUT pueden ser propuestos por el grupo evaluador según el tipo de evaluación. Una inmensa facilidad para el método de la FAO (1976), son las guías específicas de evaluación publicadas por este organismo. En el presente caso se utilizaron: a) Directivas: evaluación de tierras para la agricultura en secano" (1985), b) Directivas: evaluación de tierras para pastoreo extensivo (1991) y c) Directivas para la evaluación de tierras para agricultura bajo riego (1985). Además de introducir al método de evaluación de la FAO, aclara las confusiones en un inicio normales entre características y requisitos, pero su mayor utilidad radica en facilitar y guiar la agrupación de LCH para definir los LUR. La facilidad de este método no debe entenderse como una circunscripción a lo sugerido en ellos, y en este sentido la mejor manera de enriquecer una evaluación es la incorporación de nuevos LUR, áreas en algunos aspectos poco desarrollados en las guías de FAO, como lo relativo a comercio, ambiente y sostenibilidad.

En la evaluación asistida por el ALES es recomendable no incluir más de tres veces una misma LCH para diferentes LUR. Esto



se fundamenta en el peso de la LCH sobre la decisión final de aptitud física o económica, como se describirá posteriormente.

El cuadro 10 muestra los LUR y los LCH considerados en cada uno.

**Cuadro 10. Relación de los LUR y las LCH.**

Codigo LUR	Nombre del LUR	Características (LCH) involucradas.
Cal	Capacidad laboreo.	Pen, Fps, Pes.
Can	Capacidad Retención Nutrientes.	Pha, Sab.
Cca	Condición de caminos.	Acc.
Coe	Condición de enraizamiento.	Pes, Fps.
Csp	Calidad de semilla de papa.	Ori, Tsp.
Hsu	Humedad del suelo.	Ppa, Ppa-c, Msc, Txt, Pes.
Kdp	Potasio disponible.	Cic, Kdp.
Mgd	Magnesio disponible.	Cic, Mgs.
Ndp	Nitrógeno disponible.	Cmo.
Nud	Nutrientes disponibles.	Cmo, Pha, Psu, Cic, Ksu, Mgs.
Odp	Oxígeno disponible.	Txt, Dre.
Pdp	Fósforo disponible.	Ggs, Pha, Psu.

Rtc	Requerimiento de temperatura (Caña).	Tpa, Tpa-cb, Alt.
Rtp	Requerimiento de temperatura (Café).	Tpa, Alt.
Sca	Susceptibilidad a contaminación agua.	Uac, Ica, Tco, Nap.
Scz	Susceptibilidad a concentración de sacarosa.	Vcb, Vca.
Sdp	Susceptibilidad para desarrollo del pasto.	Tpa-pp, Ppa-p.
Sdt	Susceptibilidad para desarrollo del tubérculo.	Tpa-pp, Ppa-p, Pes, Txt, Fps.
Ser	Susceptibilidad a la erosión.	Uac, Pen, Cmo, Txt, Epp, Caa.
Spa	Susceptibilidad a producción de agua.	Pgc, Eal, Esc.
Spc	Susceptibilidad a comercialización.	Acc, Pca, Pag, Dca, Psl.
Spe	Susceptibilidad a plagas y enfermedades.	Ppa, Msc, Tpa, Alt, Veb, Vca, Ori.

Los códigos de las características corresponden a las del Cuadro 8. El cuadro 10 indica cuales LCH están involucradas en cada LUR en toda la evaluación, sin embargo cada TUT tiene los LUR con

características variables tal como se muestra en los especificaciones de los modelos en el anexo, los niveles de severidad si se mantienen. Como se explicará más adelante los procedimientos de decisión si consideran diferentes vías.

A efecto de aclarar cualquier duda de carácter conceptual se hace una breve descripción de cada LUR, con esto se pretende recalcar las diferencias entre características y requisitos, procedimiento algunas veces proclive a confusión, además se diferencian los requisitos fisiológicos de cultivo, los requisitos de ordenación (relacionados con la tecnología de los sistemas de manejo) y los de conservación o sostenibilidad (relacionados con la erosión, degradación y contaminación (FAO, 1985):

#### **FISIOLOGICOS.**

- Capacidad de laboreo (Cal): se refiere a la capacidad natural para desarrollar labores en el suelo, considera la pendiente, la pedregosidad y la profundidad efectiva del suelo.

- Capacidad de retención de nutrientes (Can): se refiere a los aspectos químicos del suelo relativos a la retención de nutrientes, tales como el grado de pH y la saturación de bases.

- Condición de enraizamiento (Coe): se refiere a la facilidad de las plantas para enraizar en el suelo según la profundidad y pedregosidad.

- Calidad de semilla de papa (Csp): son los aspectos que determinan la calidad de la semilla del TUT Papa, específicamente el origen y el tamaño.

- Humedad del Suelo (Hsu): se refiere a los factores que afectan o favorecen la disponibilidad de agua en el suelo como la precipitación, meses secos consecutivos, textura y profundidad.

- Potasio disponible (Kdp): se refiere a las condiciones del suelo de hacer el potasio disponible, sea la capacidad de intercambio catiónico y el contenido de potasio en el suelo.

- Magnesio disponible (Mgd): se refiere a las condiciones del suelo de hacer el magnesio disponible según la CICE y el contenido de magnesio en el suelo.

- Nitrógeno disponible (Ndp): se refiere a las condiciones del suelo, por el contenido de materia orgánica, de tener nitrógeno disponible.

- Nutrientes disponibles (Nud): se refiere a las condiciones del suelo para hacer disponible nutrientes a las plantas, como la materia orgánica, el pH, contenido de fósforo, CICE, contenido de potasio y magnesio.

- Oxígeno disponible (Odp): se refiere a las condiciones físicas del suelo, textura y drenaje, para hacer el disponible el oxígeno.

- Fósforo disponible (Pdp): se refiere a las condiciones geomorfológicas y químicas que afectan su disponibilidad tales como el gran grupo de suelo, pH y el contenido en el suelo.

- Requerimiento de temperatura de Caña (Rtc): se refiere a las condiciones de clima, temperatura promedio anual y altitud, relativas a este requerimiento.

- Requerimiento de temperatura de Café (Rtp): igual al anterior solo con las especificaciones del caso para el TUT Café.

- Susceptibilidad a la concentración de sacarosa (Scz): se refiere al factor varietal, relativo al contenido de sacarosa en el TUT caña.

- Susceptibilidad al desarrollo del pasto (Sdp): factores agroecológicos, temperatura y precipitación, que inciden sobre el desarrollo de una gramínea.

- Susceptibilidad al desarrollo del tubérculo (Sdt): factores agroecológicos, temperatura y precipitación, con la consideración adicional de factores como la profundidad, textura y pedregosidad, relativos al desarrollo de tubérculos como la papa.

- Susceptibilidad a la producción de agua (Spa): se refiere a la facilidad física de producir agua de escorrentía por la relación de factores como la precipitación, la evapotranspiración potencial y la escorrentía por grupo climático.

- Susceptibilidad a plagas y enfermedades (Spe): aspectos de clima y manejo relativos a la incidencia de fitopatógenos tales como la precipitación, meses secos consecutivos, temperatura promedio anual, altitud, variedades, origen de la semilla.

## ORDENAMIENTO

- Condición de caminos (Cca): se refiere al estado de las vías de acceso en las unidades de tierra.

- Susceptibilidad a la comercialización (Spc): aspectos que favorecen o limitan la comercialización de los productos de un TUT, como el acceso, centros de acopio, agroindustrias, distancia de las plantaciones a las agroindustrias, y presencia de intermediarios.

## CONSERVACION-SOSTENIBILIDAD.

- Susceptibilidad a la contaminación de aguas (Sca): se refiere a los factores físicos, químicos o de manejo en una unidad de suelo que favorecen o limitan la contaminación de aguas superficiales o subterráneas, tales como el uso actual, la intensidad en el uso de contaminantes, tipo y frecuencia de aplicación de los contaminantes.

- Susceptibilidad a la erosión (Ser): conjunto de factores de manejo y suelo relativos a la posibilidad de erosión laminar, se considera el uso actual, pendiente, contenido de materia orgánica, textura, erosividad pluvial promedio y carga animal.

### 5.5- Construcción de los modelos.

Un modelo es una abstracción de la realidad. La posibilidad de lograr un comportamiento similar al de la realidad depende del grado de rigurosidad empleado, la calidad de la información y su calibración, verificación y validación. Los modelos desarrollados con el ALES son clasificados como modelos empíricos de la realidad, su procedimiento describe la relación de atributos de la tierra con su aptitud para usos específicos de requerimientos conocidos; puede considerarse también como un modelo de conocimientos. Una de los aspectos notables de los modelos de conocimientos es no encasillar el conocimiento como un estereotipo científico, e incorporar todas las posibles fuentes de conocimiento oral o escrito para el TUT a modelar (Rossiter, 1990).

Los modelos de la presente evaluación se pueden ubicar como sistemas, pues son arreglos de componentes físicos, un conjunto o colección de cosas, unidas o relacionadas de tal manera que forman y actúan como una unidad, una entidad o un todo (Becht, 1974; citado por Hart (1985)). Los componentes del TUT son las LCH y los LUR derivados de ellas; interactuando a través de procedimientos de decisión para establecer su aptitud. Los insumos, labor, servicios, etc son las **entradas** y los productos derivados del TUT las **salidas**, los **límites** es el área a evaluar. El ALES es un marco vacío estructurado para funcionar como sistema en su modo de construcción de modelos, favorece la construcción de modelos la claridad sobre la teoría general de sistemas, y en estos casos específicos de ecosistemas y agroecosistemas.

El término "modelo" en ALES se refiere a una serie de "procedimientos de decisión", no es un modelo de simulación. El manual del programa ALES tiene una excelente guía y ejercicios tutoriales para la construcción de modelos de evaluación, sin embargo es posible ceñirse a ciertos pasos para construir los modelos:

- Los TUT seleccionados deben ser pocos pero representativos.
- Los TUT deben expresarse en términos de sus LUR más importantes.
- Determinar las LCH disponibles para formar la base de la evaluación.
- Construir árboles de decisión (DT) para relacionar las LCH y los LUR.
- Obtener información reciente de parámetros económicos como tasas de interés, precios, tasa de inflación, etc.
- Escoger unidades de mapeo representativas y bien entendidas.

Las observaciones anteriores son más al método; sobre el fondo es de vital importancia el nivel de detalle o precisión de la evaluación. No es igual una evaluación para planificación regional a una de un asentamiento campesino; en el primer caso los modelos deben acentuar las condiciones físicas de contraste y en el segundo los parámetros económicos y socioeconómicos inherentes a los sistemas de finca.

Los modelos de evaluación tienen sus respectivas especificaciones, se encuentran en el anexo, allí se detallan sus requerimientos, entradas, salidas y parámetros.



### 5.5.1- El sistema experto y procedimientos de decisión en ALES.

El ALES es un marco vacío para estructurar una base de datos con las LCH de las unidades de tierra y una base de conocimientos a través de los procesos de decisión mediante un sistema de expertos. El marco es muy dúctil y permite al evaluador desarrollar los modelos de acuerdo al tipo de evaluación, utilizando su propio conocimiento y criterio, y lo más importante capturando el conocimiento de expertos e incorporarlo al modelo. Un campo relativamente nuevo, esto es conocido como ingeniería del conocimiento (Nebendahal, 1988). El conocimiento o "expertise" para estos sistemas proviene de muy diversas fuentes, tan importante es el criterio del agricultor como el del técnico, esto permite triangular información y fortalecer los mecanismos de inferencia y decisión. Una observación al método, es la ausencia escrita de la mayoría de estos criterios. El sesgo de considerar válido o científico solo lo sustentado en artículos, libros o experimentos, soslaya la experiencia y conocimiento popular y tradicional como fuente de total confiabilidad para este tipo de trabajos.

El corazón del ALES son los procedimientos de decisión, mediante los cuales se determina la aptitud física y económica dentro del marco de la FAO. Los procedimientos tratarán de emular el pensamiento del experto en los aspectos de su competencia, por eso es un sistema de inteligencia artificial. Estos se describen a continuación.

#### 5.5.1.1- Los árboles de Decisión (DT).

Son llaves multivías estructurados en orden jerárquico; como un árbol biológico cada tronco es una característica y las ramas (5 en la presente evaluación) la combinación de niveles de severidad. Esta es la primera aplicación para definir los LUR, sin embargo en el procedimiento de aptitud final, tanto físico como económico, se considera solo los LUR de tal decisión, estructura en un árbol de decisión de aptitud física y otro de rendimiento proporcional. Otra de las aplicaciones más importantes de los árboles de decisión es la inferencia de características no medidas *in situ* sino derivadas de otras conocidas, como se mencionó en los casos de temperatura y precipitación para caña.

#### 5.5.1.2- 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 fundamental, 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.

#### 5.5.1.3- Factores de rendimiento proporcional.

En algunos cultivos es posible documentar con mucha precisión cual o cuales 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 pues es poco probable que eso ocurra.

### 5.5.2- Evaluación física y la evaluación económica.

La evaluación física de varios TUT no tiene bases comunes. Un TUT puede ser muy apto físicamente y otro serlo marginal, y perfectamente encontrar los agricultores prefiriendo el segundo. El criterio de aptitud física demuestra no ser único, y confirma la debilidad atribuida a sistemas de evaluación basados solamente en la capacidad de uso. Los agricultores tratan de optimizar el uso de la tierra con otros criterios, además del físico, donde la economía, la sociedad y la cultura juegan un papel preponderante.

La evaluación física se establece sobre un árbol de decisiones de aptitud física y/o los factores limitantes. La evaluación económica sigue el patrón de muchos procesos de toma de decisiones; el dinero, o algo de valor convertible como tal es el común denominador. Efectuada la evaluación física, la evaluación económica se basa en los rendimientos óptimos de producto o salida por TUT, a partir de allí son restringidos a través del árbol de decisión de rendimiento proporcional y/o a través de los factores de rendimiento proporcional. La correcta contabilidad de entradas al TUT, facilita una base común económica para la evaluación, aunque debe reconocerse la dificultad de incorporar algunos aspectos de sostenibilidad y ambiente en la evaluación económica, la información sobre valores de mercado es escasa. En la presente evaluación se incorporaron solamente en la evaluación física.

El ALES evalúa a través de restricciones, y en ese sentido funciona como un optimizador, considerando todas las tendencias y no solo la linealidad de otros métodos.

## 5.6- El interface ALIDRIS.

ALIDRIS es un set de subrutinas escritas en lenguaje de programación MUMPS para implementar un interface del ALES al IDRISI. Esta es una de las tantas formas del ALES para intercambiar información con otros sistemas computarizados.

La idea básica del ALIDRIS es usar la base de datos o los resultados de una evaluación del ALES para reclasificar una imagen raster existente en IDRISI representando las unidades de tierra o mapeo del ALES. Con el mapa base de las unidades de tierra, ALIDRIS puede hacer mapas simples de cualquier LCH y los resultados de evaluaciones finales tanto física como económica. Todos los procesos anteriores se hacen en forma automática, siguiendo las preguntas desplegadas en ALDIRIS, como el directorio del ambiente IDRISI, la imagen raster base y el nombre de la nueva imagen. IDRISI puede usarse para desplegar los mapas derivados, o aplicar cualquier otra operación de SIG sobre ellos (distancias, áreas, operadores de adyacencia, tabulación cruzada, etc).

La imagen raster para usar el ALIDRIS debe ser en formato ASCII, números enteros, con los códigos enteros representando las unidades de tierra del ALES. Esta imagen debe ser un archivo de documentación con una leyenda dando la correspondencia entre los códigos enteros de IDRISI con los identificadores de las unidades de tierra del ALES. Antes de usar ALIDRIS debe prepararse la imagen raster fuente. Esto puede hacerse mediante el comando "document", o un "convert" de una imagen base. El IDRISI posibilita modelación adicional y actúa como modo gráfico del ALES.

### 5.7- La base de datos relacional.

La información para el presente trabajo es de varias fuentes, la base de datos "Sistema de Información de Recursos Naturales de Costa Rica (RNCR), GCP/COS/009/ITA, versión 1988,1989" es la más importante, dispone de información sobre recursos naturales y además tiene información demográfica, político geográfica, metereológica, etc. Es una base en formato dbase de gran tamaño y muy bien estructurada, ocupa 20 MB de disco duro.

Para facilitar el manejo de la información del presente trabajo se utilizó el programa PARADOX (©Borland, 1992), un manejador de bases de datos relacional, donde la información es organizada en tablas de diferente contenido con la ventaja de tener definida una relación o "enlace" entre varias tablas, esto permite extraer o combinar información entre ellas.

Con Paradox se estructuró cinco bases de datos solo para la presente evaluación. La primera se denomina "INFO-GENERAL" y contiene la información geogáfica y política de cada unidad de tierra. El enlace es campo "ID ALES", y los demás campos son: ID IDRISI, Nombre, Area (Km<sup>2</sup>), distrito político (Código base RNCR), estación metereológica (Código base RNCR), grupo climático, perfil de suelo (Código base RNCR), pendiente (%) y coordenadas geográficas (latitud y longitud).

La segunda base, "INFO-CLIMA", tiene como enlace el campo "ID ALES", los otros son: altitud (m.s.n.m.), erosividad pluvial promedio (Mjoules/cm<sup>2</sup>), meses secos consecutivos, Temperatura Promedio anual (°C), Precipitación promedio anual (mm),

Precipitación por grupo climático (°C).

La tercera base, "INFO-SUELOS", tiene como enlace el perfil de suelo de la base "INFO-GENERAL", y los demás campos son: Gran grupo de suelo, Drenaje, Textura, Profundidad (mts), Pedregosidad (%), pH, Materia orgánica (%), Saturación de bases (%), Capacidad de intercambio de cationes CICE (meq/100ml), Potasio (meq/100ml), Magnesio (meq/100ml) y Fósforo (ppm).

La cuarta base "INFO-MANEJO/COMERCIO", tiene como enlace el campo "ID ALES", y en ella se encuentra la información socioeconómica, de manejo y comercio: Acceso, Presencia de agroindustrias, Presencia de centros de acopio o intermediarios, distancia plantación-centros acopio, variedad caña de altura, variedad caña de bajura, Origen de semilla papa, tipo y peso (grs) de semilla de papa, presencia de lavaderos (papa) y carga animal (UA/Ha).

La quinta base "INFO-SOSTENIBILIDAD", tiene como enlace el campo "ID ALES", los otros: Intensidad en el uso de contaminantes, Tipo de contaminantes, Uso actual predominante, y Número de aplicaciones de biocidas por ciclo vegetativo.

Las bases de datos en PARADOX no sustituyen las del ALES, es una manera de facilitar y organizar la información para la evaluación y para el mismo ALES en forma más rápida. Los datos de cada una de ellas se encuentran en el anexo.

## VI- RESULTADOS.

### 6.1- Unidades de mapeo.

Toda el área de la cuenca alta fue dividida en 22 unidades de tierra, la unidad 23 corresponde al embalse de Cachí. Se siguió el proceso metodológico en IDRISI, como se muestra en la figura 3 del anexo.

Las unidades al noroeste de la cuenca son las de mayor intervención y quizás como una consecuencia de lo mismo, con mayor información disponible sobre recursos, suelo, etc. Las redes de infraestructura de mejor calidad se encuentran allí, sin embargo las vías de comunicación adyacentes a la ribera derecha del Río Reventazón son transitables todo el año. La unidad Villa Mills (595 Km<sup>2</sup>) ocupa aproximadamente el 40% del área total y comprende casi toda la Reserva Forestal Río Macho; con la peculiaridad de ser de las más escuetas en información de suelos. A excepción de la unidad Jiménez (solamente 6.7 Km<sup>2</sup>), la mayoría oscila entre los 20 y los 60 Km<sup>2</sup>, con la salvedad de Villa Mills y La Cangreja (146Km<sup>2</sup>).

Las mayores concentraciones de población corresponden a las unidades Cartago, Paraiso y Turrialba, y la unidad Turrialba oeste define el pie de monte de la cuenca del margen izquierdo y es sitio de pequeños pueblos y el antiguo trazado del ferrocarril.

La unidad de mayor altura es Volcan Irazú (3400 m.s.n.m) y la de menor La Suiza-Tuis (600 m.s.n.n). En los anexos se encuentra la información de todas las características por unidad de tierra, una base de datos de información general y en el cuadro 11 la relativa a áreas y nombres.

Cuadro 11. Nombre y Area (Km<sup>2</sup>) de las unidades de tierra.

CODIGO ALES	CODIGO IDRISI	NOMBRE.	AREA.	%
Crev13	1	Coliblanco	55.9153557	3.77
Crev5	2	Sta.Cruz-Capellades	61.4996223	4.15
Crev17	3	Turrialba Oeste	57.2469482	3.86
Crev2	4	Turrialba	36.3981285	2.45
Crev1	5	La Suiza-Tuis	36.0585060	2.43
Crev6	6	Jiménez	6.7147808	0.45
Crev8	7	Pacayas	30.1046524	2.03
Crev9	8	Cipreses	40.7222176	2.75
Crev12	9	Volcán Irazú	14.4968052	0.98
Crev11	10	Cot	39.5200615	2.66
Crev16	11	Quebradilla	35.8889198	2.42
Crev14	12	Cartago	48.6883736	3.28
Crev15	13	Paraíso	35.1714935	2.37
Crev7	14	Cervantes	18.0169086	1.21
Crev3	15	Pejiballe	82.6832123	5.58
Crev4	16	Tucurrique	5.5597954	0.37
Crev23	17	<i>Embalse CACHI</i>	1.2288435	0.08
Crev22	18	Villa Mills	594.9941406	40.16
Crev19	19	Tapantí	22.6601467	1.53
Crev18	20	Cachí-Orosi.	38.6213760	2.60
Crev20	21	Tres de Junio	54.3357887	3.66
Crev21	22	La Cangreja	146.1115875	9.86
Crev10	23	Tierra Blanca	18.9743671	1.28
<b>TOTAL</b>			<b>1481.612032</b>	<b>100.00</b>



## 6.2- Resultados de las evaluaciones.

Las evaluaciones de aptitud física no tienen la misma base, se reconoce como principio de evaluación o clasificación de tierras las diferentes clases de uso con exigencias diversas, de ahí la importancia de lograr integrar el conocimiento disponible para definir las clases de aptitud física.

La evaluación económica diferencia entre cultivos o usos anuales y los de mediano o largo plazo sin embargo todos tiene una base común. el dinero. En los casos de horizontes de planeamiento de mediano y largo plazo (6 a 20 años), tal es el caso de café, caña y pasto se utilizó precios constantes de insumos, mano de obra y productos, por esta razón se utilizó una tasa real de descuento deflactada, obtenida de deducir de la tasa de interés promedio anual de los bonos de estabilización monetaria a largo plazo (24 meses) la inflación anual correspondiente, en un periodo de 9 años, procedimiento que dedujo una tasa real del 6%, según el trabajo de Londoño (1993). Los datos provienen del Banco Central de Costa Rica y la Dirección de Estadística y Censos.

La papa y el bosque se analizan en forma anual, si evidentemente el bosque es el mayor longevidad potencial se hace esta particular consideración en función de la salida de agua potable utilizada como elemento de referencia. En el caso de ciclos u horizontes menores o iguales a un año prevalece el criterio del Margen Bruto (Ingresos totales menos Costos totales), en los demás se utiliza el criterio del Valor Presente Neto. Las clases de aptitud económica se establecen con los criterios de los expertos,

considerando como valor de oportunidad una utilidad entre los ¢50000 y ¢100000.00 por hectarea, indistintamente del uso aplicado, correspondiente a un ingreso moderado para un núcleo familiar de cuatro personas, bajo la situación económica actual de Costa Rica.

La relativa arbitrariedad de establecer clases de aptitud económica está solventada por los indicadores financieros como el Margen Bruto, Valor Presente Neto, Relación Beneficio/Costo y la Tasa Interna de Retorno. Al igual que la aptitud física, la clasificación en clases de aptitud económica facilita la toma de decisiones, especialmente si el usuario potencial tiene poco manejo o concepto de los indicadores.

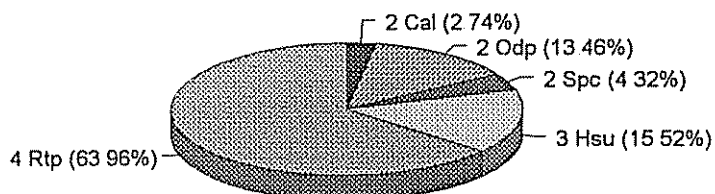
Se presentan los cuadros 12, 13, 14, 15, 16 y 17 de resultados de la evaluación de cada TUT. La primera columna corresponde a las unidades de tierra, la segunda a la subclases de aptitud física (el número indica la clase y las iniciales del LUR la subclase que actúa como calificador o calificadores, si es más de una). La aparición de varias subclases calificando una unidad no es sinónimo de igual proporción, en algunos casos puede serlo pero en otros la relación es diferente, esto se explica con detalle al analizar cada cuadro. Las columnas siguientes corresponden a la producción predicha de las salidas o productos más relevantes; por último los indicadores económicos y las clases de aptitud económica. Las clases de aptitud económica se distinguen de las físicas por la preposición A antes de la calificación respectiva. Coinciden con las mismas letras en las clases de no aptitud.

Cuadro 12. Resultado de la evaluación del TUT "Cmst", Café monocultivo con sombra tecnificado, modelo de emergencia.

UNIDAD TIERRA	SUB CLASE A.F.	CAFE GRANO Kg/Ha	LEÑA CAFE Kg/Ha	V.A.N. ¢/Ha	CLASE A.E.	RELAC B/C.	% TIR
Tapantí	2 Cal	1708.5	944	-545373	N1	0.85	-4.74
Cervantes	2 Cal	1507.5	833	-926326	N1	0.75	0
La Suiza Tuis	2 Odp	1809	999	-354896	N1	0.9	-0.64
Cachí Orosi	2 Odp	1809	999	-354896	N1	0.9	-0.64
Turrialba	2 Odp	1708.5	944	-543373	N1		-4.74
Pejiballe	2 Odp	1708.5	944	-543373	N1	0.85	-4.74
Tucurrique	2 Odp	1809	999	-354896	N1	0.9	-0.64
Turrialba Oeste	2 Spc	1708.5	944	-545373	N1	0.85	-4.74
Jiménez	2 Spc	1708.5	944	-545373	N1	0.85	-4.74
Cartago	3 Hsu	1206	666	-1497755	N1	0.6	0
Paraiso	3 Hsu	1206	666	-1497755	N1	0.6	0
La Cangreja	3 Hsu	1206	666	-1497755	N1	0.6	0
Cipreses	4 Rtp	0	0	0	N2	ND	0
Tierra Blanca	4 Rtp	0	0	0	N2	ND	0
Cot	4 Rtp	0	0	0	N2	ND	0
V.Irazú	4 Rtp	0	0	0	N2	ND	0
Coliblanco	4 Rtp	0	0	0	N2	ND	0
Quebradilla	4 Rtp	0	0	0	N2	ND	0
Tres Junio	4 Rtp	0	0	0	N2	ND	0
Villa Mills	4 Rtp	0	0	0	N2	ND	0
Santa Cruz-Capellades	4 Rtp	0	0	0	N2	ND	0
Pacayas	4 Rtp	0	0	0	N2	ND	0

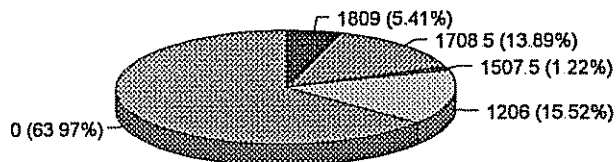
# Aptitud Física y Rendimiento, TUT "Cmst".

Sub-Clase	Area Km2	Area Has	%
2 Cal	40.6	4060	2.74
2 Odp	199.3	19930	13.46
2 Spc	63.9	6390	4.32
3 Hsu	229.8	22980	15.52
4 Rtp	946.8	94680	63.96
<b>Total</b>	<b>1480.4</b>	<b>148040</b>	<b>100</b>



**Figura 2. Subclases aptitud física.**  
Café "Cmst", Cuenca R. Reventazón.

Rend. Kg/Ha	Area Km2	Area Has	%
1809	80.1	8010	5.41
1708.5	205.6	20560	13.89
1507.5	18	1800	1.22
1206	229.8	22980	15.52
0	947.1	94710	63.97
<b>Total</b>	<b>1480.6</b>	<b>148060</b>	<b>100</b>



**Figura 3. Rendimiento grano seco/Ha.**  
Café "Cmst", Cuenca R. Reventazón.

Un 36% de las tierras de la cuenca (53360 Has) tiene algún grado de aptitud física, sin embargo ninguna unidad calificó como apta. Se distinguen tres áreas de subclases moderadamente aptas: por Capacidad de laboreo (Cal) son 4060 Has, por Oxígeno disponible (Odp) 19930 has y 6390 Has por susceptibilidad para la comercialización (Spc); en total 30380 Has, 20.5% de la cuenca. Las unidades marginalmente aptas suman 22980 Has, todas correspondientes a la subclase Humedad del suelo (Hsu). El requisito de temperatura (Rtc) es el factor limitante asociado a la no aptitud o clase 4; casi dos tercios (64%) de la cuenca no es apta para el TUT Café monocultivo con sombra tecnificado.

Las unidades moderadamente aptas tienen un comportamiento productivo diferenciado (Café seco), en la subclase 2Cal la unidad Tapantí tiene una producción/Ha de 1708 Kg. mientras la unidad Cervantes 1507 Kg, la razón de esta diferencia estriba en la mayor pedregosidad de la unidad Cervantes y deficiencia de nutrientes, Tapantí no tiene problemas de pedregosidad y fertilidad media. En la subclase 2Odp la situación es similar, la producción de la unidad Cachí (1809 Kg) es la mejor de la cuenca, mientras la unidad Turrialba tiene 1708 Kg., esto se debe a la mayor capacidad de retención de nutrientes y menor susceptibilidad a plagas y enfermedades. Las unidades de la subclase 2 Spc tienen un comportamiento productivo homogéneo, todas producen 1708 Kg al igual que las marginalmente aptas con 1206 Kg. Esta comparación ilustra una realidad, puede haber el mismo tipo de aptitud para diferentes unidades y usos, pero rendimientos diferentes.

Cuadro 13. Resultado de la evaluación del TUT "Cmsm", Café monocultivo con sombra tecnificado, modelo ICAFE.

UNIDAD TIERRA	SUB CLASE A.F.	CAFE GRANO Kg/Ha	LEÑA CAFE Kg/Ha	V.A.N. ¢/Ha	CLASE A.E.	RELAC B/C.	% TIR
Tapantí	2 Cal	1708.5	944	-1196586	N1	0.73	0
Cervantes	2 Cal	1507.5	833	-1577539	N1	0.64	0
La Suiza Tuis	2 Odp	1809	999	-1006109	N1	0.77	0
Cachí Orosi	2 Odp	1809	999	-1006109	N1	0.77	0
Turrialba	2 Odp	1708.5	944	-1196586	N1	0.73	0
Pejiballe	2 Odp	1708.5	944	-1196586	N1	0.73	0
Tucurrique	2 Odp	1809	999	-1006109	N1	0.77	0
Turrialba Oeste	2 Spc	1708.5	944	-1196586	N1	0.73	0
Jiménez	2 Spc	1708.5	944	-1196586	N1	0.73	0
Cartago	3 Hsu	1206	666	-2148968	N1	0.51	0
Paraiso	3 Hsu	1206	666	-2148968	N1	0.51	0
La Cangreja	3 Hsu	1206	666	-2148968	N1	0.51	0
Cipreses	4 Rtp	0	0	0	N2	ND	0
Tierra Blanca	4 Rtp	0	0	0	N2	ND	0
Cot	4 Rtp	0	0	0	N2	ND	0
V.Irazú	4 Rtp	0	0	0	N2	ND	0
Coliblanco	4 Rtp	0	0	0	N2	ND	0
Quebradilla	4 Rtp	0	0	0	N2	ND	0
Tres Junio	4 Rtp	0	0	0	N2	ND	0
Villa Mills	4 Rtp	0	0	0	N2	ND	0
Santa Cruz-Capellades	4 Rtp	0	0	0	N2	ND	0
Pacayas	4 Rtp	0	0	0	N2	ND	0

La aptitud física y comportamiento productivo de las unidades de tierra con este modelo son iguales a las de café "Cmst", sin embargo conviene contrastar las diferencias económicas. La mejor relación Beneficio/Costo del modelo "Cmsm" es de 0.73 y la peor 0.51, todas dentro de la categoría de clases económicas N1 (no aptas actualmente), mientras en el modelo "Cmst", el rango está entre 0.9 y 0.85, también en la categoría económica N1, con mejores posibilidades de mejoramiento en una situación hipotética de aumento de precios. La tendencia general en la agricultura de racionalizar la aplicación de agroquímicos y enfatizar los aspectos de manejo como el uso de sombra de leguminosas y los abonos orgánicos, se muestra en el café entre un modelo intermedio "Cmst" y uno intensivo "Cmssm", con ventaja para el primero como sistema de perspectiva sostenible.

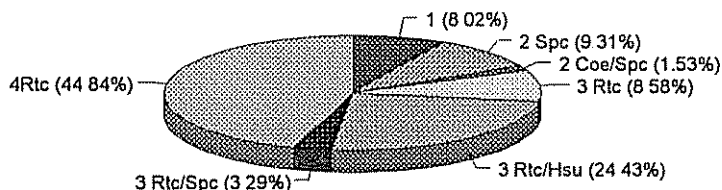
Cuadro 14. Resultado de la evaluación del TUT "Cabh", Caña de azúcar (Zona baja húmeda).

UNIDAD TIERRA	SUB CLASE A.F.	AZUCAR BLANCA Kg/Ha	MELAZA Kg/Ha	V.A.N. ¢/Ha	CLASE A.E.	RELAC B/C.	% TIR
Tapantí	2Coe, Spc 3Hsu	2457	577	-776737	N1	0.31	0
Cervantes	3 Rtc	7392	2142	-21472	N1	0.98	4.55
La Suiza Tuis	1	8778	2394	172890	S1	1.15	17.44
Cachí Orosi	2 Spc	8778	2394	172890	S1	1.15	17.44
Turrialba	2 Spc	9240	2520	241707	S1	1.21	21.9
Pejiballe	1	8316	2268	104073	S1	1.09	12.93
Tucurrique	2 Spc	7854	2142	35257	S3	1.03	8.37
Turrialba Oeste	2 Spc	8316	2268	104073	S1	1.09	17.44
Jiménez	3 Rtc	7392	2142	-21472	N1	0.98	4.55
Cartago	3Rtc, Spc Hsu, Sca	7715	2167	20655	S3	1.01	7.39
Paraiso	3Rtc, Hsu	7068	1927	-81731	N1	0.92	0.44
La Cangreja	3Rtc, Hsu	7715	2167	20655	S3	1.01	7.39
Cipreses	3 Rtc	7392	2142	-21472	N1	0.98	4.55
Tierra Blanca	3Rtc, Hsu	7715	2167	20655	S3	1.01	7.39
Cot	3Rtc, Hsu	7253	2104	-42117	N1	0.96	3.15
V. Irazú	4 Rtc	0	0	0	N2	0	0
Coliblanco	3Rtc, Hsu	7715	2167	20655	S3	1.01	7.39
Quebradilla	3Rtc, Hsu	7068	1927	-81731	N1	0.92	0.44
Tres Junio	4 Rtc	0	0	0	N2	0	0
Villa Mills	4 Rtc	0	0	0	N2	0	0
Santa Cruz-Capellades	3 Rtc	7392	2142	-21472	N1	0.98	4.55
Pacayas	3Rtc, Hsu	7715	2167	20655	S3	1.01	7.39



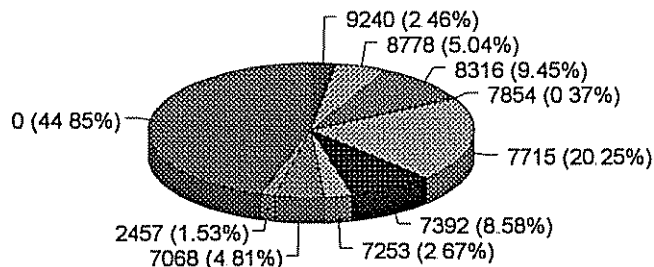
# Aptitud Física y Rendimiento, TUT "Cabh"..

Sub-clase	Area km2	Area Has	%
1	118.73	11873	8.024086
2 Spc	137.74	13774	9.308832
2 Coe/Spc	22.6	2260	1.527368
3 Rtc	126.9	12690	8.576237
3 Rtc/Hsu	361.5	36150	24.43112
3 Rtc/Spc	48.7	4870	3.291274
4Rtc	663.5	66350	44.84108
<b>Total</b>	<b>1479.67</b>	<b>147967</b>	<b>100</b>



**Figura 4. Subclases aptitud física.**  
Caña "Cabh", Cuenca R.Reventazón.

Rend.Kg/Ha	Area Has	%
9240	36.4	2.46
8778	74.6	5.04
8316	139.9	9.45
7854	5.5	0.37
7715	299.7	20.25
7392	127	8.58
7253	39.5	2.67
7068	71.2	4.81
2457	22.6	1.53
0	663.8	44.85
<b>Total</b>	<b>1480.2</b>	<b>100.00</b>



**Figura 5. Rendimiento Kg azúcar/Ha.**  
Caña "Cabh", Cuenca R.Reventazón.

La aptitud física de la caña de bajura húmeda tiene una distribución geográfica más extensa en la cuenca superior del Reventazón, las subclases de aptitud comprenden 55% del área total, mientras las áreas no aptas (Clase 4) el remanente 45%. Las unidades de aptitud plena (Clase 1) ocupan 11873 Has, las moderadas 16034 Has y las marginales 53710 Has.

Las unidades de total aptitud, La Suiza-Tuis y Pejiballe, no tiene como analogía el mejor rendimiento, como consecuencia del uso de variedades con baja concentración de sacarosa, así la primera tiene un rendimiento de 8778 Kg. de azúcar/Ha y la segunda 8316 Kg., 5 y 10% menos respectivamente del nivel de producción óptima de 9249 Kg. Esta situación muestra una probabilidad relativamente fácil de mejoramiento mediante el uso de materiales con mayor capacidad genética de concentrar sacarosa.

La aptitud física no siempre es sinónimo de máxima producción y el TUT "Cabh" es una buena muestra de ello, la unidad Turrialba tiene un rendimiento óptimo a pesar de una calificación de moderada (2 Spc), debido a problemas de comercialización detectados al momento de la evaluación, tales como agroindustrias con problemas financieros y operativos. La unidad Cachí tiene la misma subclase pero problemas de comercialización más severos, pues la agroindustria existente es artesanal y de capacidad reducida, la unidad Tucurrique tiene problemas adicionales de fertilidad del suelo y uso de variedades con concentración menor de sacarosa, como la Pindar y la B-50.

Las unidades marginales tienen como denominador problemas relativos al requerimiento de temperatura, sin embargo se dan hasta cuatro niveles de rendimiento de azúcar/Ha según la intervención de otros factores. La unidad Cartago presenta problemas de deficit hídrico aunque temperatura moderadamente apta (7715 Kg), Jiménez es una unidad más bien lluviosa y las cañas para tener mejor rendimiento tardan más del año para lograr mejores concentraciones de sacarosa. Cot (7253) es mucho más frío y con problemas de deficit hídrico, Quebradilla es más seca y con fertilidad natural baja para un rendimiento esperado de 7068 Kg. La marginalidad (3 Coe) de la unidad Tapantí se debe a la excesiva precipitación, con incidencia en la capacidad de laboreo y concentración de sacarosa con un rendimiento de solamente 2457 Kg.

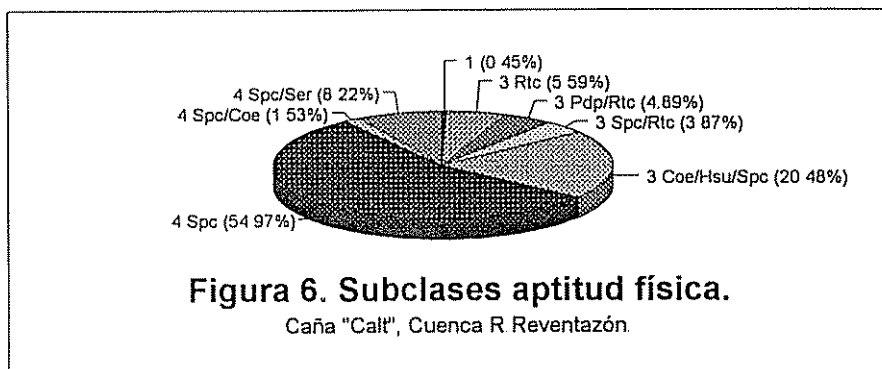
El comportamiento de la melaza es igual al de el azúcar, y es conveniente apuntar que al momento de la evaluación el precio del azúcar y la miel son suficientemente buenos para hacer económicamente aptas (S1) todas las unidades de aptitud física 1 y 2, inclusive económicamente marginalmente aptas (S3) algunas de las unidades físicamente marginales, al menos aquellas por encima de los 7253 Kg. Azúcar /Ha.

Cuadro 15. Resultado de la evaluación del TUT "Calt", Caña de azúcar (Zona alta húmeda).

UNIDAD TIERRA	SUB CLASE A.F.	AZUCAR BLANCA Kg/Ha	MELAZA Kg/Ha	V.A.N. ¢/Ha	CLASE A.E.	RELAC B/C.	% TIR
Tapantí	4Spc, Coe	0	0	0	N2	N.D.	0
Cervantes	4 Spc	0	0	0	N2	N.D.	0
La Suiza Tuis	3Pdp, Rtc	16848	4832	251659	S2	1.16	15.5
Cachí Orosi	4 Spc	0	0	0	N2	N.D.	0
Turrialba	3Pdp, Rtc	13875	3979	-67597	N1	0.95	3.3
Pejiballe	3 Rtc	13875	3979	-67597	N1	0.95	3.3
Tucurrique	4 Spc	0	0	0	N2	N.D.	0
Turrialba Oeste	3 Spc Rtc	16848	4832	251659	S2	1.16	15.5
Jiménez	1	19821	5685	570916	S1	1.36	26.5
Cartago	4Spc, Ser	0	0	0	N2	N.D.	0
Paraiso	3Coe, Hsu, Spc	12388	3553	-227225	N1	0.85	0
La Cangreja	3Coe, Hsu, Spc	12884	3695	-174016	N1	0.88	0
Cipreses	4 Spc	0	0		N2	N.D.	0
Tierra Blanca	4 Spc, Ser, Spc	0	0	0	N2	N.D.	0
Cot	4Spc, Ser	0	0	0	N2	N.D.	0
V. Irazú	4 Spc	0	0	0	N2	N.D.	0
Coliblanco	3Coe, Hsu, Spc	14370	4121	-14387	N1	0.99	0
Quebradilla	3Coe, Hsu Spc	13875	3979	-67597	N1	0.95	0
Tres Junio	4 Spc	0	0	0	N2	N.D.	0
Villa Mills	4 Spc	0	0	0	N2	N.D.	0
Santa Cruz-Capellades	4Spc	0	0	0	N2	N.D.	0
Pacayas	3Coe, Hsu, Spc	14370	4121	-14387	N1	0.99	0

# Aptitud Física y Rendimiento, TUT "Calt".

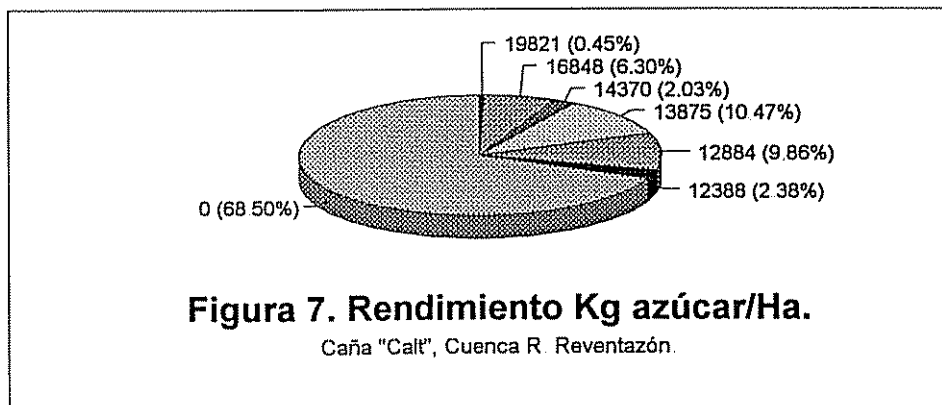
Sub-clase	Area Km2	Area Has	%
1	6.7	670	0.45
3 Rtc	82.7	8270	5.59
3 Pdp/Rtc	72.4	7240	4.89
3 Spc/Rtc	57.3	5730	3.87
3 Coe/Hsu/Spc	303.2	30320	20.48
4 Spc	813.6	81360	54.97
4 Spc/Goe	22.6	2260	1.53
4 Spc/Ser	121.7	12170	8.22
<b>Total</b>	<b>1480.2</b>	<b>148020</b>	<b>100.00</b>



**Figura 6. Subclases aptitud física.**

Caña "Calt", Cuenca R. Reventazón.

Rend. Kg/Ha	Area Km2	Area Has	%
19821	6.7	670	0.45
16848	93.2	9320	6.30
14370	30.1	3010	2.03
13875	155	15500	10.47
12884	146	14600	9.86
12388	35.2	3520	2.38
0	1014	101400	68.50
<b>Total</b>	<b>1480.2</b>	<b>148020</b>	<b>100</b>



**Figura 7. Rendimiento Kg azúcar/Ha.**

Caña "Calt", Cuenca R. Reventazón.

A diferencia de la caña de bajura, la caña "Calt" tiene una distribución muy restringida. La única unidad de aptitud total, Jiménez, es de solamente 670 Has (0.45% de la cuenca), las demás unidades son marginales, 51560 Has (34.82%) de las cuales 30320 Has tienen factores de marginalidad más severos que las 21000 Has restantes.

En el TUT "Calt" la unidad Jiménez tiene no solo aptitud física, sino también aptitud económica S1 (TIR 26.5%, relación beneficio/costo 1.36). Las unidades marginales se comportan de manera variable, Turrialba Oeste y La Suiza-Tuis tienen temperaturas moderadamente aptas y problemas de fertilidad (3 Pdp.Rtc), sin embargo les permiten niveles de producción bianuales de 16848 Kg/azúcar y una clase económica S2, con indicadores buenos como una TIR del 15% y la relación beneficio/costo de 1.16. Las otras unidades marginales tienen como común denominador un problema de temperatura más severo (3 Spc), pues todas son muy cálidas para las cañas o variedades de altura, Turrialba y Pejiballe tienen problemas adicionales de fertilidad natural y comercialización, mientras Coliblanco, Quebradilla, Paraíso y La Cangreja combinan factores de texturas pesadas y deficit hídrico.

Las unidades no aptas combinan factores limitantes como la temperatura, muy bajas como en el caso de Pacayas, Volcán Irazú, Villa Mills, y en general todo el flanco norte, pero la presencia de una sola agorindustria en la zona actualmente cultivada en la cuenca (Jiménez) incide como limitación severa reflejada en todas

las calificaciones de no aptitud (4 Spc). Otros factores como el riesgo de erosión (3 Ser) en unidades como Tierra Blanca, son producto de las prácticas predominantes de cultivos a suelo desnudo en pendientes moderadas y pronunciadas.

La comparación económica sobre una base anual permite comparar todos los TUT de la presente evaluación, sin embargo los indicadores económicos de la caña de altura son en alta medida el reflejo de una actividad bianual con economías importantes de mano de obra y transporte. el rendimiento de 19821 Kg/Ha de azúcar en la unidad Jiménez equivale a 9910 Kg./año, cifra no tan distante de una cosecha óptima en condiciones de bajura, sin embargo los indicadores económicos son elocuentes, el mejor de los casos (S1) en caña de bajura tiene indicadores (TIR 17%, R B/C 1.16) similares a los de la clase S2 en las cañas de altura (TIR 15.5% y R B/C 15.5), y muy distantes de los de la clase S1.

La bondad económica de este uso no debe perder de perspectiva su radio restringido, además de la concentración agraria que acompaña este uso en la presente evaluación.

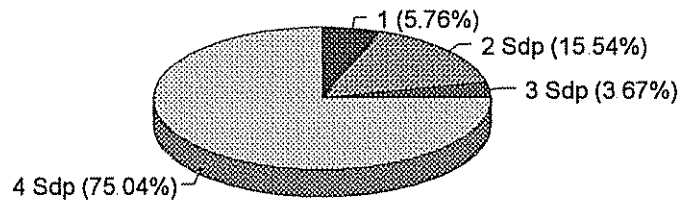
Cuadro 16. Resultado de la evaluación del TUT "Pky", Pasto kikuyo

UNIDAD TIERRA	SUB CLASE A.F.	LECHE FLUIDA kg/Ha	TERNE RAS Un/HA	VACAS DESECHO UA/Ha	VAN ¢/Ha	CLASE A.E.	RELAC B/C.	% TIR
Tapantí	4 Sdp	0	0	0	0	N2	ND	0
Cervantes	2 Sdp	11497	2.37	0.6	180291	S1	1.07	13.6
La Suiza Tuis	4 Sdp	0	0	0	0	N2	ND	0
Cachí Orosi	4 Sdp	0	0	0	0	N2	ND	0
Turrialba	4 Sdp	0	0	0	0	N2	ND	0
Pejiballe	4 Sdp	0	0	0	0	N2	ND	0
Tucurrique	4 Sdp	0	0	0	0	N2	ND	0
Turrialba Oeste	4 Sdp	0	0	0	0	N2	ND	0
Jiménez	4 Sdp	0	0	0	0	N2	ND	0
Cartago	4 Sdp	0	0	0	0	N2	ND	0
Paraiso	4 Sdp	0	0	0	0	N2	ND	0
La Cangreja	4 Sdp	0	0	0	0	N2	ND	0
Cipreses	1	12775	2.5	0.6	461611	S1	1.18	25.4
Tierra Blanca	2 Sdp	11497	2.37	0.6	180291	S1	1.07	13.6
Cot	2 Sdp	12775	2.37	0.6	180291	S1	1.07	13.6
V.Irazú	1	11497	2.5	0.6	461611	S1	1.18	25.4
Coliblanco	2 Sdp	11497	2.37	0.6	180291	S1	1.07	13.6
Quebradilla	2 Sdp	11497	2.37	0.6	180291	S1	1.07	13.6
Tres Junio	3 Sdp	10220	2.25	0.6	-101028	N1	0.95	1.75
Villa Mills	4 Sdp	0	0	0	0	S1	0	0
Santa Cruz-Capellades	2 Sdp	11497	2.37	0.6	180291	S1	1.07	13.6
Pacayas	1	12775	2.5	0.6	461611	S1	1.18	25.4



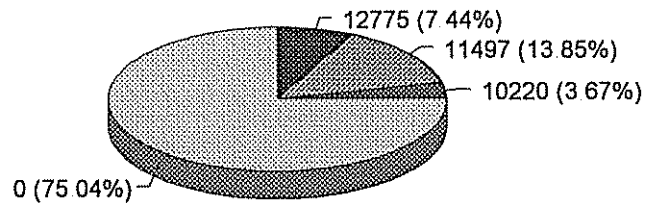
# Aptitud Física y Rendimiento, TUT "Pky".

Sub-clase	Area Km2	Area Has	%
1	85.2	8520	5.76
2 Sdp	230	23000	15.54
3 Sdp	54.3	5430	3.67
4 Sdp	1110.7	111070	75.04
<b>Total</b>	<b>1480.2</b>	<b>148020</b>	<b>100</b>



**Figura 8. Subclases aptitud física.**  
Pasto "Pky", Cuenca R. Reventazón.

Rend. Kg/Ha	Area Km2	Area Has	%
12775	110.2	11020	7.44
11497	205	20500	13.85
10220	54.3	5430	3.67
0	1110.7	111070	75.04
<b>Total</b>	<b>1480.2</b>	<b>148020</b>	<b>100</b>



**Figura 9. Rendimiento Kg leche/Ha.**  
Pasto "Pky", Cuenca R. Reventazón.

El pasto kikuyo tiene clases de aptitud en solamente el 25% de las tierras evaluadas, aproximadamente 37000 Has. Las unidades Cipreses, Volcán irazú, Pacayas tienen aptitud total, mientras las unidades Tierra Blanca, Cot, Coliblanco, Quebradilla y Cervantes (2 Sdp) tienen condiciones de temperatura similares a las de aptitud plena pero la precipitación es menor, en detrimento del desarrollo del pasto. La única unidad marginal, Tres de Junio (3 Sdp), cumple con el requerimiento de temperatura, pero la precipitación es excesiva, aspecto que también afecta el desarrollo de esta gramínea y la capacidad de carga animal.

Todas las unidades no aptas tienen como limitación común la baja temperatura y altitud, este pasto ha demostrado una gran selectividad en este aspecto.

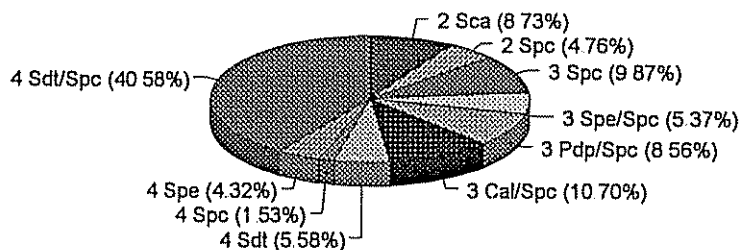
El área con aptitud económica S1 es de 11020 Has, con indicadores buenos como una TIR del 25% y una relación B/C de 1.18. Las unidades de clase económica S2 mantienen índices positivos, pero más conservadores, una TIR del 13% y la relación B/C de 1.07. Solamente la unidad Tres de Junio tiene indicadores económicos negativos, TIR 1.75% menor que la tasa de descuento real utilizada en la evaluación (6%) y una relación B/C menor a 1 (0.95), califican como no apta actualmente (N1).

Cuadro 17. Resultado de la evaluación del TUT "Ppi", Papa Irazú.

UNIDAD TIERRA	SUB CLASE A.F.	PAPA PRIMERA Kg/Ha	MARGEN BRUTO. ¢/Ha/Año	CLASE A.E.	RELAC. B/C.
Tapantí	4 Spc	0	0	N2	0
Cervantes	3 Spe, Spc	19200	255606	S1	1.13
La Suiza Tuis	3 Pdp, Spc	14400	63606	S3	0.85
Cachí Orosi	3 Cal, Spc	12000	-32393	N1	0.7
Turrialba	3 Pdp, Spc	14400	63606	S3	0.85
Pejiballe	4 Sdt	0	0	N2	0
Tucurrique	4 Sdt, Spc	0	0	N2	0
Turrialba Oeste	4 Spe	0	0	N2	0
Jiménez	4 Spe	0	0	N2	0
Cartago	3 Cal, Spc	15600	111606	S2	0.92
Paraiso	3 Pdp, Spc	14400	63606	S3	0.85
La Cangreja	3 Spc	20400	303606	S1	1.2
Cipreses	2 Sca	24000	447606	S1	1.41
Tierra Blanca	2 Sca	24000	447606	S1	1.41
Cot	2 Sca	24000	447606	S1	1.41
V. Irazú	2 Spc	24000	447606	S1	1.41
Coliblanco	2 Spc	24000	447606	S1	1.41
Quebradilla	3 Cal, Spc	14400	63606	S3	0.85
Tres Junio	3 Pdp, Spc	14400	63606	S3	0.85
Villa Mills	4 Sdt, Spc	0	0	N2	0
Santa Cruz-Capellades	3 Spe, Spc	19200	255606	S1	1.13
Pacayas	2 Sca	24000	447606	S1	1.41

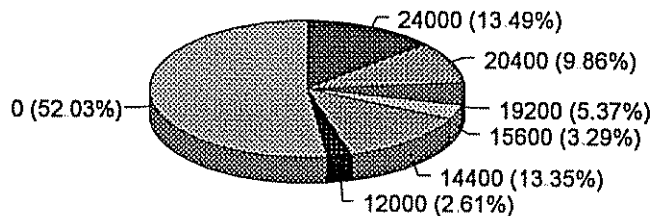
# Aptitud Física y Rendimiento, TUT "Ppi".

Sub-clase	Area Km2	Area Has	%
2 Sca	129.2	12920	8.73
2 Spc	70.5	7050	4.76
3 Spc	146	14600	9.87
3 Spe/Spc	79.5	7950	5.37
3 Pdp/Spc	126.7	12670	8.56
3 Cal/Spc	158.4	15840	10.70
4 Sdt	82.6	8260	5.58
4 Spc	22.6	2260	1.53
4 Spe	63.9	6390	4.32
4 Sdt/Spc	600.5	60050	40.58
<b>Total</b>	<b>1479.9</b>	<b>147990</b>	<b>100</b>



**Figura 10. Subclases aptitud física.**  
Papa "Ppi", Cuenca R.Reventazón.

Rend. Kg/Ha	Area Km2	Area Has	%
24000	199.7	19970	13.49
20400	146	14600	9.86
19200	79.5	7950	5.37
15600	48.7	4870	3.29
14400	197.6	19760	13.35
12000	38.6	3860	2.61
0	770.1	77010	52.03
<b>Total</b>	<b>1480.2</b>	<b>148020</b>	<b>100</b>



**Figura 11. Rendimiento papa Kg/Ha.**  
Papa "Ppi", Cuenca R.Reventazón.

Las tierras con algún grado de aptitud física para el TUT "Ppi" o papa Irazú comprenden aproximadamente 71000 Has (48%), casi la mitad de la cuenca superior del Reventazón. Ninguna unidad tiene aptitud física total, así las unidades moderadas se dividen en dos subclases, Tierra Blanca, Cot y Pacayas (2 Sca) presentan problemas de contaminación de aguas por la excesiva aplicación de plaguicidas (más de 12/ciclo vegetativo), mientras las unidades Volcán Irazú y Coliblanco (2 Spc) tienen problemas de comercialización por pocos intermediarios o lavanderos como se les conoce y la distancia a los centros de acopio (7-12 kms). Las unidades moderadas constituyen solamente el 13.5% de la cuenca superior y es donde se concentra la mayor actividad papera.

Las tierras marginales tienen varios problemas biofísicos, sin embargo la distancia a los centros de acopio y al acceso a los intermediarios que dominan el mercado son limitantes fuertes y comunes a todas las unidades marginales. Las temperaturas medias o un poco cálidas son problemáticas en la unidad La Cangreja (3 Spc), mientras en Cervantes hay mayor susceptibilidad a plagas y enfermedades (3 Spc/Spe), las unidades Paraiso (3 Pdp/Spc) y Quebradilla (3 Cal/Spc) tienen problemas de texturas pesadas, poco fósforo disponible y déficit hídrico, Cachí (3 Cal/Spc) es aún más cálido y con mayores problemas de textura y plagas. La unidad Cartago (3 Cal/Spc) tiene mayor cercanía a mercados, pero problemas de textura y sequía estacional.

Las unidades marginales presentan problemas biofísicos insalvables como temperaturas muy altas (mas de 22 °C promedio) y

precipitaciones superiores o alrededor de los 3000 mm.

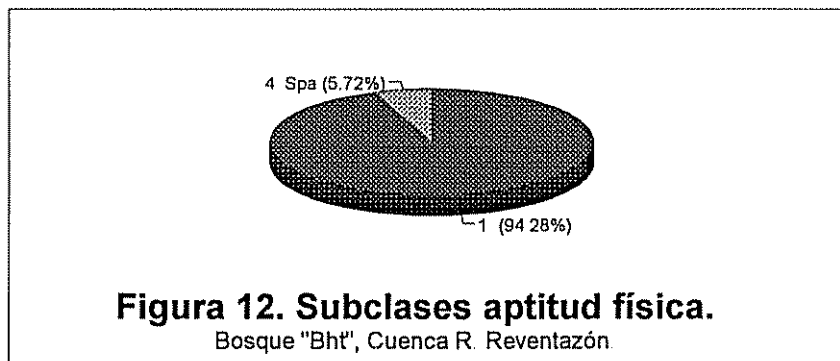
Al momento de la evaluación los precios de la papa se reflejaron en indicadores como el Margen Bruto con valores cercanos a los ¢450000/Ha en todas las unidades marginales, equivalentes a rendimientos óptimos y por ende clases S1. Esta situación temporal de precios hace posible que unidades de aptitud física marginal tengan aptitud económica S1 (La Cangreja) y S2 (Cartago) con un margen Bruto superior a los ¢100000/Ha. Las unidades de clase S3 tienen rendimientos de 14400 Kg/Ha en Quebradilla, Tres de Junio, Paraiso y La Suiza, aún con un Margen Bruto positivo (¢63000), mientras la unidad Cachí es la única unidad de aptitud física marginal de clase económica N1 (No apta actualmente).

Cuadro 18. Resultado de la evaluación del TUT "Bht", Bosque Húmedo Tropical.

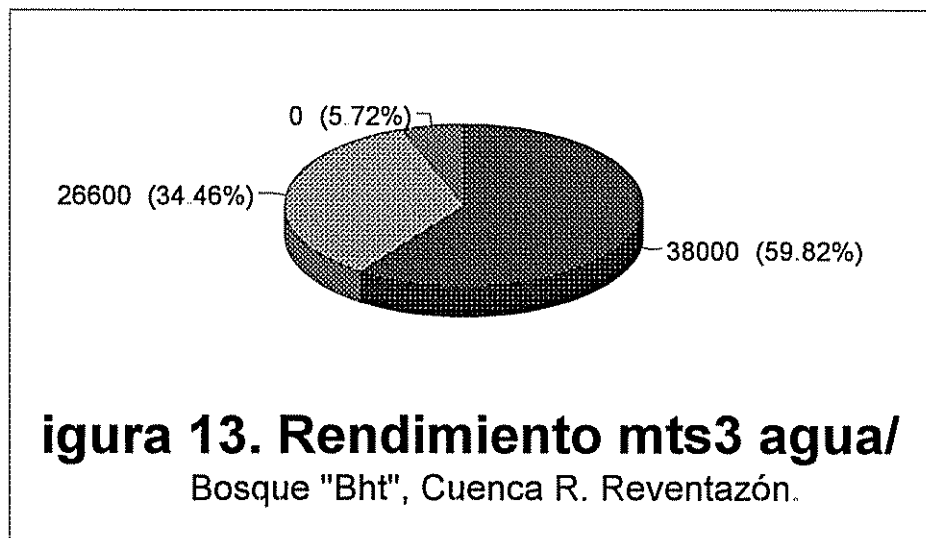
UNIDAD TIERRA	SUB CLASE A.F.	AGUA POTABLE Mts <sup>3</sup> /Ha	MARGEN BRUTO ¢/Ha/Año	CLASE A.E.
Tapantí	1	38000	1976000	S1
Cervantes	1	26600	1383200	S1
La Suiza Tuis	1	26600	1383200	S1
Cachí Orosi	1	26600	1383200	S1
Turrialba	1	26600	1383200	S1
Pejiballe	1	38000	1976000	S1
Tucurrique	1	38000	1976000	S1
Turrialba Oeste	1	26600	1383200	S1
Jiménez	1	26600	1383200	S1
Cartago	4 Spa	0	0	N2
Paraiso	1	26600	1383200	S1
La Cangreja	1	26600	1383200	S1
Cipreses	1	26600	1383200	S1
Tierra Blanca	1	26600	1383200	S1
Cot	1	26600	1383200	S1
V.Irazú	1	38000	1976000	S1
Coliblanco	1	38000	1976000	S1
Quebradilla	4 Spa	0	0	N2
Tres Junio	1	38000	1976000	S1
Villa Mills	1	38000	1976000	S1
Santa Cruz-Capellades	1	38000	1976000	S1
Pacayas	1	26600	1383200	S1

# Aptitud Física y Rendimiento, TUT "Bht".

Sub-clase	Area Km2	Area (Has)	%
1	1395.5	139550	94.28
4 Spa	84.7	8470	5.72
<b>Total</b>	<b>1480.2</b>	<b>148020</b>	<b>100.00</b>



Rend.mts3/Ha	Area Km2	Area (Has)	%
38000	885.5	88550	59.82
26600	510.1	51010	34.46
0	84.6	8460	5.72
<b>Total</b>	<b>1480.2</b>	<b>148020</b>	<b>100</b>





El TUT "Bht", bosque húmedo tropical es el de mayor aptitud física en la cuenca, 139550 Has (94% del total) tiene aptitud plena, y solamente las unidades Cartago y Quebradilla no son aptas (4 Spa) y son solamente 8470 Has. La no aptitud física de estas dos unidades es debido a que la evapotranspiración potencial según el grupo climático es superior a la precipitación promedio anual. Coinciden estas dos unidades de tierra con las áreas de concentración de poblaciones y menor actividad agrícolá y pecuaria.

La producción de agua en  $\text{mts}^3/\text{Ha}$  tiene dos valores según las unidades de tierra, en las que el diferencial entre la evaporación y precipitación (escorrentía potencial) fluctúa entre los 300 y 1000 mm la producción es de 26600  $\text{mts}^3$  tal es el caso de Cervantes, La Suiza-Tuis, Cachí-Orosi, Turrialba, Turrialba Oeste, Jiménez, Paraiso, cangreja, Cipreses, Tierra Blanca, Cot y Pacayas. Cuando la diferencia es superior a los 1000 mm, la producción es del orden de 38000  $\text{mts}^3$ , situación presente en Tapantí, Pejiballe, Tucurrique, Volcán Irazú, Coliblanco, Tres de Junio, Villa Mills Y Santa Cruz-Capellades. Los valores de esta producción son los mejores de la evaluación y fluctúan entre  $\text{¢}1300000$  y casi  $\text{¢}2000000$ , dependiendo el nivel de producción. Un dato ciertamente crudo, estos valores se refieren más a su carácter potencial que a una situación concreta de mercado.

### 6.3- Resultado de la evaluación entre TUTs y valor económico de la producción.

La aplicación del método de la FAO procura comparar diversos usos sobre bases similares, tanto la aptitud física como económica, y sobre este particular es especialmente útil la clasificación de clases de aptitud (A1=Apta, A2=Moderada, A3=Marginal) y de no aptitud (N1=Actual, N2=Permanente); gracias este sistema es mucho más fácil de visualizar el comportamiento biofísico y socioeconómico en forma global, aún para planificadores y usuarios con pocos conocimientos de economía o fisiología. El cuadro 19 muestra una guía general y consolidado de la presente evaluación.

Cada uno de los TUT evaluados tiene salidas contabilizadas y monetarizadas, e interesa comparar el valor de la producción de las salidas más importantes de cada TUT, para tal efecto se establece la siguiente relación para establecer el valor de la producción (V.P.en ¢) por cada unidad de tierra evaluada y cada TUT:

$$V.P.=[(\text{¢/Unidad medida}) (\text{Producción predicha}/(\text{UT/Año})) (\text{Has/UT})].$$

El cuadro 20 muestra el resultado de esta relación, y se asume toda la superficie de cada Unidad de Tierra con algún grado de aptitud, como potencial para la producción, aunque el tamaño de la escala (1:200,000) y por ende el de las unidades de tierra hacen poco probable su total aprovechamiento, recordando sin embargo el objetivo de identificar las mejores alternativas económicas en cada Unidad de Tierra.

# Cuadro 19. APTITUD FISICA (AF) Y ECONOMICA (AE) POR TIPO DE USO.

CLASES SEGUN METODO FAO,1976.

UNIDADES DE TIERRA	CAFE EMERG.		CAFE ICAFE		CAÑA BAJURA		CAÑA ALTURA		PAPA IRAZU		P.KIKUYO		BOSQUE HUMEDO	
	A.F.	A.E	A.F.	A.E.	A.F.	A.E.	A.F.	A.E.	A.F.	A.E.	A.F.	A.E	A.F.	A.E.
Collblanco	A1	N2	A4	N2	A3	S3	A3	N1	A2	S1	A2	S1	A1	S1
Sta.Cruz/Cap	A4	N1	A4	N1	A3	N1	A4	N2	A3	S1	A2	S1	A1	S1
Turrialba O.	A2	N1	A2	N1	A2	S1	A3	S2	A4	N2	A4	N2	A1	S1
Turrialba	A2	N1	A2	N1	A2	S1	A3	N1	A3	S3	A4	N2	A1	S1
La Suiza/T.	A2	N1	A2	N1	A1	S1	A3	S2	A3	S3	A4	N2	A1	S1
Jiménez	A2	N1	A2	N1	A3	N1	A1	S1	A4	N2	A4	N2	A1	S1
Pacayas	A4	N2	A4	N2	A3	S3	A3	N1	A2	S1	A1	S1	A1	S1
Cipreses	A4	N2	A4	N2	A3	N1	A4	N2	A2	S1	A1	S1	A1	S1
V.Irazú	A4	N2	A4	N2	A4	N2	A4	N2	A2	S1	A1	S1	A1	S1
Cot	A4	N2	A4	N2	A3	N1	A4	N2	A2	S1	A2	S1	A1	S1
Quebradilla	A4	N2	A4	N2	A3	N1	A3	N1	A3	S3	A2	S1	A4	N2
Cartago	A3	N1	A3	N1	A3	S3	A4	N2	A3	S2	A4	N2	A4	N2
Paraiso	A3	N1	A3	N1	A3	N1	A3	N1	A3	S3	A4	N2	A1	S1
Cervantes	A2	N1	A2	N1	A3	N1	A4	N2	A3	S1	A2	S1	A1	S1
Pejiballe	A2	N1	A2	N1	A1	S1	A3	N1	A4	N2	A4	N2	A1	S1
Tucurrique	A2	N1	A2	N1	A2	S3	A4	N2	A4	N2	A4	N2	A1	S1
Villa Mills	A4	N2	A4	N2	A4	N2	A4	N2	A4	N2	A4	N2	A1	S1
Tapanti	A2	N1	A2	N1	A2	N1	A4	N2	A4	N2	A4	N2	A1	S1
Cachi/Orosi	A2	N1	A2	N1	A2	S1	A4	N2	A3	N1	A4	N2	A1	S1
Tres Junio	A4	N2	A4	N2	A4	N2	A4	N2	A3	S3	A3	N1	A1	S1
Cangreja	A3	N1	A3	N1	A3	S3	A3	N1	A3	S1	A4	N2	A1	S1
Tierra Blin.	A4	N2	A4	N2	A3	S3	A4	N2	A2	S1	A2	S1	A1	S1

A1 apto, A2 mod. apto, A3 marg. apto, A4 No apto (A.F).

S1 apto, S2 Mod. apto, S3 Marg. apto (A. E).

N1 No apto actualmente, N2 No apto permanentemente (A.E)

## Cuadro 20. Valor de la producción (colones).

Nombre	Area (Has)	Cafe grano	Azucar blanca (Bj)	Azúcar blanca (Alt)
Coliblanco	5,591.5	0.0	1,257,493,015.3	1,171,106,586.5
Sta.Cruz-Capellades	6,150.0	0.0	1,325,182,320.0	0.0
Turrialba Oeste	5,720.0	1,745,194,479.6	1,386,593,208.0	1,198,012,530.0
Turrialba	3,640.0	1,110,578,305.2	980,419,440.0	762,371,610.0
La Suiza-Tuis	3,610.0	1,166,214,904.2	923,722,107.0	756,088,327.5
Jiménez	670.0	204,419,633.1	144,369,456.0	140,326,642.5
Pacayas	3,010.0	0.0	676,925,672.5	630,422,677.5
Cipreses	4,070.0	0.0	876,990,576.0	0.0
Volcán Irazú	1,450.0	0.0	0.0	0.0
Cot	3,950.0	0.0	835,128,552.5	0.0
Quebradilla	3,590.0	0.0	739,655,598.0	751,899,472.5
Cartago	4,870.0	1,048,839,627.6	1,095,225,257.5	0.0
Paraiso	3,520.0	758,093,529.6	725,233,344.0	737,238,480.0
Cervantes	1,800.0	484,576,830.0	387,858,240.0	0.0
Pejiballe	8,270.0	2,523,209,501.1	2,004,742,278.0	1,732,091,542.5
Tucurrique	560.0	180,908,683.2	128,208,696.0	0.0
Emb. Cachi	120.0	0.0	0.0	0.0
Villa Mills	59,500.0	0.0	0.0	0.0
Tapantí	2,270.0	692,585,921.1	162,580,918.5	0.0
Cachi-Orosi	3,860.0	1,246,977,709.2	987,691,782.0	0.0
Tres de Junio	5,430.0	0.0	0.0	0.0
La Cangreja	14,610.0	3,146,518,882.8	3,285,675,772.5	3,059,958,577.5
Tierra Blanca	190.0	0.0	42,729,527.5	0.0
	<b>148,100.0</b>	<b>14,308,118,006.7</b>	<b>17,966,425,761.3</b>	<b>10,939,516,446.5</b>

## Cuadro 20. Valor de la producción (colones).

Leche Fluida	Papa primera	Agua potable	TOTAL/U.TIERRA
2,828,578,915.7	5,367,874,147.2	11,048,874,286.3	21,673,926,951.0
3,111,088,200.0	4,723,200,000.0	12,152,400,000.0	21,311,870,520.0
0.0	0.0	7,911,904,000.0	12,241,704,217.6
0.0	2,096,640,000.0	5,034,848,000.0	9,984,857,356.2
0.0	0.0	4,993,352,000.0	7,839,377,338.7
0.0	0.0	926,744,000.0	1,415,859,731.6
0.0	2,889,600,000.0	4,163,432,000.0	8,360,380,350.0
2,287,747,000.0	3,907,200,000.0	5,629,624,000.0	12,701,561,576.0
733,508,600.0	1,392,000,000.0	2,865,200,000.0	4,990,708,600.0
2,220,295,000.0	3,792,000,000.0	5,463,640,000.0	12,311,063,552.5
1,816,066,120.0	2,067,840,000.0	0.0	5,375,461,190.5
0.0	3,038,880,000.0	0.0	5,182,944,885.1
0.0	2,027,520,000.0	4,868,864,000.0	9,116,949,353.6
910,562,400.0	1,382,400,000.0	2,489,760,000.0	5,655,167,470.0
0.0	0.0	16,341,520,000.0	22,601,563,321.6
0.0	0.0	1,106,560,000.0	1,415,677,379.2
0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	117,572,000,000.0	117,572,000,000.0
0.0	0.0	4,485,520,000.0	5,340,686,839.6
0.0	1,852,800,000.0	5,339,152,000.0	9,426,621,491.2
2,441,762,400.0	3,127,680,000.0	10,729,680,000.0	16,299,122,400.0
0.0	11,921,760,000.0	20,208,552,000.0	41,622,465,232.6
96,114,920.0	182,400,000.0	262,808,000.0	584,052,447.5
<b>16,445,723,555.7</b>	<b>49,769,794,147.2</b>	<b>243,594,434,286.3</b>	<b>353,024,012,203.7</b>

#### 6.4- Generación de mapas.

Uno de los aspectos sobresalientes de la interfase del ALES con IDRISI es la posibilidad de crear y desplegar imágenes en forma casi inmediata. Con el auxilio de programas de edición e impresión se obtienen mapas de gran calidad.

La interfase ALIDRIS permite crear imágenes de los resultados de la evaluación o de las características de las tierras. En el presente trabajo se evaluaron siete tipos de uso, y las salidas de la evaluación van desde las clases y subclases de aptitud física hasta las clases e indicadores económicos, esto significa la creación potencial de más de cincuenta imágenes, solo de la evaluación; a esto se debe agregar las treinta y nueve características de las tierras para una creación potencial de aproximadamente cien imágenes.

Por razones de espacio y costo se generaron solamente algunos mapas ilustrativos del procedimiento y potencial del interfase. La figura 4 de los anexos es la imagen base de las unidades de tierra sobre la que se reclasifican los resultados de la evaluación o una característica, la figura 5 es un mapa de aptitud física por subclases (TUT "Papa Irazú"), la figura 6 un mapa de producción (TUT "Bosque Húmedo") y la figura un mapa de una característica, en este caso el uso actual predominante en las unidades de tierra.

En todos los casos y con la intención de mejorar la interpretación o lectura de los mapas se sobrepuso una imagen raster delineando las unidades de tierra.

## VII- DISCUSION.

### 7.1- Aptitud física y económica por Tipo de Uso.

#### 7.1.1- Café Monocultivo con Sombra, Modelo de Emergencia.

Según la evaluación física, la aptitud del TUT café en la cuenca alta del Río Reventazón es moderada o marginal (36%), con unidades no aptas en forma predominante (64%). Este resultado coincide con la apreciación de expertos en señalar la zona central del país, correspondiente a otras cuencas, con mejor aptitud física, producción y calidad. La mayoría del café proveniente de esta cuenca es considerado suave, esto es, de menores condiciones organolépticas.

Las unidades moderadamente aptas se distribuyen en el pie de monte del Reventazón, y se dividen en tres tipos según el requerimiento calificador: las unidades de Tapantí y Cervantes presentan problemas de texturas pesadas y de abundante pedregosidad respectivamente, ambas características se reflejan en la capacidad de laboreo (Cal); problemas de aereación y oxígeno disponible debidos a texturas de suelo pesadas se manifiestan en las unidades La Suiza-Tuis, Cachí-Orosi, Turrialba, Pejiballe y Tucurrique; las unidades Turrialba Oeste y Jiménez son de alturas moderadas y de mejor calidad de grano sin embargo existen problemas con el número de agroindustrias y recibidores.

Las unidades Cartago, Paraiso y La Cangreja son marginalmente aptas debido a la humedad del suelo por deficiencia. Si bien es cierto el café es una planta con tolerancia moderada a periodos secos de hasta 5 meses, esta circunstancia se refleja en la

producción y vida útil de la plantación. En estas unidades de suelo, se presentan las menores precipitaciones de la cuenca y la evapotranspiración potencial es superior o igual a la precipitación. La gradual desaparición de plantaciones en estos sitios es reflejo de este problema, la eventual solución a esta limitante mediante riego no es económicamente viable en la actual coyuntura de precios.

Las zonas superiores a los 1500 m.s.n.m. coinciden con temperaturas bajas limitantes al cultivo. Esta situación es característica de las unidades Cipreses, Tierra Blanca, Cot, Volcán Irazú, Coliblanco, Quebradilla, Tres de Junio, Villa Mills, Santa Cruz-Capellades y Pacayas.

La condición de aptitud física se refleja en este caso en la condición de producción de grano. Las zonas productoras oscilan entre los 1708 y 1809 Kg/Ha/año, equivalentes a 37 y 39 fanegas/Hectarea, pero distantes de los 2010 Kg/ha de producción óptima. El problema de laboreo incide productivamente con mayor fuerza en la unidad Cervantes, la excesiva pedregosidad limita este uso, el promedio regional de 1380 Kg/Ha (30 Fan/ha) es cercano al predicho en esta unidad, pero superior al de unidades con problemas de déficit hídrico. Según el procedimiento del ALES, zonas no aptas no presentan valores de producción. La producción de leña no tiene mayores variaciones y su aporte es de importancia a la economía doméstica. Otros productos como agua residual, pergamino y pulpa, no tienen valores de mercado y por esa razón no se apuntan como salidas relevantes, el modelo las incorpora tanto en la producción



como en los indicadores económicos.

El análisis a la luz de los indicadores económicos muestra una actividad no rentable. La pregunta obligada es porqué o como persiste una actividad deficitaria, las posibles respuestas apuntan en dos direcciones:

a) En el caso de las plantaciones familiares, ante la carencia de otras fuentes de empleo, el valor de oportunidad es el uso de la mano de obra familiar, tanto en las labores culturales como la recolección. En conjunto ambas todavía presenta una mejor alternativa a la venta de mano de obra en labores de jornaleo; la otra verdad de las explotaciones familiares son sus bajos costos de administración y seguridad social;

b) Ante una serie de medidas políticas como la retención porcentual de exportaciones para elevar el precio internacional del grano, las fincas medianas y grandes apuestan al comportamiento cíclico de los precios, o los subsidios indirectos provenientes de la caña de azúcar (cuando en asocio), sin embargo en este segmento se presenta con mayor fuerza la tendencia al abandono o mantenimiento mínimo, con las consecuentes repercusiones sobre la producción. Otras medidas políticas como un subsidio temporal (Bono Cafetalero) no son suficientes al problema. Otra explicación a la prevalencia de grandes plantaciones es la reducción de costos por economías de escala debido a la extensión de las mismas. Por último, los aspectos culturales e históricos inherentes a la actividad cafetalera son de fuerte arraigo y la experiencia de situaciones similares se refeleja en una actitud de espera a tiempos mejores.

### 7.1.2- Café monocultivo con sombra, modelo ICAFE.

La aptitud física de este modelo es igual al modelo de emergencia pues su relación de requerimientos fisiológicos es la misma, y la intención de mostrarlo es fundamentalmente contrastar su comportamiento económico.

El modelo de costos del Instituto del Café de Costa Rica se ha utilizado tradicionalmente como fuente oficial para efectos de avios bancarios y política crediticia, sin embargo es discutible algunos de los conceptos incluidos, especialmente las depreciaciones de equipo y plantación. El otro uso particular de este modelo de costos ha sido con fines políticos, especialmente para presionar a los gobiernos de turno por grupos interesados en reducir algunos de los aranceles e impuestos que pesan sobre esta actividad.

Los resultados del cuadro 13 reflejan un comportamiento negativo, pues en el mejor de los casos la relación beneficio/costo es de 0.77 en contraste con el mejor índice del modelo de emergencia, 0.9. La tasa interna de retorno es cero y el valor actual neto es cero o negativo, en todas las unidades evaluadas, estas cifras confirman la difícil situación económica de este uso, especialmente si se incorporan costos no correspondientes a desembolsos en efectivo. Las clases de aptitud económica son similares al modelo de emergencia y se hace una buena diferencia entre las unidades con alguna aptitud y las de no aptitud permanente por aspectos agroecológicos, especialmente la limitación por temperatura.

### 7.1.3- Caña de azúcar, zona baja húmeda.

La aptitud del cultivo de la caña de corte anual tiene una distribución geográfica bastante amplia, 56% de la cuenca. Solamente la unidades Volcán Irazú, Tres de Junio y Villa Mills están limitadas por temperaturas muy bajas (<15°C). Las unidades Pejiballe y La Suiza-Tuis son las únicas de total aptitud física, las moderadamente aptas muestran algunos problemas de enraizamiento, comercialización o humedad, como el caso de Tapantí, Cachí-Orosi, Turrialba, Turrialba Oeste y Tucurrique. Las unidades marginales tienen dos factores de gran peso afectándolas, por un lado el requisito de temperatura y por otro los problemas de comercialización. Unidades de tierra donde existen extensiones considerables sembradas muestran al momento de la evaluación serios problemas de comercialización por distancia a los ingenios y la precaria situación económica y operacional de estas agroindustrias.

Los productos de valor comercial derivados de este uso son el azúcar y la melaza, con un comportamiento similar desde el punto de vista de rendimientos proporcionales, las mejores producciones de se encuentran en las unidades aptas y moderadas, situadas en su mayoría en tierras bajas al este y sureste de la cuenca, e incluye los valles de Turrialba, Cachí-Orosi y Pejiballe. La variedad es la característica de mayor influencia en la producción, *ceteris paribus*, esto explica los niveles de mayor producción en la unidad Turrialba, con variedades como la Q96 y ligeramente menores en unidades de mejor aptitud física pero con variedades de menor producción como la Pindar y la POJ.

El cultivo de la caña de azúcar en pequeñas propiedades ha estado históricamente ligado al cultivo del café, favoreciendo un balance económico entre ambos usos con un flujo de caja distribuido durante el año. En la discusión previa sobre el TUT "Café", se mencionó la probabilidad de un cultivo subsidiador. Aunque el presente trabajo no versa sobre esa hipótesis, los indicadores económicos del TUT "Caña Bajura", favorecen esa suposición. El VAN en la mayoría de unidades de tierra con extensiones considerables sembradas (Valle Turrialba, La Suiza, Pejiballe), oscila entre los \$35000 y los \$240000/Ha, esta circunstancia aunada a los criterios utilizados para establecer las clases de aptitud económica se reflejan en aptitudes bien diferenciadas; las unidades La Suiza-Tuis, Turrialba Oeste, Cachí-Orosi, Turrialba y Pejiballe con aptitud económica S1, y las unidades remanentes con problemas de altura, precipitación y comercio, en condiciones marginales o de no aptitud. La tasa interna de retorno muestra niveles satisfactorios en las unidades Turrialba, La Suiza-Tuis, Cachí-Orosi, Turrialba Oeste y Pejiballe con TIR entre 12.93 y 21.9%, se puede concluir que este TUT tiene un buen peso específico como inversión. Esta situación la corrobora la relación Beneficio/Costo, entre 1.09 y 1.21 en las clases de aptitud S1. En la unidad Tucurrique es importante mejorar la condición de la carretera y las variedades utilizadas con la intención de incrementar la producción y consecuentemente los índices económicos; su aptitud física moderada tiene potencial de producción para homologarse a algunas de sus unidades vecinas como Pejiballe y Turrialba Oeste.

#### 7.1.4- Caña de azúcar, Zona Alta Húmeda.

Este TUT se comporta en forma muy singular, la aptitud física plena solo se encuentra en la unidad Jiménez, de apenas 6.7 Km<sup>2</sup>, de condiciones agroecológicas especiales para las variedades de caña de origen hawaiano, sobre este particular algunos expertos en el cultivo como Chavez (1993) no reparan en señalar esta pequeña región como única en Costa Rica. Las unidades marginalmente aptas se dividen en tres grupos; el primer grupo lo conforman las unidades al norte y noroeste de Jiménez como Coliblanco, Paraiso, Quebradilla, La Cangreja y Pacayas con problemas de deficit hídrico (20.48% del área total), reflejada en una condición de enraizamiento y humedad del suelo deficiente. El segundo grupo, Turrialba y La Suiza (4.89%) presenta problemas de fósforo disponible y temperaturas altas, de hecho son más bien aptas para cañas de bajura. Un último grupo es el de las unidades de Pejiballe y Turrialba Oeste (9.46%), la primera con problemas por temperaturas muy cálidas y la segunda con problemas adicionales de comercialización. Las unidades remanentes no aptas (65%) presentan una gama de características de influencia, la unidad Tapantí es excesivamente lluviosa y esto se refleja en problemas de enraizamiento. La presencia de una sola agroindustria es un factor muy limitante para la mayoría de las unidades situadas en puntos extremos de la cuenca, pues en la unidad Jiménez está el único ingenio, geográficamente situado al centro de la cuenca. En las unidades de pendientes fuertes y uso actual predominante de cultivos anuales a suelo desnudo, como Tierra Blanca y Cot, la

erosión laminar también influye en la no aptitud.

Las variedades de caña de altura tienen un ciclo de corte entre los 18 y 24 meses, por esta razón los tonelajes por hectárea son superiores a las cañas de corte anual. En esta evaluación solamente Jiménez tiene la producción óptima de 19821.7 Kg/Ha y las unidades de Turrialba Oeste y La Suiza-Tuis tienen potencial para 16848 Kg/Ha en lugares frescos cercanos a los 1000 metros. La producción potencial de otras unidades de tierra es baja. La producción de melaza tiene un comportamiento idéntico.

Los indicadores económicos como el VAN, la TIR y la relación Beneficio/Costo son mejores al de las cañas de bajura, pero muy circunscritos a solamente tres unidades de tierra. Influye en estos índices la relación de producción y mano de obra, pues al contrario de la bajura esta se distribuye a lo largo de ciclos bianuales. Jiménez es entonces la única unidad de aptitud económica plena (S1), y moderadamente aptas (S2) Turrialba Oeste y La Suiza-Tuis, en sitios relativamente altos. Sin duda es una de las alternativas razonables a los sistemas agrícolas prevalecientes, sin embargo la unidad Jiménez constituye solamente el 0.45% de la cuenca alta, las partes altas de las unidades moderadas difícilmente constituyen otro 0.5%. El resto de las unidades no son aptas, sin embargo el grupo correspondiente a Coliblanco, Paraiso, Quebradilla, Turrialba, La Cangreja, Pejiballe y Pacayas son de no aptitud temporal, a la espera de mejorar aspectos de comercialización, prueba de variedades y selección de áreas potenciales.

#### 7.1.5- Pasto kikuyo.

En la cuenca alta del Reventazón un grupo de unidades de tierra correspondientes al flanco norte presentan las mejores condiciones de aptitud; Cipreses, Volcán Irazú y Pacayas; sin embargo el régimen de lluvias, en algunos casos ligeramente deficitarios o excesivos, influyen en la susceptibilidad del desarrollo del pasto y califica moderadas por deficit hídrico Tierra Blanca, Cot, Coliblanco y Quebradilla ; Cervantes y Santa Cruz-Capellades tienen más bien un ligero exceso. El régimen de precipitación excesivo de la unidad Tres de Junio redundó en su calificación de marginalidad. El resto de las unidades no aptas tienen en la mayoría de los casos como restricción al desarrollo del pasto temperaturas altas y precipitaciones elevadas, unidades como Cartago y Paraiso reflejan problemas de deficit hídrico, potencialmente soslayables mediante riego, pero de dudosa aplicación por aspectos económicos.

El problema más serio de la presente evaluación se enfrentó al estimar la producción potencial de leche solamente a base de pasto kikuyo, pues la información disponible proviene de sistemas con uso de concentrados y no fue posible documentar producción solo a base de pasto. En casos como el expuesto, el criterio de los expertos es una fuente de conocimiento para llenar el vacío de información, es una confiable, experimentada y se ajusta a un patrón geográfico muy definido. Los niveles de producción de leche entre los 11497 y 12775 litros/Ha es muy concordante con sistemas con sistemas de producción basados en forrajes fertilizados como el prototipo de

producción de leche impulsado por el CATIE (1986). La producción de terneras y vacas de desecho son normales para una parición del 80% y aproximadamente 18% de descarte anual.

El caso hipotético de la producción de leche a base de kikuyo está amparada a índices financieros muy aceptables, así en las unidades de tierra de aptitud económica S1, como Cipreses, Tierra Blanca, Cot, Volcán Irazú, Coliblanco, Quebradilla, Cervantes, Pacayas y Santa Cruz-Capellades, el VAN es igual o superior a los \$180291, tasas internas de retorno fluctuando entre 13 y 25%, y relación beneficio/costo entre 1.07 y 1.18. Estos indicadores confirman esta actividad de gran perspectiva y procede ahora los trabajos de investigación pertinentes para optimizar un uso productivo y sostenible. Contrario a los aspectos negativos gratuitamente achacados a la actividad ganadera en general por su supuesta capacidad degenerativa de suelos y agua, la producción de leche a base de pastos bien manejados no degrada el suelo, no contamina y previene la erosión, tal y como se desprende de la información secundaria recabada y del criterio de los expertos en la presente evaluación.



#### 7.1.6- Papa Irazú.

El cultivo de legumbres y verduras es tradicional en la sección oeste del flanco norte de la cuenca. Una amplia variedad de cultivos, la mayoría de ciclos cortos se cultivan allí, y el común denominador es el manejo, caracterizado por una masiva utilización de subsidios agrícolas, especialmente biocidas y fertilizantes.

La papa es moderadamente apta en las unidades Tierra Blanca, Cot, Pacayas y Cipreses por susceptibilidad a la contaminación de aguas. La fertilidad natural del suelo y su profundidad ha propiciado una cultura agrícola donde la conservación no es un imperativo, esto se refleja en la erosión laminar y por otro lado la deposición de biocidas en las aguas residuales. Si no se puede asegurar o medir el grado de contaminación producido a las aguas por partículas de tierra y biocidas, la intensidad y el número de aplicaciones por ciclo de cultivo muestran indicios suficientes de un proceso de degradación. Las unidades Volcán Irazú y Coliblanco son las de mayor altitud, esta condición favorece una menor patogenicidad y entonces la aplicación de biocidas es menor; su calificación de moderada se debe a problemas de comercialización (pocos canales e intermediarios). Las unidades marginales se caracterizan por tener como denominador problemas de comercialización, y en el caso de este TUT la presencia de intermediarios llamados "lavanderos", parece ser un mal necesario para garantizar la empresa. Además de la comercialización, las unidades Cartago, Quebradilla y Cachí-Orosí presentan problemas texturales, La Suiza-Tuis, Paraiso, Turrialba y Tres de Junio

suelos muy bajos en fósforo, y Santa Cruz-Capellades y Cervantes un regimen de lluvias propicio al desarrollo de plagas y enfermedades. El regimen de temperatura y las enfermedades son los factores determinantes de la no aptitud de Pejiballe, Villa Mills, Tucurrique, Tapantí, Turrialba Oeste y Jiménez.

Uno de los aspectos más dinámicos en este TUT es su estructura de precios, en este sentido el ALES es un herramienta ideal para deducir indicadores económicos solamente editando el precio o la tasa de descuento. Es necesario aclarar que en este caso si se utilizó la tasa de interés bancaria vigente al momento de la evaluación (32%) por ser un cultivo de ciclo corto. Los indicadores de rentabilidad dan una buena idea del porque el elevado uso de insumos, la producción es buena y el margen bruto es superior a los ¢250000 en las unidades con clase de aptitud económica S1 y S2. El indice Margen Bruto es la traducción del inglés "Gross Margin", sin embargo debe entenderse como Margen Neto, resultado de los ingresos brutos menos los gastos totales, un buen indicador en cultivos de ciclo corto, donde el efecto del tiempo y depreciaciones no es tan importante como en cultivos de mediano y largo plazo.

La relación beneficio/costo es la mayor de todos los agroecosistemas evaluados con niveles de hasta 1.41 en Tierra Blanca, Cot, Volcán Irazú, Coliblanco, Pacayas y Cipreses; menor en La Cangreja (1.2) y Santa Cruz-Capellades y Cervantes (1.13).

### 7.1.7- Bosque Húmedo Tropical.

La determinación de aptitud física para este TUT parte de un árbol de decisión definido por la precipitación promedio anual por grupo climático, la evapotranspiración potencial y la escorrentía por grupo climático, en el orden descrito. La mayoría de la cuenca es apta para el Bosque Húmedo excepto las unidades Cartago y Quebradilla, donde la ETP es superior a la precipitación, razón de su no aptitud. Referido al área total de la cuenca, las unidades de tierra no aptas son únicamente el 5.7%, si se elimina adicionalmente los ciudades y asentamientos, fácilmente se puede inferir que un 90% o más de la cuenca alta del Rio Reventazón es apta para este uso.

Es difícil contabilizar todos los beneficios de un bosque, y sobre todo monetarizarlos, en este caso solo se consideró la diferencia entre la precipitación y la ETP para obtener un volumen de agua resultante de la lámina escurrida por unidad de área, en este caso la hectarea. El efecto de la infiltración es considerado despreciable pues el flujo subterráneo y el interflujo derivan en algún punto de drenaje dentro de la misma cuenca. Se asume cierta la condición de humedad y cobertura permanente, para acercar el valor de la ET potencial al de la ET real. Este procedimiento puede ser criticado y hasta rebatido por su realtiva simpleza sin embargo es una fuente de conocimiento para deducir volúmenes de agua escurridos. En la evaluación del presente TUT se procuró establecer una relación de producción de agua, dado el usufructo de este recurso por compañías estatales para hidroelectricidad, agua

potable y empresas privadas dedicadas al turismo de aventuras corriendo ríos en balsas. El Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados estima el costo de producción de agua potable en  $\text{¢}52/\text{mt}^3$  (Gutiérrez, 1994; comunicación personal), esto es el costo de la derivación e infraestructura antes de la distribución a usuarios.

La producción de agua en este TUT es un dato bruto y pretende reflejar el potencial de las unidades de tierra en su condición natural, así se puede notar en todas las unidades de tierra, excepto Cartago y Quebradilla, volúmenes entre 26600 y 38000mts<sup>3</sup>/ha/Año. Al anualizar esta producción por margen bruto los ingresos superan cualquiera de los agroecosistemas café, caña, papa o pasto de la presente evaluación, el margen bruto va desde  $\text{¢}1383200$  hasta  $\text{¢}1976000$ . La objeción sobre un horizonte de planeamiento de solo un año, se reconsideró al hacer una copia del modelo pero con un horizonte de planeamiento de 20 años, periodo de vida mínimo promedio para obras de conducción de agua potable; en ese caso el margen bruto varia entre  $\text{¢}69000$  y casi  $\text{¢}100000/\text{Ha}$ , suma apreciable y difícilmente alcanzable por alguno de los agroecosistemas modelados en el mismo periodo de tiempo. La intención de este modelo es subrayar la importancia de los recursos naturales, especialmente cuando existe toda una corriente de estimular proyectos privados de generación hidroeléctrica, más tarde será agua potable, y evidentemente la sociedad y más concretamente los moradores de una gran cuenca productora no reciben ningún beneficio.

## 7.2- Aptitud física y económica de la cuenca.

El fin de una evaluación de tierras es orientar la toma de decisiones sobre el ordenamiento agrario y de los recursos naturales con el menor detrimento ambiental. En la presente evaluación se contrasta los agroecosistemas predominantes con un ecosistema, el bosque húmedo tropical, todos con entradas y salidas contabilizadas y monetarizadas, con la intención de utilizar el bosque como valor de oportunidad.

La incorporación a la evaluación de un uso natural con valores tangibles facilita la comprensión de los problemas inherentes al usufructo de los recursos naturales. Las compañías generadoras y distribuidoras de hidroelectricidad, agua potable, servicios y compañías turísticas no retribuyen, o lo hacen en forma muy baja, los beneficios generados por el uso gratuito del agua, sin embargo procuran que otras instituciones, los productores o la sociedad como tal, haga la conservación de suelos y aguas para no perjudicar o deteriorar sus actividades. En una cuenca tan intervenida es poco probable fomentar la producción y la conservación, si el morador de la cuenca no cuenta con servicios, infraestructura, créditos preferenciales u otros estímulos, los cuales deben provenir de los beneficios deparados por la utilización gratuita del agua. En la presente evaluación, la primera recomendación es conservar y recuperar bosques para aprovechamiento del agua, sea potable o para hidroelectricidad, sin embargo, la legislación vigente es el factor limitante para los moradores de la cuenca, pues impide la venta de productos de este tipo, o el establecimiento de algún tipo de tributo.

El impacto de los usos evaluados en la cuenca del Río Reventazón se puede dimensionar de varias formas. Desde el punto de vista físico el flanco norte presenta los signos más claros y preocupantes de deterioro, el cultivo de la papa propicia fuerte erosión laminar, sin embargo la erosión toma un plano secundario ante los problemas derivados del uso elevado de biocidas, especialmente insecticidas y herbicidas, con la consecuente contaminación de aguas y su efecto sobre la vida silvestre, humana y obras civiles de la cuenca. La aparición de plagas resistentes a plaguicidas es un signo inequívoco de un uso indiscriminado de insumos, situación con alguna tendencia a la mejoría pero todavía muy peligrosa. En estas circunstancias la calificación de áreas moderadamente aptas por contaminación no es casual. Es saludable reconocer este problema en su dimensión social, no es culpa exclusiva del agricultor sino también de los consumidores no informados y de prácticas agronómicas impulsadas por los mismos técnicos encargados de la investigación y la extensión.

A excepción de la papa y otros cultivos hortícolas, los demás usos evaluados tienden a un manejo más racional de plaguicidas, respuesta obligada ante la situación de precios (Café), o nuevos enfoques de investigación y manejo, mejorando la producción y decreciendo incidencia de plagas, mediante control biológico y mejoramiento genético, como pruebas varietales de caña y sistemas de manejo de pastos tendientes a un mejor reciclaje de nutrientes en las praderas y control biológico de plagas como la baba de culebra (*Prosapia sp*).

Otro aspecto relevante de la evaluación física es la influencia de los factores de comercialización, a pesar de la infraestructura existente (buenas carreteras, cercanía a centros de población), los canales y medios de comercialización son particularmente limitantes en algunos usos, como la caña y la papa, aún en áreas de características agroecológicas favorables, como Cachí-Orosí en el caso de la caña y algunas partes de Turrialba y Santa Cruz para la papa. Los problemas de comercialización son de dos tipos: a) por ausencia o lejanía de agroindustrias o centros de acopio como en el caso de café y caña y b) por estructuras monopólicas u oligopólicas de los canales formales e informales que limitan el desarrollo de nuevas zonas paperas y lecheras, la dependencia de intermediarios y lavaderos en el caso de la papa (un canal informal) y la producción de leche limitada por cuotas y la dificultad de agremiarse a la Cooperativa Dos Pinos, mayor procesador del país (alrededor de 75% de la producción nacional), un canal formal.

Algunos factores edáficos tienen una influencia considerable en la aptitud física, es relevante la textura y la fertilidad natural en usos como la papa, sin embargo en los demás usos la aplicación de fertilizantes y enmiendas tienden a solucionar problemas en ese sentido. Los aspectos de clima son limitantes, dada la diversidad de zonas de vida y de climas en la cuenca, es poco probable encontrar un uso adaptado a todas las condiciones de clima presentes, inclusive el bosque húmedo tiene diferentes características por pisos altitudinales.

En la evaluación económica, el TUT papa es el agroecosistema de mayor volumen económico con 49764 millones de colones, sin embargo es necesario aclarar que en todos los TUT se parte de dos supuestos: a) el volumen considera toda el área de la unidad, aspecto no necesariamente cierto si se considera la escala del trabajo (1:200000) y la realidad del campo; b) los usos no son excluyentes. Si la unidad de tierra fuese la única restricción entonces la optimización de la producción sería el reflejo de la mayor aptitud económica entre varios usos. El caso del café (14308 millones) ilustra el efecto de los precios bajos, a pesar de una distribución geográfica amplia, en condiciones normales este TUT es de mayor potencial económico; el azúcar de caña de bajura y altura demuestran ser las alternativas más importantes para las zonas bajas y medias, la producción de azúcar de altura es de 10939 millones anuales aunque de restringido ámbito geográfico, los 17966 millones de azúcar de bajura confirman la importancia de este rubro en la economía regional, especialmente en términos de los beneficios económicos para la pequeña y mediana propiedad.

La producción de leche (16445 millones) en un área relativamente pequeña, muy favorecida por la infraestructura, de gran tradición pecuaria y un alto nivel gremial, explica la estabilidad económica de la parte más alta de la cuenca.

Los 243594 millones de colones de volumen económico como agua potable es una suma elevada y equivale casi a un 70% del valor total de la producción de la cuenca, sin embargo el modelo asume una cobertura de bosque húmedo natural en todas las unidades de



tierra con aptitud para ello (94% de la cuenca) y una calidad de agua potable con los precios de derivación reportados por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (1993). En la realidad no toda agua puede venderse y no toda cumple la condición de potabilidad, por el contrario muchos afluentes del Reventazón están severamente contaminados, sin embargo la demanda de agua potable para la gran área metropolitana de Costa Rica es creciente y cada verano se presentan mayores problemas de abastecimiento, la tendencia lógica es identificar fuentes cercanas de agua, sobre este particular el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados considera la cuenca del Río Reventazón como una de las de mayor potencial para atender la demanda de agua potable, así la condición hipotética de mantener la cuenca solo para obtener agua para usos domésticos e hidroelectricidad es cada vez más cercana a la realidad. El incorporar un valor real para un bien considerado libre, demuestra como la conservación si tiene valores tangibles y notablemente superiores a otros usos alternativos de la tierra; el conflicto estriba en los mecanismos de la sociedad al no contemplar la retribución de beneficios a la cuenca, sea como programas de conservación de suelos y aguas, educación ambiental, manejo de desechos, plantas de tratamiento, incentivos a la conservación y a la producción no contaminante, entre otros.

La controversia o discusión relativa al aprovechamiento de toda el agua para efectos domésticos, generación de energía eléctrica o agua para riego, es un buen elemento de referencia para comparar los beneficios derivados del uso del agua en esta cuenca.

Los proyectos hidroeléctricos actuales y potenciales en la cuenca alta del Reventazón tienen una generación anual de 18770.5 millones de colones, como muestra el cuadro 21. En el punto de drenaje Angostura, con un caudal promedio anual de 110 mts<sup>3</sup>/seg, se turbinaran 3468.9 millones de mts<sup>3</sup> anuales, en una cuenca de drenaje de 1337 Km<sup>2</sup>, área ligeramente inferior a la de la presente evaluación, estableciendo una relación 25900 mts<sup>3</sup>/Ha (ICE, 1977; 1984), cantidad muy parecida a la predicha (266000 mts<sup>3</sup>/Ha) por el modelo "Bht" para algunas unidades de tierra, pero inferior a las mejores estimaciones (38000 mts<sup>3</sup>/Ha). La información de caudales del ICE es una medida real en ciertos puntos de drenaje.

Cuadro 21. Producción y valor de energía eléctrica, Río Reventazón.

PROYECTO	ESTADO	ENERGIA ANUAL GW/Hr	VALOR (¢).
Angostura	Inicia 1999	996	8,615,400,000.0
Río Macho	Operando	580	5,017,000,000.0
Cachí	Operando	484	4,186,600,000.0
Birris I,II	Operando	110	951,500,000.0
<b>TOTAL</b>		2170	<b>18,770,500,000.0</b>

Fuente: ICE, JASEC, 1993.

El cuadro 21 ilustra el valor económico derivado de las aguas del Reventazón y sus tributarios solamente para generación de energía, el cuadro 22 brinda una mejor idea de la dimensión económica de los aprovechamientos hidrológicos en la cuenca superior al incorporar los caudales derivados y utilizados tanto para hidroelectricidad como para agua potable. El proyecto Orosí del ICAA deriva 1.2 mts<sup>3</sup>/seg en la parte alta de la cuenca, especialmente del Río Macho, para abastecer la demanda de agua potable en la gran área metropolitana de Costa Rica, donde se estima habita casi el 50% de la población del país y cuyos recursos hídricos son insuficientes y contaminados (ICAA, 1993).

Cuadro 22. Valor y volumen total de agua según su uso, Cuenca Superior Río Reventazón.

Uso	Caudal anual (mts <sup>3</sup> )	Costo ¢/mt <sup>3</sup>	Valor total (millones colones)
Agua potable	37,843,200	52.00	1,967.8
Energía eléctrica	3468,960,000	5.41	18770.5
TOTAL	3506,803,200		20738.3

Fuente: ICE, JASEC, ICAA, 1993.

Es interesante notar la distribución de los 20738.3 millones por concepto de uso de agua, solamente un 10% de los ingresos es por uso de agua potable, y el remanente 90% por hidroelectricidad. Los usos no son excluyentes, pues aguas turbinadas pueden ser utilizadas para uso doméstico o agrícola, por ejemplo el proyecto

Hidroeléctrico Arenal en Guanacaste, donde las aguas turbinadas se utilizan para el proyecto de riego de Cañas.

Es importante notar un valor diferenciado apreciable según el uso del agua; por agua potable el margen neto fluctua entre ¢1382200/Ha y ¢1976000/Ha, el modelo de evaluación "Bht" predice un volumen de agua escurrida por hectárea como la lámina resultante de la diferencia entre la precipitación y la evapotranspiración potencial según el grupo climático de cada unidad de tierra, y utilizando un valor de ¢52.00/mt<sup>3</sup> de agua potable (Valor ICAA). Para producción de energía eléctrica los valores fluctúan entre ¢143906/Ha y ¢205580, corresponde al mismo volumen de agua predicho por el modelo "Bht", pero con un costo de ¢5.41/mt<sup>3</sup>, costo del ICE en derivar un metro cúbico de agua para hidroelectricidad. No obstante la diferencia económica entre los dos usos probables, el margen neto en ambos casos es bueno, superior al de la mayoría agroecosistemas evaluados. Posibilidades adicionales de crecimiento son posibles, el proyecto Angostura trabajará inicialmente a un 64% de su capacidad máxima (tiene potencial para producir hasta 1500 GW/Hr, si las condiciones hidrológicas son favorables) y la demanda de agua para uso doméstico, sitúa el uso de agua en una perspectiva mucho más sostenible que las de los agroecosistemas, donde la frecuente variación de precios, gustos y contingencias naturales produce inestabilidad .

El valor de la derivación y transporte de aguas (sea para usos domésticos o para la producción de energía eléctrica) y las obras físicas para ello es elevado (solamente el Proyecto Hidroeléctrico Angostura cuesta aproximadamente \$50,000 millones), los beneficios a la sociedad civil son muy importantes (electrificación, comunicaciones, salud pública, etc); sin embargo es menester replantear como redistribuir los beneficios derivados del uso de recursos naturales la cuenca. En el caso de los productos agropecuarios, la infraestructura para distribución a los centros de consumo se financia mediante impuestos y tributos, además del precio, no así con un bien como el agua, donde solo se cobra un tarifa. El volumen económico actual y potencial de los productos de la cuenca es elevado, si el cálculo monetario de estos productos es importante, es quizás de mayor relevancia replantear como se distribuye la riqueza generada, objetivo ético de la planificación.

Con anterioridad se planteó el conflicto por el usufructo gratuito de los recursos naturales de la cuenca y las pocas prácticas de conservación en los agroecosistemas, no solo como un conflicto de sostenibilidad sino como un replanteamiento de la responsabilidad de la sociedad, a través de sus instituciones públicas o privadas, de transferir fondos mediante asignaciones presupuestarias, impuestos o tarifas para favorecer prácticas duraderas de conservación. La creciente preocupación por la calidad de vida es la contraparte de los consumidores para exigir productos libres de biocidas perniciosos, de buena calidad y generados con tecnologías en armonía con la naturaleza.

En un esquema de evaluación, ante la posibilidad de tomar decisiones amparadas a la aptitud física y económica de diferentes usos alternativos, surge la natural interrogante sobre la mejor distribución espacial de los usos propuestos. Esto es posible lograrlo con herramientas de optimización, de las cuales la programación lineal es la más conocida. Un objetivo inicialmente planteado para el presente trabajo, no fue posible llevarlo a cabo por problemas de tiempo y extensión, sin embargo este procedimiento es ideal para finalizar un sistema de planificación regional. Se ha señalado con anterioridad la capacidad del ALES de actuar como un optimizador, sin embargo el análisis del presente trabajo consideró los usos en una perspectiva más al interior de los sistemas, externalidades como la disponibilidad de mano de obra, disposición de créditos, estructura agraria o las tendencias del mercado son restricciones de probable incorporación al optimizar.

Una de las consideraciones más importantes en la presente evaluación es la potencia del ALES. Variaciones en precios de productos, insumos, cambios en los requisitos o cualidades de la tierra pueden ser fácilmente editados y mostrar sus consecuencias dinámicas, es posible tener una idea certera del efecto de cambios biofísicos o socioeconómicos en pocos minutos, asimismo la posibilidad de incorporar nuevas unidades de tierra, en caso de requerirse mayor nivel de detalle. La evaluación de tierras en la cuenca superior del Río Reventazón es de carácter estratégico, su intención es orientar la toma de decisiones sobre los usos de mejor aptitud física y económica dentro de la cuenca basado en una gran

escala (1:200,000); esta circunstancia limita un poco planes operativos usualmente trabajados con mayor detalle ( $\leq 1:50,000$ ), no disponibles para toda la cuenca.

Los modelos creados en esta evaluación se pueden copiar y adaptar dentro del ALES para condiciones agroecológicas o escenarios similares. Escenarios, se pueden ampliar o acortar los árboles de decisión de acuerdo a nueva información disponible o generada, según el nivel de detalle y precisión deseado.

El interfase ALIDRIS es una de las herramientas más útiles, la generación de mapas que aún en formatos digitales es un proceso lento, es una tarea reducida a minutos mediante esta interfase automática entre ALES e IDRISI. Una ventaja adicional es la inmensa capacidad de generar gran variedad de imágenes; en este trabajo se muestra en el anexo solo una muestra de algunos mapas generados, sin embargo es posible desplegar mapas de toda evaluación física y económica por tipo de uso de la tierra o de características de las unidades de mapeo, más de cien en este caso. Mostrar en forma gráfica y rápida las evaluaciones y cualquier cambio producido es otra gran posibilidad, con mínimos requerimientos de equipo y con las posibilidades adicionales del IDRISI para hacer modelación posterior como el cálculo de áreas, operadores de contexto u otras aplicaciones. La única limitación es el grado de resolución (tamaño de pixel), aspecto soslayable para aplicaciones como la presente o inventarios de recursos naturales, no así para acciones de ordenamiento territorial o catastro, donde se requieren SIG más precisos; en este caso ALES e IDRISI cumplen un balance perfecto.

### 7.3- Calibración y verificación.

En la ciencia las afirmaciones y su sistema de conceptos tienen su criterio de verdad en la experiencia, postulado esencial de la verificación (Sobrado, 1994). En el presente trabajo es necesario distinguir la calibración de la verificación; la primera se refiere a la definición de un instrumento como regla o patrón, la segunda es la prueba de alguna cosa sobre la que se tiene alguna duda. El sesgo científico de considerar válido o cierto solo lo sustentado en pruebas o experimentos de soporte estadístico, un proceso importante en la generación de conocimientos, debe complementarse también de la observación de eventos o hechos de potencial repetitivo, lo mismo el criterio fruto de la experiencia.

La mayoría de datos recolectados u observados en el presente trabajo provienen de fuentes reconocidas, así los niveles de severidad, las relaciones causales de los requerimientos del uso de la tierra y las jerarquías de los árboles de decisión son un compendio del *expertise*. Durante el proceso de calibración los expertos en diferentes usos redefinieron o corrigieron algunos criterios y se hizo la primera versión de los modelos. Las primeras pruebas orientan la lógica de construcción y la relevancia de cierta información de las tierras. Es posiblemente el mejor momento de incorporar o desechar datos y/o conocimientos.

Una vez definidos los modelos y mediante nuevos encuentros con los expertos, se verificaron. Este proceso fue especialmente difícil pues existen pocas fuentes oficiales de información o evaluaciones previas para comparar la aptitud física o los



rendimientos por región o unidad de mapeo, en el mejor de los casos se contó con el auxilio de algunos datos de producción o aptitud con fuertes variaciones anuales y series de pocos años; a pesar de este tipo de limitaciones los expertos pudieron establecer patrones de comportamiento tanto física como socioeconómica, como criterio de verificación de los modelos.

En el proceso de toma de decisiones, es insoslayable el rol de la experiencia, aún con pruebas biológicas exitosas. El mejor balance de un sistema de conocimientos se fundamenta en la integración de criterios para tomar decisiones y este sentido la presente evaluación va dirigida a ese proceso.

La fuerza de un enunciado, predicción o teoría es la validación. Este proceso no implica que la verificación sea incorrecta, sino más bien actúa como un sistema cibernético para retroalimentar los modelos generados en la presente evaluación. Esta parte del proceso en el ALES tiene un importante valor terapéutico, pues a partir del reconocimiento de lagunas de conocimiento en la construcción de modelos (producto de una estructura lógico-jerárquica) es posible replantear las prioridades y el tipo de investigación que debe efectuarse; evitando el sesgo de guiarse por preferencias o gustos personales.

El concepto final de la construcción de modelos de evaluación es "**crecimiento**" o "**mejoramiento**", y consiste en la validación para las condiciones en que se construyeron, o en condiciones agroecológicas similares para ampliar su rango y poder de decisión.

### VIII- CONCLUSIONES.

1- El programa ALES permitió la evaluación de tierras de la cuenca alta del Rio Reventazón, Costa Rica, mediante la construcción de siete modelos de usos de la tierra de café, caña, pasto kikuyo, papa y bosque húmedo tropical, con un sistema de expertos para determinar la aptitud física y económica en unidades de tierra homogéneas.

2- El desarrollo del inventario de características de las tierras permitió definir veintitrés unidades física y socioeconómicamente homogéneas.

3- La evaluación por aptitud física determinó el bosque húmedo tropical con la mejor aptitud en la cuenca, 94% del área. Los agroecosistemas café, caña de altura y bajura, papa y pasto tienen una aptitud más circunscrita a sus requerimientos agroecológicos. La caña de bajura y el café tienen mayor aptitud general, papa y pasto en el flanco norte. La caña de bajura tiene aptitud plena solo en la unidad Jiménez.

4- La relación entre aptitud física y económica es variable, no siempre la mejor aptitud física fue la mejor económica o viceversa, prácticas de cultivo de buen rendimiento son de baja sostenibilidad, o se captan beneficios externos a la cuenca como el caso de los productos del bosque húmedo. El mejor balance de aptitud física y económica dentro de la cuenca fue para los TUT caña de bajura y pasto kikuyo.

5- La utilización del SIG IDRISI en interfase con el ALES permite el despliegue gráfico de los resultados de la evaluación y las características de la tierra; facilita la planificación regional y la toma de decisiones.

### IX- RECOMENDACIONES.

1- Validar los modelos generados mediante el concurso de los agentes de extensión en las unidades de tierra evaluadas.

2- Fomentar la capacitación de profesionales, técnicos y productores en el modo de usuario del ALES, como herramienta de apoyo en la toma de decisiones.

3- Replantear la presente evaluación, de carácter más estratégico, a otra de mayor detalle (1:50000 o menos) para favorecer aspectos operativos.

4- Desarrollar modelos de otros usos alternativos como la macadamia, helechos, chayotes, ecoturismo, agroturismo y generación hidroeléctrica.

5- Organizar bases de datos regionales con información de rendimientos, eventos meteorológicos importantes, suelos y socioeconomía.

6- Divulgar y fomentar el uso de programas como el ALES, el IDRISI y otras herramientas para un manejo más adecuado, dinámico y actualizado de los recursos naturales.

## X- BIBLIOGRAFIA.

- AGUILAR, F. 1980. Manual de recomendaciones pra el cultivo de la caña de azúcar. CAFESA. San José, Costa Rica. 158 p.
- AGUILAR, F.; BRENES, C.; GUZMAN, G. 1991. Estudio comparativo de 10 clones promisorios de caña en la región de Turrialba, Costa Rica. In Memoria Tercer Congreso Tecnológico de la caña de azúcar. DIECA. San José, Costa Rica. p 151-158.
- AGUIRRE, V. 1971. Estudio de los suelos del área del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, IICA. Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sci. IICA. Turrialba, Costa Rica. 139 p.
- ALFARO, R.; BOUMA, J.; FRESCO, L.; et al. 1993. Suistainable land use planning in Costa Rica. In Memoria del Taller Uso Sostenible de Tierras en desarrollo. CATIE-MAG-U. Wageningen. Turrialba, Costa Rica. s.n.p
- AMADOR, R.; RODRIGUEZ, C. 1991. Papa. Comisión Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria-CONITTA. San José, Costa Rica. Serie ITTA N°11. 29 p.
- ARZE, J. 1991. Desarrollo de modelos para la transferencia de tecnología en el Altiplano Peruano. In Perspectivas de la Investigación Agropecuaria para el Altiplano. Proyectos de Investigación de Sistemas Agropecuarios Andinos. Ed. Arguelles y Estrada. CIID. Lima. p 47-66
- \_\_\_\_\_. 1991. Modelo de Simulación y Sistema de Manejo de Expertos para el manejo del cultivo de papa módulo experimental, Puno, Perú. CATIE. Turrialba, Costa Rica. p 49-66.
- \_\_\_\_\_. 1991. Avances en el desarrollo de modelos de simulación y sistema de expertos para la transferencia de agrotecnología. In IV Asamblea General de REDCA, Panamá. 20p.
- BANCO CENTROAMERICANO DE INTEGRACION ECONOMICA. 1990. Situación actual de la producción, industrialización y comercialización la leche en Centroamérica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Area de Ganadería Tropical. Turrialba, Costa Rica. Boletín Técnico N° 21. P 193-226.
- BANCO NACIONAL DE COSTA RICA. 1993. Costos de producción por hectarea de pasto *digitaria sp.* Sección de Planeamiento y Proyectos. San José, Costa Rica. 4p.
- BERTSCH, F. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica. 2ª edición. San José, Costa Rica. Oficina de Publicaciones de la Universidad de Costa Rica. 80 p.

- BOYCE, J. 1993. El impacto ambiental de la caficultura convencional. In Cafetalera Costarricense y conveniencia de café orgánico como alternativa. Borrador. Heredia, Costa Rica. Universidad Nacional. p 89- 131.
- CARVAJAL, 1984. Cafeto: cultivo y fertilización. Segunda edición. Berna, Suiza. Instituto Internacional de la Potasa. 254 p.
- CATIE. 1986. Agroambiente. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 232 p.
- \_\_\_\_\_. 1993. Methodology for planning of sustainable land use: a case study for Costa Rica. CATIE-MAG-U-Wageningen. Atlantic Zone Program. Hoja divulgativa.
- CELADA, J. Desarrollo de modelos para evaluación de tierras en el trópico seco de Jutiapa, Guatemala: Aplicación del Sistema Automatizado ALES. Tesis Mag. Sci. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 134p.
- CENTRO CIENTIFICO TROPICAL, 1985. Manual para la determinación de la capacidad de uso de las tierras de Costa Rica. San Jose, Costa Rica. 66 p.
- COMISION INTERBANCARIA DE AVIOS. 1993. Avío oficial de financiamiento por hectarea para el cultivo de la papa. Cartago, Costa Rica. 5 p.
- \_\_\_\_\_. 1993. Financiamiento de caña de azúcar. Banco Nacional de Costa Rica. San José, Costa Rica. 10 p.
- DIECA. 1990. Recomendaciones técnicas para el cultivo de la caña de azúcar en Costa Rica. Dirección de Investigación y Extensión de la caña de azúcar. San José, Costa Rica. 30 p.
- \_\_\_\_\_. 1992. Costos de producción agrícola de la caña de azúcar, mayo 1992. Dirección de Investigación de la Caña de Azúcar. San José, Costa Rica. 45 p.
- \_\_\_\_\_. 1992. Guía técnica para el cultivo de la caña de azúcar, región valle Central Occidental. Grecia, Costa Rica. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar. Hoja divulgativa.
- \_\_\_\_\_. 1993. Importancia de las características de calidad de los correctivos de acidez del suelo: desarrollo de un ejemplo práctico para su cálculo. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar. San José, Costa Rica. 41 p

- \_\_\_\_\_. 1993. Area cultivada, índices de producción y estimación de costos agrícolas de la caña de azúcar, mayo 1993. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar. San José, Costa Rica. 59 p.
- DYKSTRA, D. 1984. Mathematical programming for natural resource management. Mc Graw-Hill Inc. New York. USA. 310 p.
- DIRECCION GENERAL DE ESTADISTICA Y CENSOS. 1987. Censo de Población 1984. Ministerio de Economía, Industria y Comercio. San José, Costa Rica. p 3-4.
- DUARTE, O. 1991. Evaluación dinámica y simulación del módulo lechero del CATIE. Tesis Mag.Sci. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 174 p.
- EASTER, K. 1985. Integrated watershed management research for developing countries. Workshop report. Environment and Policy Institute. Hawai. USA. 35 p.
- EASTMAN, J. 1992. IDRISI User's guide. Clark University. Massachusetts. USA. 178 p.
- ERENSTEIN, O.; SHIPPER, R. Land Use planning: an application of multilevel and multiobjective linear programming models. Agricultural University Wageningen, Department of Development economics. Draft. 177 p.
- FASSBENDER, H. 1978. Química de Suelos con énfasis en suelos de América Latina. Editorial IICA. San José, Costa Rica. 385 p.
- FAO. 1976. Esquema para la evaluación de tierras. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Roma, Italia. 66 p.
- \_\_\_\_\_. 1985. Directivas: evaluación de tierras para la agricultura en secano. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. Boletín de suelos de la FAO 52. 228 p.
- \_\_\_\_\_. 1989. Evaluación de los estados de erosión hídrica de los suelos y delimitación de áreas críticas por pérdida del horizonte A en la cuenca del Río Reventazón. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. Informe Técnico N°1. 133 p.
- \_\_\_\_\_. 1990. Evaluación de tierras para la Agricultura en regadío: Directivas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. Boletín de suelos de la FAO N°55.

- \_\_\_\_\_, 1991. Guidelines: land evaluation for extensive grazing. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, Italia. FAO Soils Bulletin 58. 158 p.
- FLORES, J. 1975. Bromatología Animal. Segunda reimpression de la primera edición. Mexico. p 197.
- FLORES, J.; REICHE, C. 1990. El consumo de leña en las industrias rurales de la zona sur de Honduras. CATIE. Turrialba, Costa Rica. p 81.
- GONZALEZ, E. 1992. Clasificación de la calidad microbiológica del agua de consumo humano. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. San José. 8 p.
- HANCOCK, K.; HARGREAVES, G. 1977. Precipitación, clima y potencial para la producción agrícola en Costa Rica. Universidad del Estado de Utah. USA. p 1-7.
- HART, R. 1985. Conceptos básicos sobre Agroecosistemas. Turrialba, C.R. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Serie de materiales de enseñanza N° 1. 159 p.
- HOLDRIDGE, L. Ecología basada en zonas de vida. Editorial IICA. San José, Costa Rica. p 29-53.
- HOLMANN, F.; ESTRADA, R.; ROMERO, F.; VILLEGAS, L. s.f. Adopción tecnológica y competitividad en fincas de pequeños productores de leche en Costa Rica: un estudio de caso. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 44p
- HUISING, J. 1993. Land Use Zones and Land Use Patterns in the Atlantic Zone of Costa Rica: a pattern recognition approach to land use inventory at the sub-regional scale using remote sensing and GIS, applying an object-oriented and data-driven strategy. Ph.D. Thesis. Wageningen Agricultural University. Holland. 222 p.
- HUMBERT, R. 1974. El cultivo de la caña de Azúcar. Compañía Editorial Continental S.A. México. p 56-62.
- ICE. 1974. Actualización de la información de caudales del estudio hidrológico realizado por SOFRELEC. Instituto Costarricense de Electricidad, Dirección Electrificación. San José, Costa Rica, p 1-16.
- \_\_\_\_\_. 1977. Escogencia a nivel preliminar del desarrollo hidroeléctrico óptimo del Río Revntazón entre las cotas 725 245 m.s.n.m. contemplando el trasvase de aguas al Río Pacuare. Instituto Costarricense de Electricidad. San José, Costa Rica. p 8-10.



- \_\_\_\_\_. 1984. Evaluación preliminar del potencial hidroeléctrico aprovechable de Costa Rica. Plan Maestro de las Cuencas Hidrográficas Reventazón, Pacuare y Matina. Instituto Costarricense de Electricidad, Dirección de Planificación Eléctrica. San José, Costa Rica. p 5-18.
- \_\_\_\_\_. 1987. Plantas hidroeléctricas del ICE. Instituto Costarricense de Electricidad. San José, Costa Rica. 26 p.
- \_\_\_\_\_. 1990. Proyecto Hidroeléctrico Angostura, Avance de factibilidad de las obras hidráulicas. Instituto Costarricense de Electricidad. San José, Costa Rica.
- \_\_\_\_\_. s.f. Proyecto hidroeléctrico Angostura. Instituto Costarricense de Electricidad. Turrialba, Costa Rica. 2 p.
- ICAFFE, 1989. Manual de recomendaciones para el cultivo del café. Programa Cooperativo, Instituto del Café de Costa Rica. 6ª edición. San José, Costa Rica. 122 p.
- \_\_\_\_\_. 1990. Costos de renovación de café, año 1990. Instituto del Café de Costa Rica. Boletín técnico N° 52. San José, Costa Rica. 22 p.
- \_\_\_\_\_. 1991. Costo de producción de almácigo de café. Instituto del café de Costa Rica. San José, Costa Rica. Departamento de Estudios Agrícolas y Económicos. 14 p.
- \_\_\_\_\_. 1992. Diagnóstico sobre el grado de transferencia y adopción, por parte del caficultor, del paquete tecnológico cosecha 1990-1991. Instituto del Café de Costa Rica, San José, Costa Rica. 90 p.
- \_\_\_\_\_. 1993. Modelo de costos de producción de café. Instituto del Café de Costa Rica. San José, Costa Rica. Departamento de Estudios Agrícolas y Económicos. 16 p.
- \_\_\_\_\_. 1993. Opciones tecnológicas para el manejo de cafetales en época de bajos precios: Guía para el caficultor. Convenio ICAFFE-MAG. Hoja divulgativa.
- IFAM. 1987. Atlas cantonal de Costa Rica. Instituto de Fomento y Asesoría Municipal. San José. 395 p.
- ISAIAS, I. 1985. Elaboración de caña de azúcar en pequeña escala y aprovechamiento de los residuos. Boletín e Servicios Agrícolas de la FAO. Roma, Italia. FAO. p 34-47.
- LAICA. s.f. Compra de caña por su contenido de sacarosa en Costa Rica. Liga Agrícola Industrial de la Caña. San José, Costa Rica. 21 p.

- JORGE, P. 1992. Sistemas expertos de manejo del cultivo de plátano (Mussa AAB): módulos de fertilización y drenaje. Tesis Mag.Sci. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 208 p.
- LEON, J. 1992. Aplicación del sistema automatizado para la evaluación de tierras-ALES, en un sector de la cuenca del Río Sinu (Cordoba, Colombia). Revista CIAF. Bogotá, Colombia. p 19-41.
- LONDOÑO. D. 1993. Manejo Sostenible de Bosques Naturales en una finca ganadera: un estudio de caso en San Rafael de Bordon, Baja Talamanca, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. p 37.
- INSTITUTO METEOROLOGICO NACIONAL. 1988. Catastro de las series de precipitaciones medidas en Costa Rica. Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas. San José, Costa Rica. 361 p.
- MERINO, F.; FRENCH, J.; SAUNDERS, J.; et al. 1990. Sistema experto para el diagnóstico de plagas insectiles del cultivo del maíz (*Zea mayz*) en Centro América. In Revisión Interna Anual. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 68 p.
- MONCADA, E. 1991. Desarrollo de un modelo para evaluación automatizada de tierras en Pueblo Nuevo, Estelí, Nicaragua. Tesis Mag. Sc., CATIE. Turrialba, Costa Rica. 156 p.
- MORA, S. 1991. Análisis de la susceptibilidad geológico-geomorfológica a la erosión de la cuenca del río Reventazón, Costa Rica. In Memoria de Taller de erosión de suelos. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. 236 p.
- MURILLO, O.; NAVARRO, L. 1986. Validación de prototipos de producción de leche en la Zona Atlántica de Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Serie Técnica, Informe Técnico N°90. Turrialba, Costa Rica. 97 p.
- NEBENDAHL, D. 1988. Sistemas Expertos. MARCOMBO S.A. Barcelona, España. 83 p.
- OROZCO, G. 1993. Desarrollo de un modelo de evaluación y utilización de sistemas agroforestales en la Región IV, Nicaragua, con el sistema automatizado de evaluación de tierras ALES. Tesis Mag.Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 140 p.
- ORTEGA, E.; et al. 1989. Bases fisiológicas de la productividad de la caña de azúcar. Editorial Academia. La Habana, Cuba. 47 p

- PORRAS, J. 1991. Avances del programa de extensión agrícola y transferencia de tecnología en la región de Turrialba. In Memoria Tercer congreso Tecnológico de la Caña de Azúcar. DIECA. San José, Costa Rica. p 55-61.
- RAMIREZ, C. s.f. Almacenamiento de semilla de papa con luz difusa. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Hoja Divulgativa N°96.
- RAMIREZ, C.; SCHNELL, E. 1983. La papa. Editorial CAFESA. San José, Costa Rica. 58 p.
- RODRIGUEZ, A; VAN GINNEKEN, P; ZADROGA, F; PORRAS, G. 1978. Inventario de las principales cuencas de Costa Rica. PNUD-~~EA~~ San José, Costa Rica. 35 p.
- RODRIGUEZ, A; MATA, A. 1984. Calidad de las aguas de los ríos Toyogres y San Nicolás, Cartago, Costa Rica. Tecnología en Marcha, 6(4). ITCR. Cartago, Costa Rica. 36 p.
- RODRIGUEZ, R. 1989. Impactos del uso de la tierra en la alteración del regimen de caudales, la erosión y sedimentación de la cuenca superior del río Reventazón, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 138 p.
- RODRIGUEZ, D.; RIGGIONI, G. 1991. Características fisiopatológicas y agroindustriales de algunas variedades hawaianas de caña de azúcar en Costa Rica. In Memoria del tercer Congreso Tecnológico de la Caña de Azúcar. DIECA. San José, Costa Rica. p 15-25
- ROJAS, O.; ELDIN, M. 1983. Zonificación agropecuaria para el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum offiinarum*) en Costa Rica. IICA-LAICA. Publicación miscelanea N° 398. San José, Costa Rica. 98 p.
- ROJAS, O. 1985, Estudio agroclimático de Costa Rica. IICA. Publicación miscelanea N° 617. San José, Costa Rica.
- \_\_\_\_\_. 1986. Estudios agroclimáticos y zonificación agroecológica de cultivos: metodología y resultados. IICA. Serie de publicaciones miscelaneas N°A1/CR-86-006. SAN José, Costa Rica.
- \_\_\_\_\_. 1987. Zonificación agroecológica para el cultivo de café (*Coffea arabica*) en Costa Rica. IICA. Publicación miscelanea N°A1/OCR-87-007. San José, Costa Rica.
- RICHTERS, E. 1989. Apuntes de clase del curso de manejo del uso de la tierra. CATIE, Turrialba, C.R. 220 p.
- ROMIJN, M.; WILDERIN, E. 1981. Fuelwood yield from coffee prunings in the Turrialba Valley. CATIE. Turrialba, Costa Rica. p 15.

- ROSSITER, D. 1990. ALES: a framework for land evaluation using a microcomputer. Soil Use and Management, 6(1). Cornell University. New York, USA.
- ROSSITER, D.; VAN WAMBEKE, A. 1991. ALES Version 3 User's manual. Cornell University. New York, USA. s.n.p.
- ROSSITER, D.; VAN WANBEKE, A. 1993. ALES Version 4 User's Manual. Cornell University. New York, USA. p 147-155.
- ROSSITER, D. 1991. ALIDRIS. In ALES Newsletter, number 3. Cornell University. New York, USA.
- RUIZ, B. 1978. Cambios en el rendimiento y valor nutritivo de los pastos kikuyo (*Pennisetum cladestinum*) y estrella (*Cynodon nlemfluensis*) fertilizados, durante la época seca. Tesis Ing. Agrónomo. Escuela de Zootecnia. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 85 p.
- SABORIO, J. 1992. Sistemas de información geográfica. Material de apoyo al curso de SIG. CATIE. 39 p.
- SALAS, G. DE LAS. 1987. Suelos y ecosistemas forestales; con énfasis en América Tropical. Editorial IICA. San José, Costa Rica. 447 p.
- SEPSA. 1989. Información básica del sector agropecuario de Costa Rica. Númro 4. Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. San José, Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería. 137 p.
- \_\_\_\_\_. 1994. Boletín Estadístico número 5. Departamento de Información y Estadística. Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica. 9 p.
- SHARMA, P. 1992. Material de apoyo al curso de evaluación y planificación del uso de la tierra. CATIE.
- SOBRADO, J. 1994. Educación y ciencia. La Nación, San José (C.R); Abril. 23: 15 A.
- SOLORZANO, R.; GUERRERO, R. 1987. Justificación económica de la permanencia del bosque en terrenos forestales de la Resesrva forestal Río Macho, Costa Rica. Centro Agronómico tropical de investigación y Enseñanza, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Resumen Informe Final. 58 p.

- SOTO, J. 1989. Algunas consideraciones para la fertilización de papa. In Memoria del Segundo Curso Nacional sobre tecnología de producción de la semilla de la papa. Cartago, Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería. s.n.p.
- UREÑA, H. 1972. Efecto de la fertilización sobre el rendimiento del kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y actividad de los microorganismos del suelo. Tesis Ing. Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica. San José, C.R. p 35.
- VILLARREAL, M.; ZAVALA, T. 1989. Principales enfermedades fungosas de la papa. In memoria del Segundo Curso Nacional sobre tecnología de producción de la semilla de la papa. Cartago, Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería. s.n.p.
- VINDAS, C. 1992. Tecnología empleada en el uso de la leña como fuente de energía en las industrias de la región central de Costa Rica. Dirección Sectorial de Energía. San José, Costa Rica. p 7-10.
- WORLD RESOURCES. 1991. World Resources 1990-91. Oxford University Press. New York, USA. p 33-48.
- WORLD RESOURCES. 1992. World Resources 1992-1993. Oxford University Press. New York. p 119.
- ZOLEZZI, B; CALVO, R. 1990. Sistemas expertos: conceptos generales y su aplicación comercial. Tecnología en Marcha 9(4). ITCR. Cartago, Costa Rica.

**XI- EXPERTOS CONSULTADOS.****1- Café.**

Guillermo Ramírez M., MSc. Prog. ICAFE-MAG. Turrialba.  
Ing. Martín Mora R. Prog. ICAFE-MAG. Turrialba.  
Jorge H. Echeverri. MSc. Consultor.  
Ing. Gilbert Rojas C. ICAFE. Est. Económicos.  
Ing. Carlos León C. Consultor.

**2- Caña.**

Ing. Rodrigo Zúñiga G. DIECA, Turrialba.  
Ing. Gilberto Calderón A. DIECA, Turrialba.  
Ing. Jorge Salazar. Hacienda Juan Viñas.  
Ing. Manuel Gómez. Hacienda Juan Viñas.  
Sr. Rodolfo Salas S. Presidente Cámara Cañeros Turrialba.  
Sr. Felipe Fallas. Productor. Tuis.

**3- Papa.**

Ing. Carlos Ramírez. MAG, Cartago.  
Fernando Zumbado. MSc. MAG, San José.  
Sr. Ricardo Montero. Productor, Pacayas.

**4- Pasto kikuyo.**

Ing. Jorge Morales, PhD. MAG, Dirección Ganadería.  
Ing. Luis Villegas Z., MSc. MAG. Dirección Ganadería.  
Federico Hollman, PhD. CATIE.

**5- Bosque y Aguas.**

Lic. Carlos Rodríguez. UCR, Direcc. Invest. Cont. Aguas.  
Clemens Ruppert, PhD. UNA. Escuela Ciencias Ambientales.  
Carlos Vargas, MSc. ICAA. Dpto. Cuencas Hidrográficas.  
Lic. Sandra Alvarado. ITCR, Cartago.

**6- Suelos.**

Roberto Díaz-Rommeu. MSc. Consultor.  
Floria Bertsch H., MSc. UCR. Investigaciones Agronómicas.

**ANEXO**

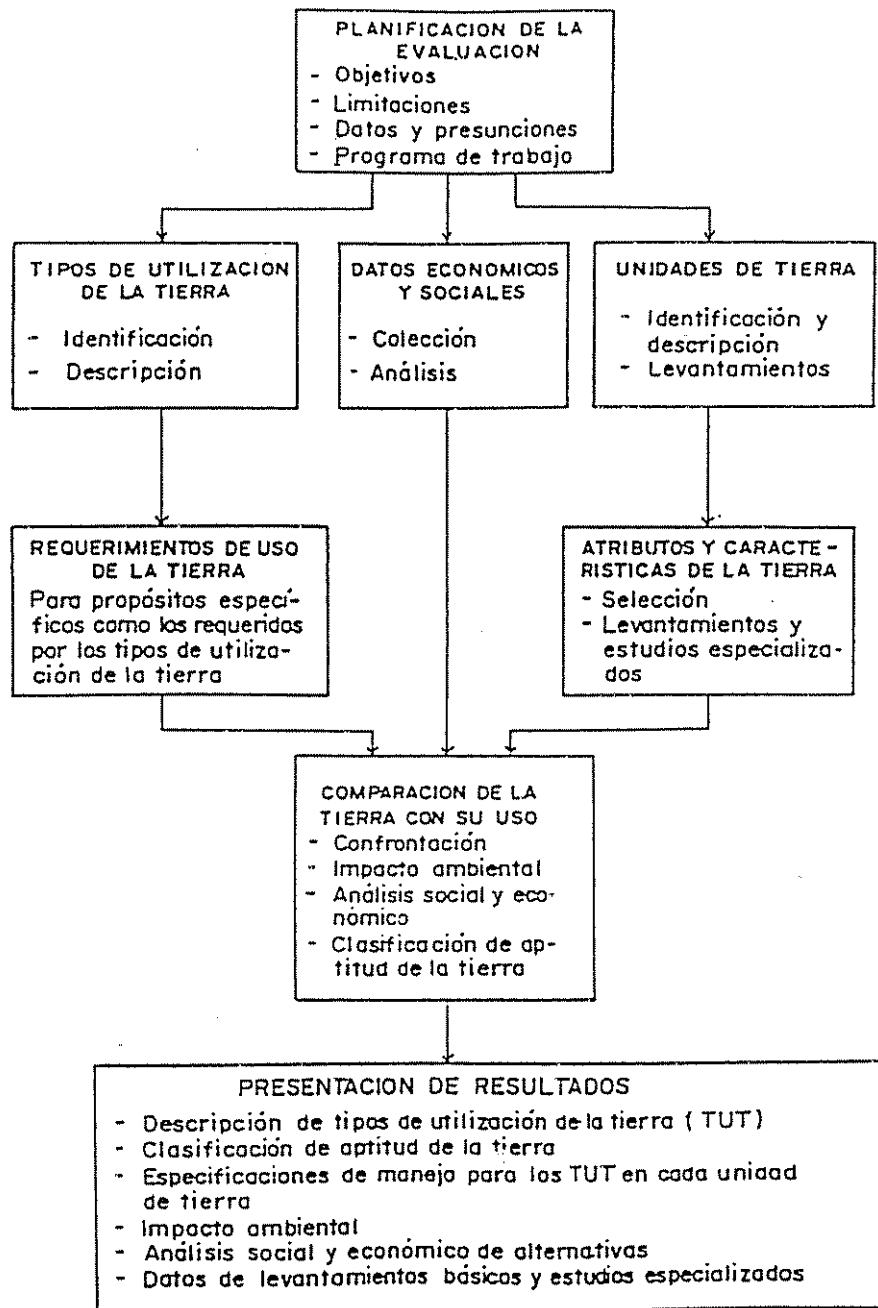
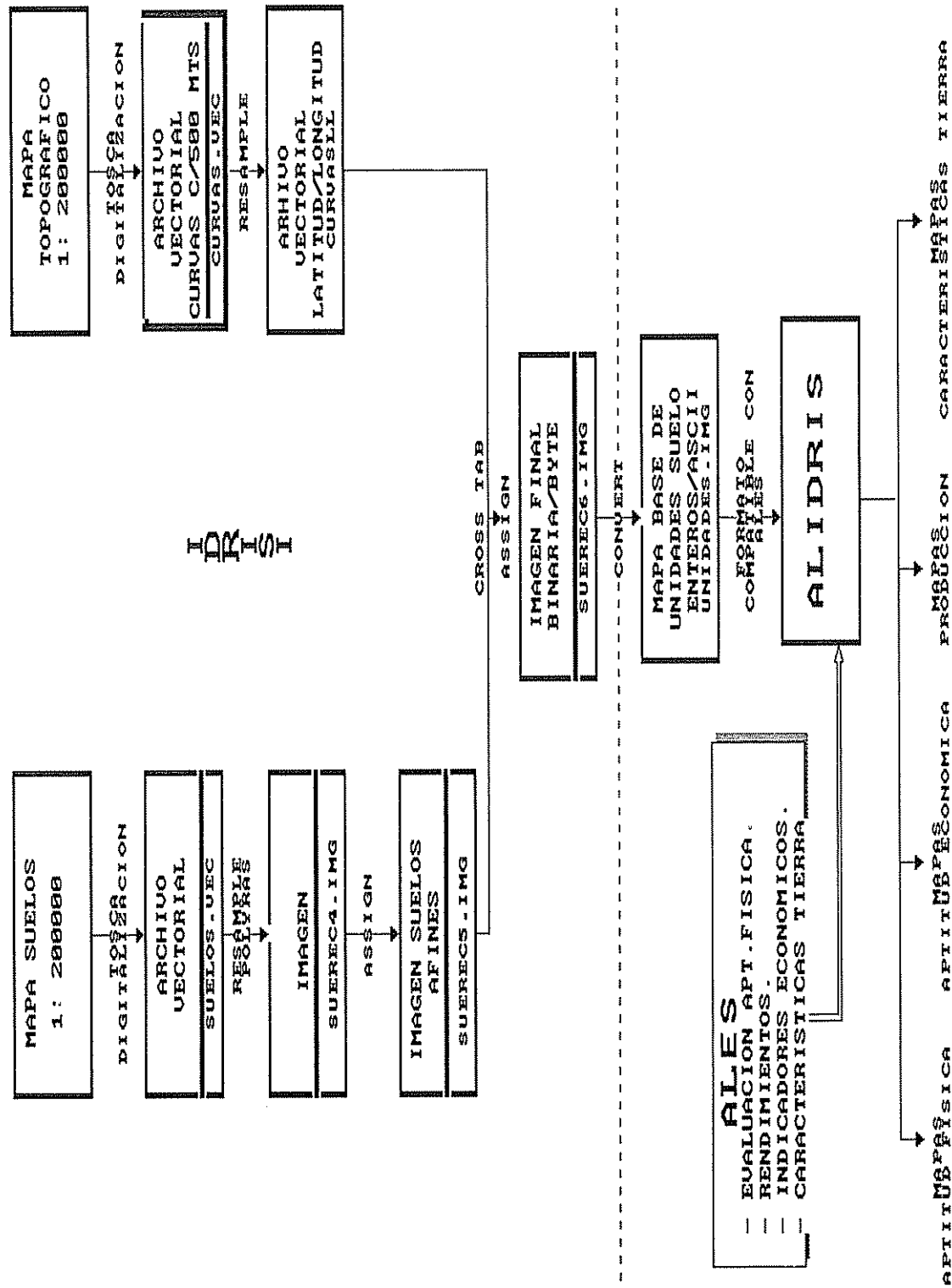


FIGURA 14  
Esquema de procedimientos en evaluación de tierras. F.A.O., 1985

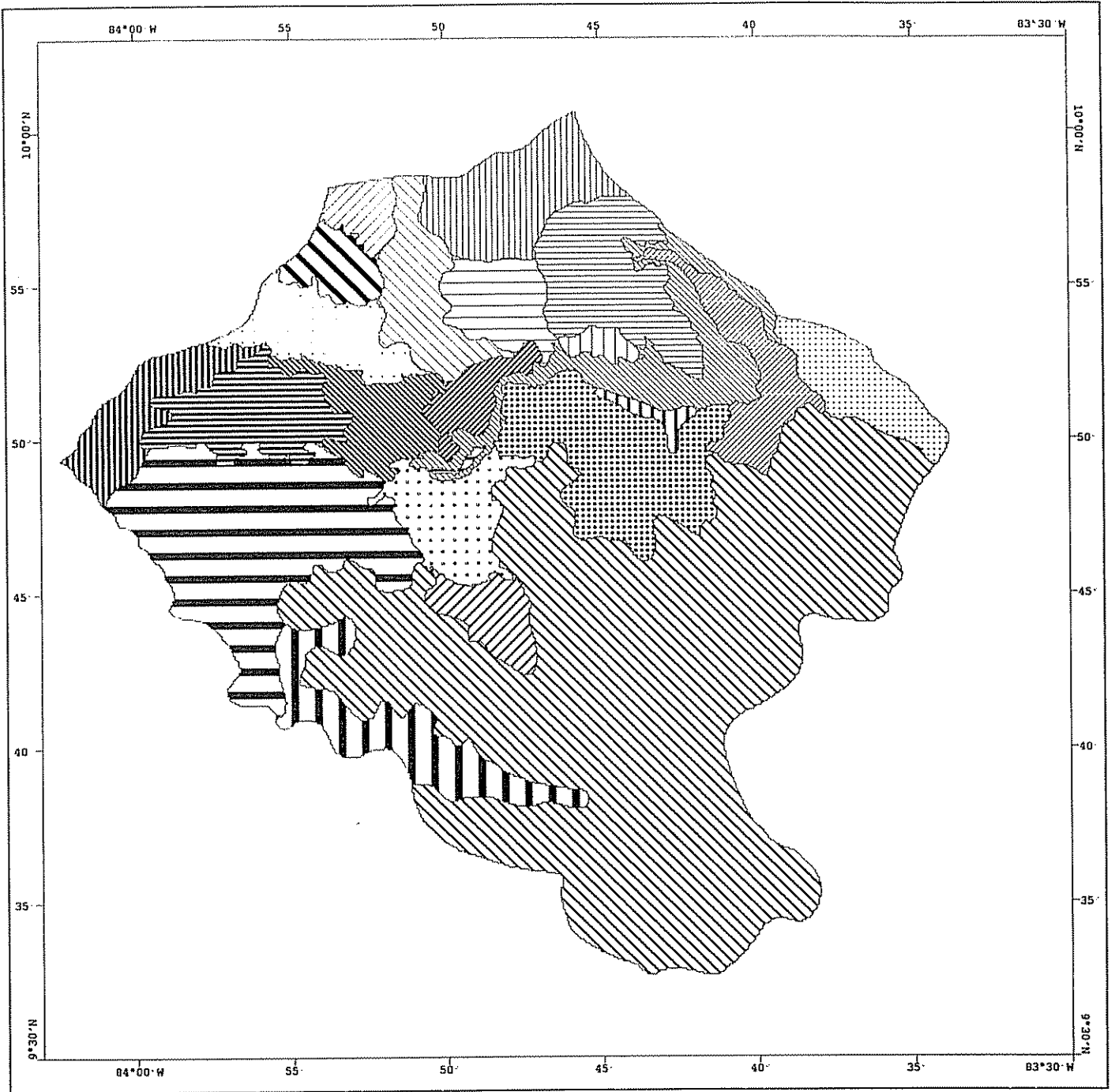


FIGURA 15. PROCESOS DE GENERACION DE MAPAS CON EL ALDRIS.


























## ARCHIVO (DOC) DE IMAGEN BASE EN IDRISI.

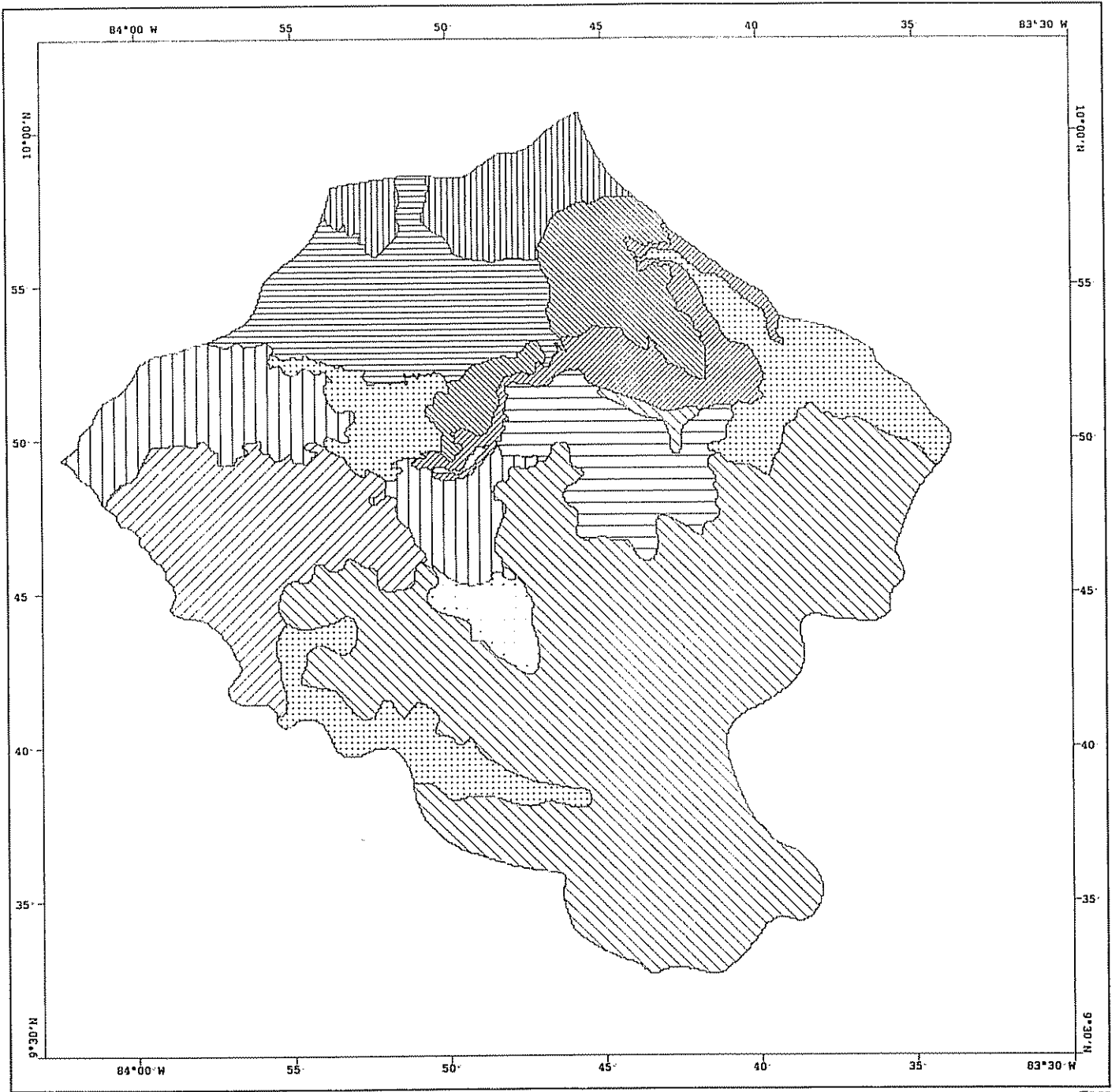
file title : Image "Suerec7".  
data type : integer  
file type : ascii  
columns : 550  
rows : 550  
ref. system : lat/long  
ref. units : deg  
unit dist. : 1.0000000  
min. X : -84.0500031  
max. X : -83.5000000  
min. Y : 9.5000000  
max. Y : 10.0500002  
pos'n error : unknown  
resolution : unknown  
min. value : 0  
max. value : 23  
value units : unspecified  
value error : unknown  
flag value : none  
flag def'n : none  
legend cats : 24  
category 0 : periferia  
category 1 : crev13  
category 2 : crev5  
category 3 : crev17  
category 4 : crev2  
category 5 : crev1  
category 6 : crev6  
category 7 : crev8  
category 8 : crev9  
category 9 : crev12  
category 10 : crev11  
category 11 : crev16  
category 12 : crev14  
category 13 : crev15  
category 14 : crev7  
category 15 : crev3  
category 16 : crev4  
category 17 : E.Cachí  
category 18 : crev22  
category 19 : crev19  
category 20 : crev18  
category 21 : crev20  
category 22 : crev21  
category 23 : crev10



CUENCA ALTA RIO REVENTAZON  
UNIDADES DE MAPEO











Figura 16

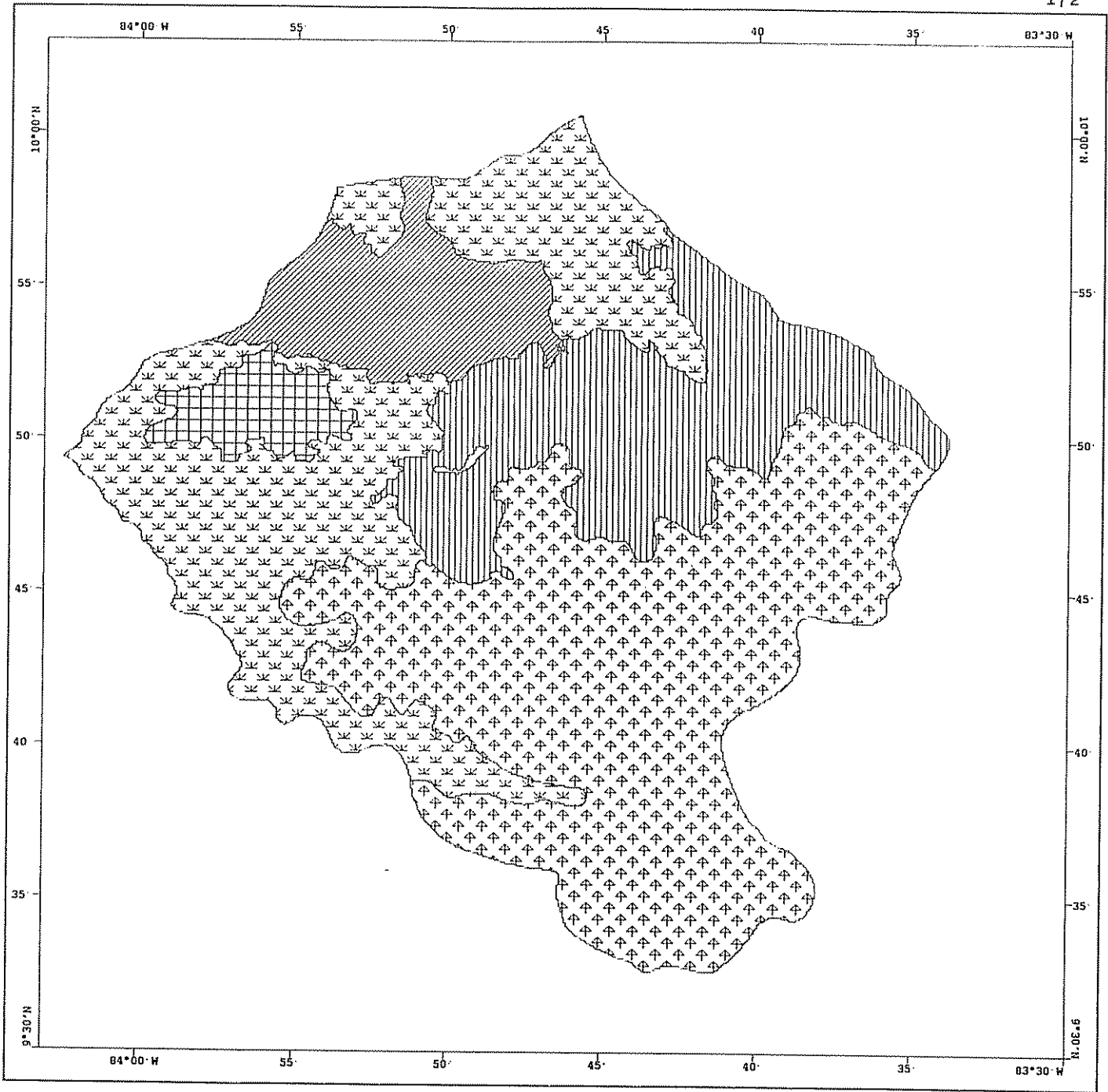
	Coliblanco
	Sta. Cruz-Capellades
	Turrialba Oeste
	Turrialba
	La Suiza-Tuis
	Jimenez
	Pacayas
	Cipreses
	Volcan Irazu
	Cot
	Quebradilla
	Cartago
	Paraiso
	Cervantes
	Pejibaye
	Tucurrique
	Embalse Cachi
	Villa Mills
	Tapanti
	Cachi-Orosi
	Tres de Junio
	La Cangreja
	Tierra Blanca



CUENCA ALTA RIO REVENTAZON  
APTITUD FISICA: PAPA IRAZU

Figura 17

	Mod. Apto/Comercializacion
	Mod. Apto/Contaminacion
	Marg. Apto/Plagas y Comercializacion
	No Apto/Plagas y Enfermedades
	Marg. Apto/Fosforo y Comercializacion
	Marg. Apto/Laboreo y Comercializacion
	No Apto/Desarrollo Tuberculo
	No Apto/Des. Tuberculo y Comercializacion
	Marg. Apto/Comercializacion
	No Apto/Comercializacion



CUENCA ALTA RIO REVENTAZON  
USO ACTUAL PREDOMINANTE

INPCI

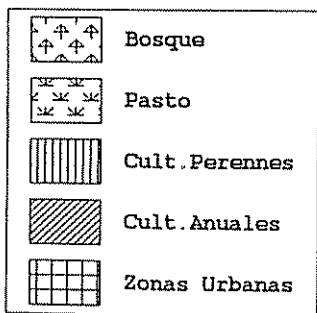
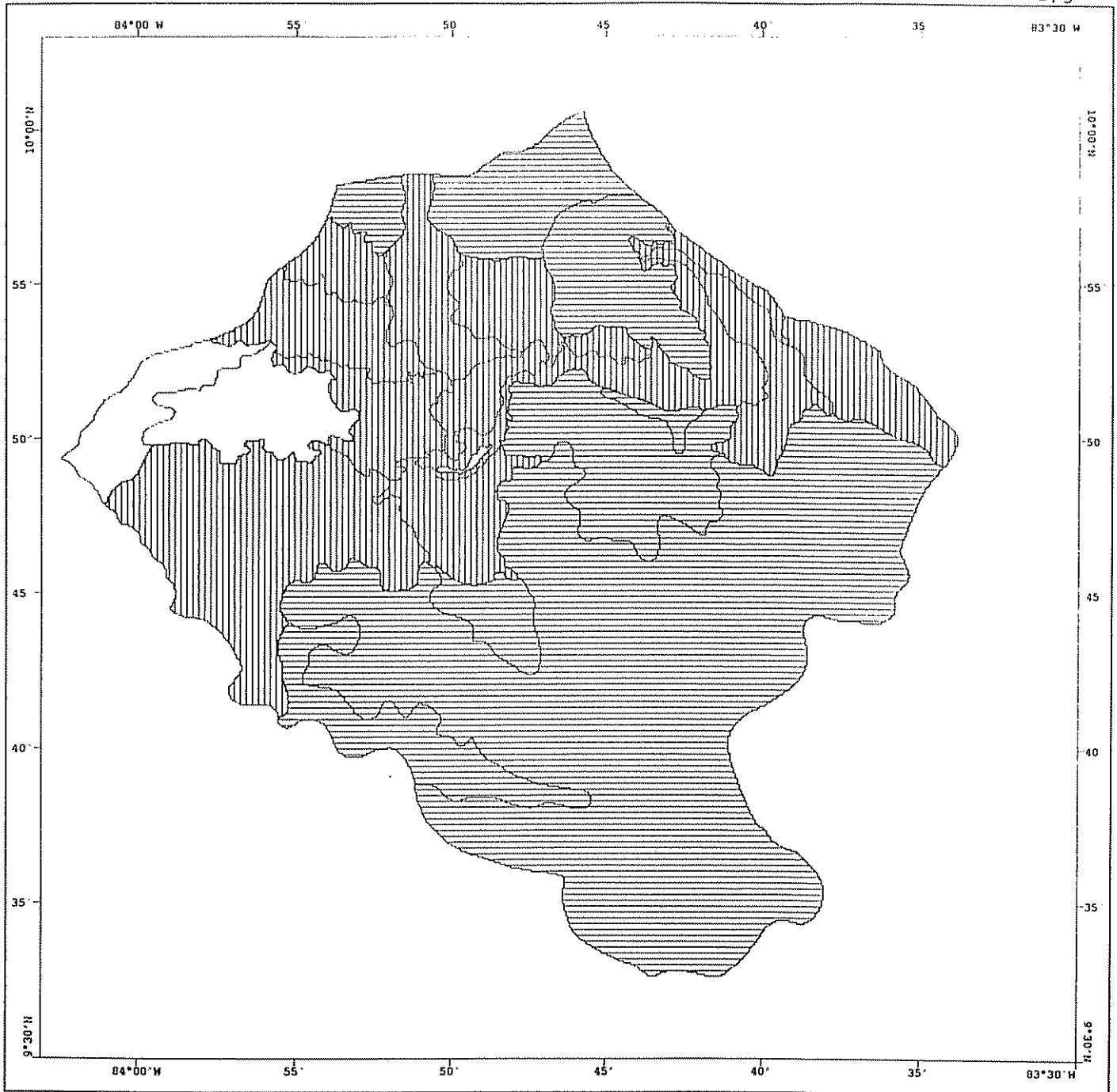


Figura 18



CUENCA ALTA RIO REVENTAZON  
PRODUCCION DE AGUA

IPCI

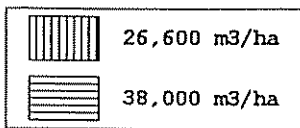


Figura 19



## BASE DATOS 1, INFO-GENERAL

ID ALES	ID IDRISI	Nombre	Area (KM2)	Distrito politico	Est. Metereologica
crev22	18	Villa Mills	594.99	30203	73033
crev20	21	Tres de Junio	54.33	30802	73039
crev19	19	Tapanti	22.66	30203	73030
crev21	22	La Cangreja	146.11	30802	73041
crev3	15	Pejiballe	82.68	30403	73045
crev18	20	Cachi-Orosi	38.62	30204	73046
crev15	13	Paraiso	35.17	30201	73024
crev16	11	Quebradilla	35.88	30111	73018
crev1	5	La Suiza-Tuis	36.05	30502	73044
crev4	16	Tucurrique	5.55	30402	73047
crev17	3	Turrialba Oeste	57.24	30501	73094
crev14	12	Cartago	48.68	30102	73003
crev7	14	Cervantes	18.01	30602	73014
crev9	8	Cipreses	40.72	30704	73022
crev11	10	Cot	39.52	30702	73011
crev6	6	Jimenez	6.71	30401	73019
crev2	4	Turrialba	36.39	30501	73010
crev10	23	Tierra Blanca	18.97	30108	73011
crev8	7	Pacayas	30.10	30601	73022
crev13	1	Coliblanco	55.91	30603	73082
crev12	9	Volcan Irazu	14.49	30703	73102
crev5	2	Sta.Cruz-Capellades	61.49	30504	73074

## BASE DATOS 1, INFO-GENERAL

Grupo climático	Perfil Suelo	Pendiente (%)	Latitud	Longitud
h3-h4	4	60-99	09'34"00	83'43"00
g10	374	30-45	09'40"00	83'51"00
h3	374	60-99	09'44"00	83'48"00
b9	184	30-45	09'48"00	83'58"00
f9	375	45-60	09'48"49	83'42"23
c9	375	15-30	09'49"36	83'48"14
c8	385	5-15	09'50"24	83'52"02
a5	385	30-45	09'50"40	83'59"35
e9	470	30-45	09'51"15	83'36"56
g9	375	30-45	09'51"18	83'43"32
e9	Catie S.Birrisito	15-30	09'52"00	83'41"00
a5	33	15-30	09'52"00	83'56"00
c9	386	15-30	09'53"17	83'48"35
c8-b11	362	30-45	09'53"31	83'50"45
b9	384	15-30	09'53"38	83'36"56
c9	414	15-30	09'53"43	83'44"53
d9	Catie S.Instituto	1-15	09'54"25	83'41"09
b9	32	15-30	09'55"02	83'50"40
e12	475	30-45	09'55"07	83'48"41
f11	475	30-45	09'57"00	83'48"00
g14	66	30-45	09'58"00	83'52"00
g7	382	45-60	09'58"05	83'44"04

## BASE DATOS 2, INFO CLIMA

ID ALES	Altitud (msnm)	Erosivid. pluvial (Mjoules/cm2)	Meses Sec. Cons.	Temp. promid anual °
crev22	3000	125	1	7.3
crev20	2500	175	1	15.2
crev19	2000	700	0	21
crev21	1830	175	2	21
crev3	643	450	0	21.8
crev18	1049	350	1	21.1
crev15	1325	250	2	19.5
crev16	1445	175	3	18.4
crev1	616	300	1	21.1
crev4	777	350	1	21.1
crev17	1000	300	1	21
crev14	1100	250	3	20.1
crev7	1441	250	2	20.1
crev9	1700	175	1	18
crev11	1810	175	2	15.2
crev6	1165	300	1	20.9
crev2	646	300	1	22.5
crev10	2080	175	2	15.2
crev8	1735	175	2	16.2
crev13	2200	175	2	15.1
crev12	2760	150	2	14.1
crev5	1475	250	1	17

## BASE DATOS 2, INFO CLIMA

Precip. prom. anual (mm)	Precip. G.Clima (mm)	ETP G/Clima (m)	Escorrentia Aprox. (mm)
2812	4560	1140	3420
2978	2300	1140	1160
5371	5100	1275	3825
1712	1700	1420	280
3236	2840	1420	1420
1926	2200	1565	935
1757	1700	1420	280
1455	1300	1420	0
2464.4	2500	1565	935
2204.6	2550	1275	1275
2552	2500	1565	935
1329	1300	1420	0
2200	2200	1565	635
2200	1700	1420	280
1600	1700	1420	280
3335	2200	1565	635
2604.9	2500	1565	935
1600	1700	1420	280
1757	2050	1275	775
2912	2300	1275	1025
1932	1700	855	845
3326.9	2840	1420	1420

## BASE DATOS 3, INFO-SUELOS.

Perfil Suelo	Gran Grupo Suelo	Drenaje	Textura	Profundidad (mts)
4	Haplohumult	Excesivo	Franco Arcillosa	1.5-2
374	Humitropept	Excesivo	Franco arcillosa	1.2-1.5
184	Dystrandept	Bueno	Franco Arcillosa	1.5-2
375	Haplohumult	Excesivo	Arcillosa	1.5-2
385	Dystrandept	Bueno	Franco Arcillosa	1.5-2
470	Humitropept	Mod.lento	Arcillosa	1.2-1.5
375	Humitropept	Excesivo	Arcillosa	1.2-1.5
Catie S.Birrisito	Dystropept	Moderado	Franco Arcillosa	1.5-2
33	Dystrandept	Moderado	Arcillosa	1.5-2
386	Dystrandept	Bueno	Franco Arcillosa	0.5-1.2
362	Dystrandept	Bueno	Franco Arenosa	1.2-1.5
384	Dystrandept	Bueno	Franca	>2
414	Dystrandept	Moderado	Franca	1.5-2
Catie S.Instituto	Dystrandept	Bueno	Franco Arcillosa	1.2-1.5
32	Dystrandept	Bueno	Franca	>2
475	Dystra/Hidran	Bueno	Franco Limosa	>2
66	Dystrandept	Bueno	Franco Arenosa	1.5-2
382	Dystra/Hidran	Excesivo	Franco Arcillosa	1.5-2

## BASE DATOS 3, INFO-SUELOS.

Pedregosidad (%)	pH	Materia Organica(%)	Saturacion de bases (%)	CICE (meq/100 ml)
<5	5.5	5.3	19.5	5.45
5-10	4.5	24.2	1	4
5-10	5.6	6.5	9	35.9
10-15	5.25	5.16	30	6.5
<5	6.3	2.4	12	4.5
<5	4.5	8.05	7.5	5.5
<5	5.4	3.5	53	5.5
<5	5.3	7.5	7.5	53.4
<5	5.3	6.5	30	7.5
15-50	6.5	13.55	7.5	4.18
10-15	6.05	11.9	52	6.8
<5	6.5	6.43	37	6.8
5-10	5.15	23.43	5	1.69
5-10	5	8.9	2.3	40
<5	6	6.3	45	11.15
<5	5.4	14.9	19	4.38
5-10	6.5	6.17	11	7.3
<5	5.7	11.35	3	1.75

## BASE DATOS 3, INFO-SUELOS.

Potasio (meq/100ml)	Magnesio (meq/100ml)	Fosforo (ppm)
0.1	1	9.5
0.1	0.07	2.36
1.22	2.15	
0.19	1.38	20.33
0.15	1.5	6.5
0.2	0.5	7.5
0.2	0.7	3.1
0.53	1.27	3.13
0.5	2.3	6
0.18	0.75	8
0.29	0.75	31
1.27	1.5	12
0.08	0.3	4.6
0.16	0.4	2.6
0.8	2.15	37.5
0.6	0.43	18.5
0.39	1.4	14.6
0.12	0.17	1.3

## BASE DATOS 4, INFO-MANEJO COMERCIO.

ID ALES	Acceso	Presencia Agroindustrias	Pres.C. acopio/Intermed.
crev22	Poco Accs.	Ninguna	ninguno
crev20	Accesible	Ninguna	Ninguno
crev19	Poco Accs	Ninguna	Ninguna
crev21	Poco Accs	Ninguna	Ninguna
Crev3	Accesible	1	3-5
Crev18	Accesible	2-3	5-10
Crev15	Muy Accs.	2-3	3-5
Crev16	Accesible	Ninguna	3-5
Crev1	Accesible	1	5-10
Crev4	Poco Accs.	Ninguna	3-5
crev17	Accesible	2-3	5-10
Crev14	Muy Accs.	Ninguna	Ninguno
Crev7	Muy Accs.	Ninguna	1-2
Crev9	Accesible	Ninguna	Ninguno
Crev11	Muy accs	Ninguna	Ninguno
Crev6	Muy Accs	2-3	3-5
Crev2	Muy accs	2-3	5-10
Crev10	Muy Accs	Ninguna	Ninguno
crev8	Muy Accs	Ninguna	Ninguno
crev13	Accesible	Ninguna	Ninguno
crev12	Muy accs	Ninguna	Ninguno
crev5	Accesible	Ninguna	1-3



## BASE DATOS 4, INFO-MANEJO COMERCIO.

Distancia Acopio-Plantac. (Kms)	Variedad Caña Altura	Variedad Caña Bajura	Origen semilla papa
7-12	H60	Pindar	Alt.No Cert.
15-20	H70	B47	Desconocido
15-20	H60	Pindar	Desconocido
15-20	H62	Pindar	Alt.Segunda
7-12	H60	Q96	Desconocido
15-20	H60	B50	Desconocido
15-20	H60	B50	Zon.med.comerc
15-20	H57	B47	Alt.Segunda
7-12	H57	B50	Desconocido
12-15	H60	B50	Desconocido
12-15	H70	Pindar	Desconocido
12-15	H70	Pindar	Zon.med.comerc
7-12	H57	Pindar	Altura No Cert
3-7	H70	Pindar	Altura No cert
1-3	H70	Pindar	Altura certif
3-7	H70	Pindar	Altura segunda
7-12	H60	Q96	Desconocido
3-7	H60	Q96	Altura certif
3-7	H70	Pindar	altura certif
7-12	H70	Pindar	Altura Segunda
7-12	H62	Pindar	Altura certif
7-12	H70	Pindar	Altura No cert

## BASE DATOS 4, INFO-MANEJO COMERCIO.

Tipo/Peso sem.papa(grs)	Pres.favanderos(Papa)	Carga Animal (UA/Ha)
Seg.(30-40g)	Ninguno	2
Arrf.(20-30g)	Ninguno	3.5
Peq.<10grs)	Ninguno	2
Seg.(30-40grs)	Ninguno	1.5
Arrf.(20-30grs)	Ninguno	2
Seg.(30-40grs)	Ninguno	5
Arrf.(20-30gr)	Ninguno	2
Arrf.(20-30 g)	Ninguno	2
Arrf.(20-30 g)	Ninguno	2
Arrf.(20-30 g)	Ninguno	2
Seg(30-40grs)	Ninguno	2
Arrf (20-30gr)	Ninguno	2
Seg(30-40gr)	1-2	2
Prim.(40-60g)	1-15	2
Prim(40-60g)	30-40	5
seg(30-40g0	Ninguno	2
Peq(10-20g)	Ninguno	2
Prim(40-60g)	15-30	3.5
Prim(40-60g)	30-40	3.5
Seg(30-40g)	1-15	2
Prim(40-60g)	1-15	3.5
Seg(30-40g)	1-15	3.5

## BASE DATOS 5, INFO-SOSTENIBILIDAD.

ID ALES	Intens.uso contaminantes	Tipo contaminantes	Uso Tierra Predominante	Aplicac.biocidas(#C.Veg.)
Crev 9	Mod.alta	Químicos Orgs.	Cult.anuales	9-12
Crev 8	Mod.alta	Químicos Orgs.	Cult.anuales	>12
Crev 7	Media	Químicos Orgs.	Cult.perennes	5-9
Crev 6	Mod.baja	Químicos Orgs.	Cult.perennes	3-5
Crev 5	Mod.baja	Químicos Orgs.	Pasto	5-9
Crev 4	Baja	Químicos Orgs.	Cult.perennes	3-5
Crev 22	Baja	Químicos Orgs.	Cult.perennes	5-9
Crev 21	Baja	Químicos Orgs.	Pasto	3-5
Crev 20	Baja	Microbiológicos	Pasto	<3
Crev 2	Mod.baja	Químicos Orgs.	Cult.perennes	3-5
Crev 19	Baja	Parts.suelo	Bosques	<3
Crev 18	Baja	Químicos Orgs.	Cult.perennes	<3
Crev 17	Baja	Químicos Orgs.	Cult.perennes	<3
Crev 16	Baja	Microbiológicos	Pasto	<3
Crev 15	Baja	Microbiológicos	Pasto	<3
Crev 14	Media	Microbiológicos	Zona Urbana	9-12
Crev 13	Baja	Microbiológicos	Pasto	<3
Crev 12	Mod.baja	Microbiológicos	Pasto	<3
Crev 10	Mod.alta	Químicos Orgs.	Cult.anuales	>12
Crev 1	Baja	Parts.suelo	Cult.perennes	<3
Crev 3	Baja	Químicos Orgs.	Cult.perennes	3-5
Crev 11	Mod.alta	Químicos Orgs.	Cult.anuales	>12

EVALUACION DE TIERRAS, CUENCA SUPERIOR RIO REVENTAZON, C.R.  
Especificaciones de las entradas.

<u>ID/ALES.</u>	<u>Nombre</u>	<u>Unidad</u>	<u>Precio</u>
Acc	Agotamiento del cultivo (Café)	1 vez	38052.00
Aci	Acarreo interno	H/H	110.38
Adh	Aplicación de herbicidas.	H/H	147.20
Adr	Adherente.	lt	1143.63
Ads	Arreglo de sombra.	H/H	147.20
Afs	Aplicación fertilizante.	H/H	110.38
Agc	Agroindustria de la caña	Kg/azúcar	17.49
Alm	Almácigo de café.	planta	15.00
Amt	Abamectina (Insect.)	lt	28000.00
Anm	Aplicación nematicidas e insec	H/H	147.20
Ape	Aplicación de enmiendas.	H/H	110.38
Apr	Aporca.	H/H	110.38
Ara	Arada.	Hr/Maq	2500.00
Arr	Arreglo rompevientos y rondas.	H/H	147.20
Asc	Acarreo semilla, cosecha caña	KmxT.M.	540.00

Atr	Arranca de troncos.	H/H	147.20
Cal	Carbonato de calcio (Cal).	Kg	7.78
Cbn	Beneficiado húmedo, seco café	Fan	819.74
Ccc	Corta y carga de caña.	H/H	147.20
Ccs	Corta, carga semilla caña	H/H	147.20
Cls	Clasificación de semilla	H/H	110.38
Clt	Clorotalonyl (Fung).	lt	1660.00
Cmm	Control manual de malezas.	H/H	110.38
Cpe	Control plagas y enfermedades.	H/H	147.20
Cpt	Captan	Kg	636.00
Crm	Control de madurez de caña.	H/H	110.38
Csa	Cargas sociales administrativa vez		13321.00
Csp	Cosecha de papa	Kg	1.81
Css	Cargas sociales 1 (44%).	Colones	1.00
Cst	Cargas sociales 2 (24%).	¢	1.00
Csu	Conservación de suelos.	H/H	110.38
Ctp	Cartap (Insect.)	Kg	2350.00
CxC	Carboxin+Captan (Fung.)	Kg	2590.00

Cyp	Cyproconazole.	lt	7270.00
Dcm	Decametrina (Insect).	lt	3080.00
Dfs	Desinfección de semilla	h/h	147.20
Dhj	Deshija.	H/H	110.38
Dme	Depreciación maquinaria eq.	vez	10010.00
Dpc	Depreciación de construcción.	vez	5500.00
Epr	Estacones de poro	estacones	10.00
Faf	Fertilizante 10-30-10.	Kg	33.90
Fak	Fertilizante alto K 20-3-20	Kg	29.85
Fas	Fertilizante alto P+S 10-30-10	Kg	38.45
Ffc	Fertilizante FC. 20-7-12-3-1.2	Kg	29.54
Ffm	Fertilizante FC alta Mg 18.5.15Kg		30.94
Ffo	Fertilizante foliar 20-20-20.	Kg	150.00
Fpa	Fertilizante Nitrato Amonio	Kg	24.50
Fsm	Fertilizante Sulfato Magnesio	Kg	95.00
Fur	Urea 46% N..	Kg	57.85
Gac	Gastos administrativos (Caña).	colones	24000.00
Gad	Gastos administrativos (Café).	vez	30276.00

Gae	Gastos electricidad	colones	1.00
Gal	Gastos Administrativos leche	colones	1.00
Gav	Gastos veterinarios	visitas	10000.00
Gfc	Gastos financieros (Caña).	colones	1.00
Gfn	Gastos financieros (Café).	colones	1.00
Gfs	Glifosato.	lt	1608.05
Hav	Herbicida 2-4-D.	lt	332.88
Hcu	Hidróxido de cobre.	Kg	596.25
Hdi	Herbicida Diurón.	Kg	1608.00
Hmc	Humectante.	lt	567.33
Hrr	Herramientas.	vez	44170.00
Hyd	Hoyada.	H/H	147.20
Inn	Insecticida-nematicida.	Kg	555.00
Ins	Inseminacion	colones	1.00
Itc	Imp.territorial, D.camino	vez	2600.00
Mca	Mantenimiento cercas, caminos	colones	1.00
Mcm	Mantenimiento construc,maq,eq	colones	1.00

Mmd	Metamidofos (Insect).	lt	1425.00
Mpt	Methil parathion (Insect).	lt	975.00
Mts	Metalosato.	lt	1680.90
Mzn	Mancozeb (Fung.)	Kg	680.00
Nuz	Fertilizante foliar Zinc.	Kg	300.00
OxM	Oxadecil+Mancozeb (Fung).	Kg	2690.00
Pod	Poda del cafeto.	H/H	110.38
Prm	Propamocap (Fung.)	lt	4400.00
Prq	Paraquat.	lt	620.10
Pte	Preparación de terreno.	H/H	147.20
Pvt	Productos veterinarios	colones	1.00
Ras	Rastrea.	Hr/Maq	2000.00
Rcf	Recolección de café.	D.Hl. (½ F)	1000.00
Rmg	Remanga.	H/H	110.38
Rsb	Resiembra.	H/H	110.38
Rtd	Rotada	hr/maq	1500.00
Scf	Siembra.	H/H	110.38
Scsl	Salarios,cargas socs. leche.	colones	1.00



Sec	Semilla de caña en pie.	T.M.	3000.00
Spp	Semilla de papa.	Kg	48.30
Sqd	Surqueada	hr/anim	300.00
Ssp	Siembra sombra de poró.	H/H	110.38
Sub	Subsolada.	Hr/Maq	3000.00
Sur	Surcada.	Hr/Maq	2000.00
Tpd	Tapada de semilla	H/H	110.38
Trf	Transporte de fruta (Café).	D.Hl. (½ F)	130.00
Trm	Transporte de materiales.	colones	1.00
Ttz	Terbutilazina.	lt	1280.00
Tyc	Tyociclam (Insect).	lt	4575.50
Utb	Utilidad del beneficio (Café).	Kg de café	15.38
Vhl	Vacas Holstein	UA	100000.00
Znf	Zinc foliar.	lt	150.00

## EVALUACION DE TIERRAS CUENCA SUPERIOR RIO REVENTAZON, C.R.

## . Especificaciones de las salidas.

ID/ALES	Nombre	Unidad medida	Precio(¢)
Agp	Agua potable (ICAA)	mts <sup>3</sup>	52.00
Agr	Agua residual y mucílago	lt	0.00
Azr	Azucar blanca sin refinar	Kg	29.15
Bgc	Bagazo de caña	Kg	2.00
Cgr	Cafe en grano (oro).	Kg	178.58
Lcf	Leña de café	Kg	2.00
Lfl	Leche fluida	Kg	44.00
Mlz	Melaza de caña	Kg	4.56
Per	Pergamino de cafe	Kg	2.00
Ppr	Papa de primera.	Kg.	40.00
Pul	Pulpa de cafe	Kg	0.00
Ter	Ternerás	Unidad	8000.00
Vdh	Vacas de desecho	UA	40000.00
Vic	Cachaza	Kg	1.00

## EVALUACION TIERRAS CUENCA SUP.R.REVENTAZON, C,R.

## Land Utilization Type Specifications.

Land utilization type 'Cmst' : Cafe monocultivo con sombra  
tecnificado (Mod. Emergencia)

1- Planning horizon (years): 20

2- Discount rate: 6 %

3- Annual inputs Ha/Yr: not dependent on land use requirements

1 vez 'Csa' : Cargas sociales administrativas.

1 vez 'Gad' : Gastos administrativos (Café).

1 vez 'Itc' : Impuesto territorial y detalle caminos.

2605 colones 'Mca' : Mantenimiento de cercas y caminos.

5703 colones 'Mcm' : Mantenimiento construc,maq, equipo,her.

4- By-year inputs Ha/Yr not dependent on land use requirements

YEAR # 1:

30 H/H 'Adh' : Aplicación de herbicidas.

1 lt 'Adr' : Adherente.

8.3 H/H 'Ads' : Arreglo de sombra.

40 H/H 'Afs' : Aplicación fertilizante.

5000 planta 'Alm' : Almacigo de café.

20 H/H 'Anm' : Aplicación nematicidas e insecticidas.

100 H/H 'Cmm' : Control manual de malezas.

40.4 H/H 'Cpe' : Control plagas y enfermedades.

51632 Colones 'Css' : Cargas sociales 1 (44%).

90 H/H 'Csu' : Conservación de suelos.

.5 lt 'Cyp' : Cyproconazole.

238 estacones 'Epr' : Estacones de poro

200 Kg 'Faf' : Fertilizante 10-30-10.

3 Kg 'Ffo' : Fertilizante foliar 20-20-20.

400 Kg 'Fpa' : Fertilizante nitrogenado (N. de amonio).

.5 lt 'Gfs' : Glifosato.

1 lt 'Hav' : Herbicida 2-4-D.

2 Kg 'Hcu' : Hidróxido de cobre.  
.5 lt 'Hmc' : Humectante.  
25 Kg 'Inn' : Insecticida-nematicida.  
2 lt 'Prq' : Paraquat.  
252 H/H 'Pte' : Preparación de terreno.  
343 H/H 'Scf' : Siembra.  
22 H/H 'Ssp' : Siembra sombra de poró.  
11530 colones 'Trm' : Transporte de materiales.  
1.5 lt 'Ttz' : Terbutilazina.  
YEAR # 2:  
28 H/H 'Adh' : Aplicación de herbicidas.  
1 lt 'Adr' : Adherente.  
48 H/H 'Ads' : Arreglo de sombra.  
32 H/H 'Afs' : Aplicación fertilizante.  
250 planta 'Alm' : Almacigo de café.  
20 Fan 'Cbn' : Beneficiado húmedo y seco (Café).  
92 H/H 'Cmm' : Control manual de malezas.  
44 H/H 'Cpe' : Control plagas y enfermedades.  
19717 Colones 'Css' : Cargas sociales 1 (44%).  
76.5 H/H 'Csu' : Conservación de suelos.  
.5 lt 'Cyp' : Cyproconazole.  
300 Kg 'Ffc' : Fertilizante fórmula completa(20-7-12).  
3 Kg 'Ffo' : Fertilizante foliar 20-20-20.  
300 Kg 'Fpa' : Fertilizante nitrogenado (N. de amonio).  
.5 lt 'Gfs' : Glifosato.  
1 lt 'Hav' : Herbicida 2-4-D.  
2 Kg 'Hcu' : Hidróxido de cobre.  
.5 lt 'Hmc' : Humectante.  
2 lt 'Prq' : Paraquat.  
40 D.Hl. (½ Fan) 'Rcf' : Recolección de café.  
28.2 H/H 'Rsb' : Resiembra.  
40 D.Hl. (½ Fan) 'Trf' : Transporte de fruta (Café).  
2030 colones 'Trm' : Transporte de materiales.  
1.5 lt 'Ttz' : Terbutilazina.  
920 Kg de café oro 'Utb' : Utilidad del beneficio (Café).

## YEAR # 3:

20 H/H 'Adh' : Aplicación de herbicidas.  
 1 lt 'Adr' : Adherente.  
 36 H/H 'Ads' : Arreglo de sombra.  
 37 H/H 'Afs' : Aplicación fertilizante.  
 100 planta 'Alm' : Almácigo de café.  
 10 H/H 'Ape' : Aplicación de enmiendas.  
 12 H/H 'Atr' : Arranca de troncos.  
 333 Kg 'Cal' : Carbonato de calcio (Cal).  
 45 Fan 'Cbn' : Beneficiado húmedo y seco (Café).  
 12 H/H 'Cmm' : Control manual de malezas.  
 40 H/H 'Cpe' : Control plagas y enfermedades.  
 15106 Colones 'Css' : Cargas sociales 1 (44%).  
 12 H/H 'Csu' : Conservación de suelos.  
 32 H/H 'Dhj' : Deshija.  
 600 Kg 'Ffc' : Fertilizante fórmula completa(20-7-12).  
 4 Kg 'Ffo' : Fertilizante foliar 20-20-20.  
 250 Kg 'Fpa' : Fertilizante nitrogenado (N. de amonio).  
 1.5 lt 'Gfs' : Glifosato.  
 2.5 Kg 'Hcu' : Hidróxido de cobre.  
 .5 lt 'Hmc' : Humectante.  
 6 H/H 'Hyd' : Hoyada.  
 48 H/H 'Pod' : Poda del cafeto.  
 90 D.Hl. (½ Fan) 'Rcf' : Recolección de café.  
 8 H/H 'Rsb' : Resiembra.  
 90 D.Hl. (½ Fan) 'Trf' : Transporte de fruta (Café).  
 3103 colones 'Trm' : Transporte de materiales.  
 3.5 lt 'Ttz' : Terbutilazina.  
 2010 Kg de café oro 'Utb' : Utilidad del beneficio (Café).

## YEAR # 4:

20 H/H 'Adh' : Aplicación de herbicidas.  
 1 lt 'Adr' : Adherente.  
 36 H/H 'Ads' : Arreglo de sombra.  
 37 H/H 'Afs' : Aplicación fertilizante.  
 100 planta 'Alm' : Almácigo de café.

10 H/H 'Ape' : Aplicación de enmiendas.  
12 H/H 'Atr' : Arranca de troncos.  
333 Kg 'Cal' : Carbonato de calcio (Cal).  
45 Fan 'Cbn' : Beneficiado húmedo y seco (Café).  
12 H/H 'Cmm' : Control manual de malezas.  
40 H/H 'Cpe' : Control plagas y enfermedades.  
15106 Colones 'Css' : Cargas sociales 1 (44%).  
12 H/H 'Csu' : Conservación de suelos.  
32 H/H 'Dhj' : Deshija.  
600 Kg 'Ffc' : Fertilizante fórmula completa(20-7-12).  
4 Kg 'Ffo' : Fertilizante foliar 20-20-20.  
250 Kg 'Fpa' : Fertilizante nitrogenado (N. de amonio).  
1.5 lt 'Gfs' : Glifosato.  
2.5 Kg 'Hcu' : Hidróxido de cobre.  
.5 lt 'Hmc' : Humectante.  
6 H/H 'Hyd' : Hoyada.  
48 H/H 'Pod' : Poda del cafeto.  
90 D.Hl. (½ Fan) 'Rcf' : Recolección de café.  
8 H/H 'Rsb' : Resiembra.  
90 D.Hl. (½ Fan) 'Trf' : Transporte de fruta (Café).  
3103 colones 'Trm' : Transporte de materiales.  
3.5 lt 'Ttz' : Terbutilazina.  
2010 Kg de café oro 'Utb' : Utilidad del beneficio (Café).  
YEAR # 5:  
20 H/H 'Adh' : Aplicación de herbicidas.  
1 lt 'Adr' : Adherente.  
36 H/H 'Ads' : Arreglo de sombra.  
37 H/H 'Afs' : Aplicación fertilizante.  
100 planta 'Alm' : Almacigo de café.  
10 H/H 'Ape' : Aplicación de enmiendas.  
12 H/H 'Atr' : Arranca de troncos.  
333 Kg 'Cal' : Carbonato de calcio (Cal).  
45 Fan 'Cbn' : Beneficiado húmedo y seco (Café).  
12 H/H 'Cmm' : Control manual de malezas.  
40 H/H 'Cpe' : Control plagas y enfermedades.

15106 Colones 'Css' : Cargas sociales 1 (44%).  
 12 H/H 'Csu' : Conservación de suelos.  
 32 H/H 'Dhj' : Deshija.  
 600 Kg 'Ffc' : Fertilizante fórmula completa(20-7-12).  
 4 Kg 'Ffo' : Fertilizante foliar 20-20-20.  
 250 Kg 'Fpa' : Fertilizante nitrogenado (N. de amonio).  
 1.5 lt 'Gfs' : Glifosato.  
 2.5 Kg 'Hcu' : Hidróxido de cobre.  
 .5 lt 'Hmc' : Humectante.  
 6 H/H 'Hyd' : Hoyada.  
 48 H/H 'Pod' : Poda del cafeto.  
 90 D.Hl. (½ Fan) 'Rcf' : Recolección de café.  
 8 H/H 'Rsb' : Resiembra.  
 90 D.Hl. (½ Fan) 'Trf' : Transporte de fruta (Café).  
 3103 colones 'Trm' : Transporte de materiales.  
 3.5 lt 'Ttz' : Terbutilazina.  
 2010 Kg de café oro 'Utb' : Utilidad del beneficio (Café).  
 YEAR # 6:  
 20 H/H 'Adh' : Aplicación de herbicidas.  
 1 lt 'Adr' : Adherente.  
 36 H/H 'Ads' : Arreglo de sombra.  
 37 H/H 'Afs' : Aplicación fertilizante.  
 100 planta 'Alm' : Almácigo de café.  
 0 H/H 'Anm' : Aplicación nematicidas e insecticidas.  
 10 H/H 'Ape' : Aplicación de enmiendas.  
 12 H/H 'Atr' : Arranca de troncos.  
 333 Kg 'Cal' : Carbonato de calcio (Cal).  
 45 Fan 'Cbn' : Beneficiado húmedo y seco (Café).  
 12 H/H 'Cmm' : Control manual de malezas.  
 40 H/H 'Cpe' : Control plagas y enfermedades.  
 15106 Colones 'Css' : Cargas sociales 1 (44%).  
 12 H/H 'Csu' : Conservación de suelos.  
 32 H/H 'Dhj' : Deshija.  
 600 Kg 'Ffc' : Fertilizante fórmula completa(20-7-12).  
 4 Kg 'Ffo' : Fertilizante foliar 20-20-20.

250 Kg 'Fpa' : Fertilizante nitrogenado (N. de amonio).  
 1.5 lt 'Gfs' : Glifosato.  
 2.5 Kg 'Hcu' : Hidróxido de cobre.  
 .5 lt 'Hmc' : Humectante.  
 6 H/H 'Hyd' : Hoyada.  
 0 Kg 'Inn' : Insecticida-nematicida.  
 48 H/H 'Pod' : Poda del cafeto.  
 90 D.Hl. (½ Fan) 'Rcf' : Recolección de café.  
 8 H/H 'Rsb' : Resiembra.  
 90 D.Hl. (½ Fan) 'Trf' : Transporte de fruta (Café).  
 3103 colones 'Trm' : Transporte de materiales.  
 3.5 lt 'Ttz' : Terbutilazina.  
 2010 Kg de café oro 'Utb' : Utilidad del beneficio (Café).  
 YEAR # 7:  
 20 H/H 'Adh' : Aplicación de herbicidas.  
 1 lt 'Adr' : Adherente.  
 36 H/H 'Ads' : Arreglo de sombra.  
 37 H/H 'Afs' : Aplicación fertilizante.  
 100 planta 'Alm' : Almacigo de café.  
 10 H/H 'Ape' : Aplicación de enmiendas.  
 12 H/H 'Atr' : Arranca de troncos.  
 333 Kg 'Cal' : Carbonato de calcio (Cal).  
 45 Fan 'Cbn' : Beneficiado húmedo y seco (Café).  
 12 H/H 'Cmm' : Control manual de malezas.  
 40 H/H 'Cpe' : Control plagas y enfermedades.  
 15106 Colones 'Css' : Cargas sociales 1 (44%).  
 12 H/H 'Csu' : Conservación de suelos.  
 32 H/H 'Dhj' : Deshija.  
 600 Kg 'Ffc' : Fertilizante fórmula completa(20-7-12).  
 4 Kg 'Ffo' : Fertilizante foliar 20-20-20.  
 250 Kg 'Fpa' : Fertilizante nitrogenado (N. de amonio).  
 1.5 lt 'Gfs' : Glifosato.  
 2.5 Kg 'Hcu' : Hidróxido de cobre.  
 .5 lt 'Hmc' : Humectante.  
 6 H/H 'Hyd' : Hoyada.



48 H/H 'Pod' : Poda del cafeto.  
90 D.Hl. (½ Fan) 'Rcf' : Recolección de café.  
8 H/H 'Rsb' : Resiembra.  
90 D.Hl. (½ Fan) 'Trf' : Transporte de fruta (Café).  
3103 colones 'Trm' : Transporte de materiales.  
3.5 lt 'Ttz' : Terbutilazina.  
2010 Kg de café oro 'Utb' : Utilidad del beneficio (Café).  
YEAR # 8:  
20 H/H 'Adh' : Aplicación de herbicidas.  
1 lt 'Adr' : Adherente.  
36 H/H 'Ads' : Arreglo de sombra.  
37 H/H 'Afs' : Aplicación fertilizante.  
100 planta 'Alm' : Almacigo de café.  
10 H/H 'Ape' : Aplicación de enmiendas.  
12 H/H 'Atr' : Arranca de troncos.  
333 Kg 'Cal' : Carbonato de calcio (Cal).  
45 Fan 'Cbn' : Beneficiado húmedo y seco (Café).  
12 H/H 'Cmm' : Control manual de malezas.  
40 H/H 'Cpe' : Control plagas y enfermedades.  
15106 Colones 'Css' : Cargas sociales 1 (44%).  
12 H/H 'Csu' : Conservación de suelos.  
32 H/H 'Dhj' : Deshija.  
600 Kg 'Ffc' : Fertilizante fórmula completa(20-7-12).  
4 Kg 'Ffo' : Fertilizante foliar 20-20-20.  
250 Kg 'Fpa' : Fertilizante nitrogenado (N. de amonio).  
1.5 lt 'Gfs' : Glifosato.  
2.5 Kg 'Hcu' : Hidróxido de cobre.  
.5 lt 'Hmc' : Humectante.  
6 H/H 'Hyd' : Hoyada.  
48 H/H 'Pod' : Poda del cafeto.  
90 D.Hl. (½ Fan) 'Rcf' : Recolección de café.  
8 H/H 'Rsb' : Resiembra.  
90 D.Hl. (½ Fan) 'Trf' : Transporte de fruta (Café).  
3103 colones 'Trm' : Transporte de materiales.  
3.5 lt 'Ttz' : Terbutilazina.

2010 Kg de café oro 'Utb' : Utilidad del beneficio (Café).

YEAR # 9:

20 H/H 'Adh' : Aplicación de herbicidas.

1 lt 'Adr' : Adherente.

36 H/H 'Ads' : Arreglo de sombra.

37 H/H 'Afs' : Aplicación fertilizante.

100 planta 'Alm' : Almacigo de café.

10 H/H 'Ape' : Aplicación de enmiendas.

12 H/H 'Atr' : Arranca de troncos.

333 Kg 'Cal' : Carbonato de calcio (Cal).

45 Fan 'Cbn' : Beneficiado húmedo y seco (Café).

12 H/H 'Cmm' : Control manual de malezas.

40 H/H 'Cpe' : Control plagas y enfermedades.

15106 Colones 'Css' : Cargas sociales 1 (44%).

12 H/H 'Csu' : Conservación de suelos.

32 H/H 'Dhj' : Deshija.

600 Kg 'Ffc' : Fertilizante fórmula completa(20-7-12).

4 Kg 'Ffo' : Fertilizante foliar 20-20-20.

250 Kg 'Fpa' : Fertilizante nitrogenado (N. de amonio).

1.5 lt 'Gfs' : Glifosato.

2.5 Kg 'Hcu' : Hidróxido de cobre.

.5 lt 'Hmc' : Humectante.

6 H/H 'Hyd' : Hoyada.

48 H/H 'Pod' : Poda del cafeto.

90 D.Hl. (½ Fan) 'Rcf' : Recolección de café.

8 H/H 'Rsb' : Resiembra.

90 D.Hl. (½ Fan) 'Trf' : Transporte de fruta (Café).

3103 colones 'Trm' : Transporte de materiales.

3.5 lt 'Ttz' : Terbutilazina.

2010 Kg de café oro 'Utb' : Utilidad del beneficio (Café).

YEAR # 10:

20 H/H 'Adh' : Aplicación de herbicidas.

1 lt 'Adr' : Adherente.

36 H/H 'Ads' : Arreglo de sombra.

37 H/H 'Afs' : Aplicación fertilizante.

100 planta 'Alm' : Almácigo de café.  
10 H/H 'Ape' : Aplicación de enmiendas.  
12 H/H 'Atr' : Arranca de troncos.  
333 Kg 'Cal' : Carbonato de calcio (Cal).  
45 Fan 'Cbn' : Beneficiado húmedo y seco (Café).  
12 H/H 'Cmm' : Control manual de malezas.  
40 H/H 'Cpe' : Control plagas y enfermedades.  
15106 Colones 'Css' : Cargas sociales 1 (44%).  
12 H/H 'Csu' : Conservación de suelos.  
32 H/H 'Dhj' : Deshija.  
600 Kg 'Ffc' : Fertilizante fórmula completa(20-7-12).  
4 Kg 'Ffo' : Fertilizante foliar 20-20-20.  
250 Kg 'Fpa' : Fertilizante nitrogenado (N. de amonio).  
1.5 lt 'Gfs' : Glifosato.  
2.5 Kg 'Hcu' : Hidróxido de cobre.  
.5 lt 'Hmc' : Humectante.  
6 H/H 'Hyd' : Hoyada.  
48 H/H 'Pod' : Poda del cafeto.  
90 D.Hl. (½ Fan) 'Rcf' : Recolección de café.  
8 H/H 'Rsb' : Resiembra.  
90 D.Hl. (½ Fan) 'Trf' : Transporte de fruta (Café).  
3103 colones 'Trm' : Transporte de materiales.  
3.5 lt 'Ttz' : Terbutilazina.  
2010 Kg de café oro 'Utb' : Utilidad del beneficio (Café).  
YEAR # 11:  
20 H/H 'Adh' : Aplicación de herbicidas.  
1 lt 'Adr' : Adherente.  
36 H/H 'Ads' : Arreglo de sombra.  
37 H/H 'Afs' : Aplicación fertilizante.  
100 planta 'Alm' : Almácigo de café.  
10 H/H 'Ape' : Aplicación de enmiendas.  
12 H/H 'Atr' : Arranca de troncos.  
333 Kg 'Cal' : Carbonato de calcio (Cal).  
45 Fan 'Cbn' : Beneficiado húmedo y seco (Café).  
12 H/H 'Cmm' : Control manual de malezas.

40 H/H 'Cpe' : Control plagas y enfermedades.  
 15106 Colones 'Css' : Cargas sociales 1 (44%).  
 12 H/H 'Csu' : Conservación de suelos.  
 32 H/H 'Dhj' : Deshija.  
 600 Kg 'Ffc' : Fertilizante fórmula completa(20-7-12).  
 4 Kg 'Ffo' : Fertilizante foliar 20-20-20.  
 250 Kg 'Fpa' : Fertilizante nitrogenado (N. de amonio).  
 1.5 lt 'Gfs' : Glifosato.  
 2.5 Kg 'Hcu' : Hidróxido de cobre.  
 .5 lt 'Hmc' : Humectante.  
 6 H/H 'Hyd' : Hoyada.  
 48 H/H 'Pod' : Poda del cafeto.  
 90 D.Hl. (½ Fan) 'Rcf' : Recolección de café.  
 8 H/H 'Rsb' : Resiembra.  
 90 D.Hl. (½ Fan) 'Trf' : Transporte de fruta (Café).  
 3103 colones 'Trm' : Transporte de materiales.  
 3.5 lt 'Ttz' : Terbutilazina.  
 2010 Kg de café oro 'Utb' : Utilidad del beneficio (Café).  
 YEAR # 12:  
 20 H/H 'Adh' : Aplicación de herbicidas.  
 1 lt 'Adr' : Adherente.  
 36 H/H 'Ads' : Arreglo de sombra.  
 37 H/H 'Afs' : Aplicación fertilizante.  
 100 planta 'Alm' : Almacigo de café.  
 10 H/H 'Ape' : Aplicación de enmiendas.  
 12 H/H 'Atr' : Arranca de troncos.  
 333 Kg 'Cal' : Carbonato de calcio (Cal).  
 45 Fan 'Cbn' : Beneficiado húmedo y seco (Café).  
 12 H/H 'Cmm' : Control manual de malezas.  
 40 H/H 'Cpe' : Control plagas y enfermedades.  
 15106 Colones 'Css' : Cargas sociales 1 (44%).  
 12 H/H 'Csu' : Conservación de suelos.  
 32 H/H 'Dhj' : Deshija.  
 600 Kg 'Ffc' : Fertilizante fórmula completa(20-7-12).  
 4 Kg 'Ffo' : Fertilizante foliar 20-20-20.

250 Kg 'Fpa' : Fertilizante nitrogenado (N. de amonio).  
1.5 lt 'Gfs' : Glifosato.  
2.5 Kg 'Hcu' : Hidróxido de cobre.  
.5 lt 'Hmc' : Humectante.  
6 H/H 'Hyd' : Hoyada.  
48 H/H 'Pod' : Poda del cafeto.  
90 D.Hl. (½ Fan) 'Rcf' : Recolección de café.  
8 H/H 'Rsb' : Resiembra.  
90 D.Hl. (½ Fan) 'Trf' : Transporte de fruta (Café).  
3103 colones 'Trm' : Transporte de materiales.  
3.5 lt 'Ttz' : Terbutilazina.  
2010 Kg de café oro 'Utb' : Utilidad del beneficio (Café).  
YEAR # 13:  
20 H/H 'Adh' : Aplicación de herbicidas.  
1 lt 'Adr' : Adherente.  
36 H/H 'Ads' : Arreglo de sombra.  
37 H/H 'Afs' : Aplicación fertilizante.  
100 planta 'Alm' : Almacigo de café.  
10 H/H 'Ape' : Aplicación de enmiendas.  
12 H/H 'Atr' : Arranca de troncos.  
333 Kg 'Cal' : Carbonato de calcio (Cal).  
45 Fan 'Cbn' : Beneficiado húmedo y seco (Café).  
12 H/H 'Cmm' : Control manual de malezas.  
40 H/H 'Cpe' : Control plagas y enfermedades.  
15106 Colones 'Css' : Cargas sociales 1 (44%).  
12 H/H 'Csu' : Conservación de suelos.  
32 H/H 'Dhj' : Deshija.  
600 Kg 'Ffc' : Fertilizante fórmula completa(20-7-12).  
4 Kg 'Ffo' : Fertilizante foliar 20-20-20.  
250 Kg 'Fpa' : Fertilizante nitrogenado (N. de amonio).  
1.5 lt 'Gfs' : Glifosato.  
2.5 Kg 'Hcu' : Hidróxido de cobre.  
.5 lt 'Hmc' : Humectante.  
6 H/H 'Hyd' : Hoyada.  
48 H/H 'Pod' : Poda del cafeto.

90 D.Hl. (½ Fan) 'Rcf' : Recolección de café.  
8 H/H 'Rsb' : Resiembra.  
90 D.Hl. (½ Fan) 'Trf' : Transporte de fruta (Café).  
3103 colones 'Trm' : Transporte de materiales.  
3.5 lt 'Ttz' : Terbutilazina.  
2010 Kg de café oro 'Utb' : Utilidad del beneficio (Café).  
YEAR # 14:  
20 H/H 'Adh' : Aplicación de herbicidas.  
1 lt 'Adr' : Adherente.  
36 H/H 'Ads' : Arreglo de sombra.  
37 H/H 'Afs' : Aplicación fertilizante.  
100 planta 'Alm' : Almacigo de café.  
10 H/H 'Ape' : Aplicación de enmiendas.  
12 H/H 'Atr' : Arranca de troncos.  
333 Kg 'Cal' : Carbonato de calcio (Cal).  
45 Fan 'Cbn' : Beneficiado húmedo y seco (Café).  
12 H/H 'Cmm' : Control manual de malezas.  
40 H/H 'Cpe' : Control plagas y enfermedades.  
15106 Colones 'Css' : Cargas sociales 1 (44%).  
12 H/H 'Csu' : Conservación de suelos.  
32 H/H 'Dhj' : Deshija.  
600 Kg 'Ffc' : Fertilizante fórmula completa(20-7-12).  
4 Kg 'Ffo' : Fertilizante foliar 20-20-20.  
250 Kg 'Fpa' : Fertilizante nitrogenado (N. de amonio).  
1.5 lt 'Gfs' : Glifosato.  
2.5 Kg 'Hcu' : Hidróxido de cobre.  
.5 lt 'Hmc' : Humectante.  
6 H/H 'Hyd' : Hoyada.  
48 H/H 'Pod' : Poda del cafeto.  
90 D.Hl. (½ Fan) 'Rcf' : Recolección de café.  
8 H/H 'Rsb' : Resiembra.  
90 D.Hl. (½ Fan) 'Trf' : Transporte de fruta (Café).  
3103 colones 'Trm' : Transporte de materiales.  
3.5 lt 'Ttz' : Terbutilazina.  
2010 Kg de café oro 'Utb' : Utilidad del beneficio (Café).

## YEAR # 15:

20 H/H 'Adh' : Aplicación de herbicidas.  
1 lt 'Adr' : Adherente.  
36 H/H 'Ads' : Arreglo de sombra.  
37 H/H 'Afs' : Aplicación fertilizante.  
100 planta 'Alm' : Almacigo de café.  
10 H/H 'Ape' : Aplicación de enmiendas.  
12 H/H 'Atr' : Arranca de troncos.  
333 Kg 'Cal' : Carbonato de calcio (Cal).  
45 Fan 'Cbn' : Beneficiado húmedo y seco (Café).  
12 H/H 'Cmm' : Control manual de malezas.  
40 H/H 'Cpe' : Control plagas y enfermedades.  
15106 Colones 'Css' : Cargas sociales 1 (44%).  
12 H/H 'Csu' : Conservación de suelos.  
32 H/H 'Dhj' : Dshija.  
600 Kg 'Ffc' : Fertilizante fórmula completa(20-7-12).  
4 Kg 'Ffo' : Fertilizante foliar 20-20-20.  
250 Kg 'Fpa' : Fertilizante nitrogenado (N. de amonio).  
1.5 lt 'Gfs' : Glifosato.  
2.5 Kg 'Hcu' : Hidróxido de cobre.  
.5 lt 'Hmc' : Humectante.  
6 H/H 'Hyd' : Hoyada.  
48 H/H 'Pod' : Poda del cafeto.  
90 D.Hl. (½ Fan) 'Rcf' : Recolección de café.  
8 H/H 'Rsb' : Resiembra.  
90 D.Hl. (½ Fan) 'Trf' : Transporte de fruta (Café).  
3103 colones 'Trm' : Transporte de materiales.  
3.5 lt 'Ttz' : Terbutilazina.  
2010 Kg de café oro 'Utb' : Utilidad del beneficio (Café).

## YEAR # 16:

20 H/H 'Adh' : Aplicación de herbicidas.  
1 lt 'Adr' : Adherente.  
36 H/H 'Ads' : Arreglo de sombra.  
37 H/H 'Afs' : Aplicación fertilizante.  
100 planta 'Alm' : Almacigo de café.

0 H/H 'Anm' : Aplicación nematicidas e insecticidas.  
 10 H/H 'Ape' : Aplicación de enmiendas.  
 12 H/H 'Atr' : Arranca de troncos.  
 333 Kg 'Cal' : Carbonato de calcio (Cal).  
 45 Fan 'Cbn' : Beneficiado húmedo y seco (Café).  
 12 H/H 'Cmm' : Control manual de malezas.  
 40 H/H 'Cpe' : Control plagas y enfermedades.  
 15106 Colones 'Css' : Cargas sociales 1 (44%).  
 12 H/H 'Csu' : Conservación de suelos.  
 32 H/H 'Dhj' : Deshija.  
 600 Kg 'Ffc' : Fertilizante fórmula completa(20-7-12).  
 4 Kg 'Ffo' : Fertilizante foliar 20-20-20.  
 250 Kg 'Fpa' : Fertilizante nitrogenado (N. de amonio).  
 1.5 lt 'Gfs' : Glifosato.  
 2.5 Kg 'Hcu' : Hidróxido de cobre.  
 .5 lt 'Hmc' : Humectante.  
 6 H/H 'Hyd' : Hoyada.  
 48 H/H 'Pod' : Poda del cafeto.  
 90 D.Hl. (½ Fan) 'Rcf' : Recolección de café.  
 8 H/H 'Rsb' : Resiembra.  
 90 D.Hl. (½ Fan) 'Trf' : Transporte de fruta (Café).  
 3103 colones 'Trm' : Transporte de materiales.  
 3.5 lt 'Ttz' : Terbutilazina.  
 2010 Kg de café oro 'Utb' : Utilidad del beneficio (Café).  
 YEAR # 17:  
 20 H/H 'Adh' : Aplicación de herbicidas.  
 1 lt 'Adr' : Adherente.  
 36 H/H 'Ads' : Arreglo de sombra.  
 37 H/H 'Afs' : Aplicación fertilizante.  
 100 planta 'Alm' : Almácigo de café.  
 0 H/H 'Anm' : Aplicación nematicidas e insecticidas.  
 10 H/H 'Ape' : Aplicación de enmiendas.  
 12 H/H 'Atr' : Arranca de troncos.  
 333 Kg 'Cal' : Carbonato de calcio (Cal).  
 45 Fan 'Cbn' : Beneficiado húmedo y seco (Café).



12 H/H 'Cmm' : Control manual de malezas.  
40 H/H 'Cpe' : Control plagas y enfermedades.  
15106 Colones 'Css' : Cargas sociales 1 (44%).  
12 H/H 'Csu' : Conservación de suelos.  
32 H/H 'Dhj' : Deshija.  
600 Kg 'Ffc' : Fertilizante fórmula completa(20-7-12).  
4 Kg 'Ffo' : Fertilizante foliar 20-20-20.  
250 Kg 'Fpa' : Fertilizante nitrogenado (N. de amonio).  
1.5 lt 'Gfs' : Glifosato.  
2.5 Kg 'Hcu' : Hidróxido de cobre.  
.5 lt 'Hmc' : Humectante.  
6 H/H 'Hyd' : Hoyada.  
48 H/H 'Pod' : Poda del cafeto.  
90 D.Hl. (½ Fan) 'Rcf' : Recolección de café.  
8 H/H 'Rsb' : Resiembra.  
90 D.Hl. (½ Fan) 'Trf' : Transporte de fruta (Café).  
3103 colones 'Trm' : Transporte de materiales.  
3.5 lt 'Ttz' : Terbutilazina.  
2010 Kg de café oro 'Utb' : Utilidad del beneficio (Café).  
YEAR # 18:  
20 H/H 'Adh' : Aplicación de herbicidas.  
1 lt 'Adr' : Adherente.  
36 H/H 'Ads' : Arreglo de sombra.  
37 H/H 'Afs' : Aplicación fertilizante.  
100 planta 'Alm' : Almacigo de café.  
10 H/H 'Ape' : Aplicación de enmiendas.  
12 H/H 'Atr' : Arranca de troncos.  
333 Kg 'Cal' : Carbonato de calcio (Cal).  
45 Fan 'Cbn' : Beneficiado húmedo y seco (Café).  
12 H/H 'Cmm' : Control manual de malezas.  
40 H/H 'Cpe' : Control plagas y enfermedades.  
15106 Colones 'Css' : Cargas sociales 1 (44%).  
12 H/H 'Csu' : Conservación de suelos.  
32 H/H 'Dhj' : Deshija.  
600 Kg 'Ffc' : Fertilizante fórmula completa(20-7-12).

4 Kg 'Ffo' : Fertilizante foliar 20-20-20.  
 250 Kg 'Fpa' : Fertilizante nitrogenado (N. de amonio).  
 1.5 lt 'Gfs' : Glifosato.  
 2.5 Kg 'Hcu' : Hidróxido de cobre.  
 .5 lt 'Hmc' : Humectante.  
 6 H/H 'Hyd' : Hoyada.  
 48 H/H 'Pod' : Poda del cafeto.  
 90 D.Hl. (½ Fan) 'Rcf' : Recolección de café.  
 8 H/H 'Rsb' : Resiembra.  
 90 D.Hl. (½ Fan) 'Trf' : Transporte de fruta (Café).  
 3103 colones 'Trm' : Transporte de materiales.  
 3.5 lt 'Ttz' : Terbutilazina.  
 2010 Kg de café oro 'Utb' : Utilidad del beneficio (Café).  
 YEAR # 19:  
 20 H/H 'Adh' : Aplicación de herbicidas.  
 1 lt 'Adr' : Adherente.  
 36 H/H 'Ads' : Arreglo de sombra.  
 37 H/H 'Afs' : Aplicación fertilizante.  
 100 planta 'Alm' : Almacigo de café.  
 10 H/H 'Ape' : Aplicación de enmiendas.  
 12 H/H 'Atr' : Arranca de troncos.  
 333 Kg 'Cal' : Carbonato de calcio (Cal).  
 45 Fan 'Cbn' : Beneficiado húmedo y seco (Café).  
 12 H/H 'Cmm' : Control manual de malezas.  
 40 H/H 'Cpe' : Control plagas y enfermedades.  
 15106 Colones 'Css' : Cargas sociales 1 (44%).  
 12 H/H 'Csu' : Conservación de suelos.  
 32 H/H 'Dhj' : Dshija.  
 600 Kg 'Ffc' : Fertilizante fórmula completa(20-7-12).  
 4 Kg 'Ffo' : Fertilizante foliar 20-20-20.  
 250 Kg 'Fpa' : Fertilizante nitrogenado (N. de amonio).  
 1.5 lt 'Gfs' : Glifosato.  
 2.5 Kg 'Hcu' : Hidróxido de cobre.  
 .5 lt 'Hmc' : Humectante.  
 6 H/H 'Hyd' : Hoyada.

48 H/H 'Pod' : Poda del cafeto.  
 90 D.Hl. (½ Fan) 'Rcf' : Recolección de café.  
 8 H/H 'Rsb' : Resiembra.  
 90 D.Hl. (½ Fan) 'Trf' : Transporte de fruta (Café).  
 3103 colones 'Trm' : Transporte de materiales.  
 3.5 lt 'Ttz' : Terbutilazina.  
 2010 Kg de café oro 'Utb' : Utilidad del beneficio (Café).  
 YEAR # 20:  
 20 H/H 'Adh' : Aplicación de herbicidas.  
 1 lt 'Adr' : Adherente.  
 36 H/H 'Ads' : Arreglo de sombra.  
 37 H/H 'Afs' : Aplicación fertilizante.  
 100 planta 'Alm' : Almácigo de café.  
 10 H/H 'Ape' : Aplicación de enmiendas.  
 12 H/H 'Atr' : Arranca de troncos.  
 333 Kg 'Cal' : Carbonato de calcio (Cal).  
 45 Fan 'Cbn' : Beneficiado húmedo y seco (Café).  
 12 H/H 'Cmm' : Control manual de malezas.  
 40 H/H 'Cpe' : Control plagas y enfermedades.  
 15106 Colones 'Css' : Cargas sociales 1 (44%).  
 12 H/H 'Csu' : Conservación de suelos.  
 32 H/H 'Dhj' : Deshija.  
 600 Kg 'Ffc' : Fertilizante fórmula completa(20-7-12).  
 4 Kg 'Ffo' : Fertilizante foliar 20-20-20.  
 250 Kg 'Fpa' : Fertilizante nitrogenado (N. de amonio).  
 1.5 lt 'Gfs' : Glifosato.  
 2.5 Kg 'Hcu' : Hidróxido de cobre.  
 .5 lt 'Hmc' : Humectante.  
 6 H/H 'Hyd' : Hoyada.  
 48 H/H 'Pod' : Poda del cafeto.  
 90 D.Hl. (½ Fan) 'Rcf' : Recolección de café.  
 8 H/H 'Rsb' : Resiembra.  
 90 D.Hl. (½ Fan) 'Trf' : Transporte de fruta (Café).  
 3103 colones 'Trm' : Transporte de materiales.  
 3.5 lt 'Ttz' : Terbutilazina.

2010 Kg de café oro 'Utb' : Utilidad del beneficio (Café).

#### 5- Land Use Requirements

Requirement 'Cal' : Capacidad de laboreo.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 27

class # 1 = Muy apta

class # 2 = Mod.apta

class # 3 = Apta

class # 4 = Mod.limitante

class # 5 = No apta

Requirement 'Can' : Capacidad de retención de nutrientes.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 31

class # 1 = Elevada

class # 2 = Muy buena

class # 3 = Buena

class # 4 = Regular

class # 5 = Deficiente

Requirement 'Cca' : Condición de caminos.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 23

class # 1 = Excelente

class # 2 = Muy buena

class # 3 = Buena

class # 4 = Regular

class # 5 = Pesima

Requirement 'Coe' : Condición de enraizamiento.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 4

class # 1 = Excelente

class # 2 = Muy buena

class # 3 = Buena

class # 4 = Regular

class # 5 = Deficiente

Requirement 'Hsu' : Humedad del suelo.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 5  
class # 1 = Muy alta  
class # 2 = Mod.alta  
class # 3 = Medio  
class # 4 = Mod. deficiente  
class # 5 = Deficiente

Requirement 'Kdp' : Potasio disponible.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 33  
class # 1 = Alto  
class # 2 = Mod.alto  
class # 3 = Medio  
class # 4 = Mod.deficiente  
class # 5 = Deficiente

Requirement 'Mgd' : Magnesio disponible.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 7  
class # 1 = Alto  
class # 2 = Mod.alto  
class # 3 = Medio  
class # 4 = Mod.deficiente  
class # 5 = Deficiente

Requirement 'Ndp' : Nitrógeno disponible.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 35  
class # 1 = Alto  
class # 2 = Mod alto  
class # 3 = Medio  
class # 4 = Mod.deficiente  
class # 5 = Deficiente

Requirement 'Nud' : Nutrientes disponibles.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 37

class # 1 = Alto

class # 2 = Mod.alto

class # 3 = Medio

class # 4 = Mod.deficiente

class # 5 = Deficiente

Requirement 'Odp' : Oxígeno disponible.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 25

class # 1 = Alto

class # 2 = Mod.alto

class # 3 = Medio

class # 4 = Mod.deficiente

class # 5 = Deficiente

Requirement 'Pdp' : Fósforo disponible.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 145

class # 1 = Alto

class # 2 = Mod.alto

class # 3 = Medio

class # 4 = Mod.deficiente

class # 5 = Deficiente

Requirement 'Rtp' : Requerimiento de temperatura (Cafe)

5 severity levels; severity level Decision Tree # 12

class # 1 = Muy apta

class # 2 = Mod.apta

class # 3 = Apta/Low quality

class # 4 = Mod. no apta

class # 5 = No apta.

Requirement 'Sca' : Susceptibilidad a contaminación de agua.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 45

class # 1 = Muy alta

class # 2 = Mod.alta

class # 3 = Media

class # 4 = Mod.baja

class # 5 = Baja

Requirement 'Ser' : Susceptibilidad a la erosión.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 47

class # 1 = Muy alta

class # 2 = Mod.alta

class # 3 = Media

class # 4 = Mod.baja

class # 5 = Baja

Requirement 'Spc' : Susceptibilidad para la comercialización

5 severity levels; severity level Decision Tree # 15

class # 1 = Muy alta

class # 2 = Alta

class # 3 = Media

class # 4 = Baja

class # 5 = Muy baja

Requirement 'Spe' : Susceptibilidad a plagas y enfermedades.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 16

class # 1 = Muy alta

class # 2 = Alta

class # 3 = Media

class # 4 = Baja

class # 5 = Muy baja

6- Physical Suitability Classes: 4 ; Decision Tree # 52

7- Maximally-limiting land use requirements: 1

'Rtp' : Requerimiento de temperatura (Cafe)

## 8- Outputs

## 8.1- Output 'Agr' : Agua residual y mucílago

18 crops harvested in years:

2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19

Optimum Yield: 2632 lt ha-1

Proportional Yield Decision Tree #: 158

Limiting Yield Factors:

'Rtp' : Requerimiento de temperatura (Cafe):

1: 100 % ; 2: 95 % ; 3: 90 % ; 4: 60 % ; 5: 10 %

## 8.2- Output 'Cgr' : Cafe en grano (oro).

19 crops harvested in years:

2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20.

Optimum Yield: 2010 Kg ha-1

Proportional Yield Decision Tree #: 157

Limiting Yield Factors:

'Rtp' : Requerimiento de temperatura (Cafe):

1: 100 % ; 2: 95 % ; 3: 90 % ; 4: 60 % ; 5: 10 %

## 8.3- Output 'Lcf' : Leña de café

18 crops harvested in years:

3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20

Optimum Yield: 1111 Kg ha-1

Proportional Yield Decision Tree #: 154

Limiting Yield Factors:

'Hsu' : Humedad del suelo.:

1: 100 % ; 2: 100 % ; 3: 100 % ; 4: 90 % ; 5: 80 %

'Rtp' : Requerimiento de temperatura (Cafe):

1: 100 % ; 2: 100 % ; 3: 100 % ; 4: 90 % ; 5: 80 %



## 8.4- Output 'Per' : Pergamino de cafe

19 crops harvested in years:

2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20

Optimum Yield: 459 Kg ha-1

Proportional Yield Decision Tree #: 155

Limiting Yield Factors:

'Rtp' : Requerimento de temperatura (Cafe):

1: 100 % ; 2: 95 % ; 3: 90 % ; 4: 60 % ; 5: 10 %

## 8.5- Output 'Pul' : Pulpa de cafe

19 crops harvested in years:

2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20

Optimum Yield: 4182 Kg ha-1

Proportional Yield Decision Tree #: 156

Limiting Yield Factors:

'Rtp' : Requerimento de temperatura (Cafe):

1: 100 % ; 2: 95 % ; 3: 90 % ; 4: 60 % ; 5: 10 %

## EVALUACION TIERRAS CUENCA SUP.R.REVENTAZON, C.R.

## Land Utilization Type Specifications.

Land utilization type 'Cmsm' : Cafe monocultivo con sombra  
tecnificado (Mod.ICAFE).

- 1- Planning horizon (years): 20
- 2- Discount rate: 6 %.
- 3- Annual inputs Ha/Yr: not dependent on land use requirements.
  - 1 vez 'Acc' : Agotamiento del cultivo (Café).
  - 1 vez 'Csa' : Cargas sociales administrativas.
  - 1 vez 'Dme' : Depreciación de maquinaria equipo her.
  - 1 vez 'Dpc' : Depreciación de construcción.
  - 1 vez 'Gad' : Gastos administrativos (Café).
  - 1 vez 'Itc' : Impuesto territorial y detalle caminos.
  - 2605 colones 'Mca' : Mantenimiento de cercas y caminos.
  - 5703 colones 'Mcm' : Mantenimiento construc,maq,equipo,her.
- 4- By-year inputs Ha/Yr: same as model "Cmst".
- 5- Land Use Requirements: sama as model "Cmst".
- 6- Physical Suitability Classes: 4.
- 7- Maximally-limiting land use requirements: 1  
Rtp: requerimento de temperatura.
- 8- Outputs: same as model "Cmst".

## EVALUACION TIERRAS CUENCA SUP.R.REVENTAZON C.R.

## Land Utilization Type Specifications.

Land utilization type 'Cabh' : Caña de azucar (Zona baja húmeda).

1- Planning horizon (years): 5

2- Discount rate: 6 %.

3- Annual inputs Ha/Yr: not dependent on land use requirements

36 H/H 'Adh' : Aplicación de herbicidas.

1 lt 'Adr' : Adherente.

100 H/H 'Apr' : Aporca.

8 H/H 'Cpe' : Control plagas y enfermedades.

8 H/H 'Crm' : Control de madurez de caña.

16 H/H 'Csu' : Conservación de suelos.

1 colones 'Gac' : Gastos administrativos (Caña).

3 lt 'Hav' : Herbicida 2-4-D.

3 Kg 'Hdi' : Herbicida Diurón.

1 vez 'Itc' : Impuesto territorial y detalle caminos.

11038 colones 'Mcm' : Mantenimiento construc,maq,equipo,her.

1530 colones 'Trm' : Transporte de materiales.

4- By-year inputs Ha/Yr not dependent on land use requirements

YEAR # 1:

26 H/H 'Afs' : Aplicación fertilizante.

20 H/H 'Ape' : Aplicación de enmiendas.

3.5 Hr/Maq 'Ara' : Arada.

112 KmXT.M. 'Asc' : Acarreo semilla y cosecha (Caña).

1150 Kg 'Cal' : Carbonato de calcio (Cal).

450 H/H 'Ccc' : Corta y carga de caña.

48 H/H 'Ccs' : Corta y carga de semilla de caña.

27632.2 Colones 'Css' : Cargas sociales 1 (44%).

15897.6 ¢ 'Cst' : Cargas sociales 2 (24%).

350 Kg 'Faf' : Fertilizante 10-30-10.

300 Kg 'Fak' : Fertilizante alto potasio 20-3-20  
200 Kg 'Fpa' : Fertilizante nitrogenado (N. de amonio).  
1 vez 'Hrr' : Herramientas.  
3 Hr/Maq 'Ras' : Rastrea.  
100 H/H 'Scf' : Siembra.  
12 T.M. 'Sec' : Semilla de caña en pie.  
2.5 Hr/Maq 'Sur' : Surcada.

## YEAR # 2:

17.5 H/H 'Afs' : Aplicación fertilizante.  
100 KmxT.M. 'Asc' : Acarreo semilla y cosecha (Caña).  
450 H/H 'Ccc' : Corta y carga de caña.  
9592.44 Colones 'Css' : Cargas sociales 1 (44%).  
15897.6 ¢ 'Cst' : Cargas sociales 2 (24%).  
350 Kg 'Fak' : Fertilizante alto potasio 20-3-20  
200 Kg 'Fpa' : Fertilizante nitrogenado (N. de amonio).

## YEAR # 3:

17.5 H/H 'Afs' : Aplicación fertilizante.  
85 KmxT.M. 'Asc' : Acarreo semilla y cosecha (Caña).  
382.5 H/H 'Ccc' : Corta y carga de caña.  
9592.44 Colones 'Css' : Cargas sociales 1 (44%).  
13513 ¢ 'Cst' : Cargas sociales 2 (24%).  
350 Kg 'Fak' : Fertilizante alto potasio 20-3-20  
200 Kg 'Fpa' : Fertilizante nitrogenado (N. de amonio).  
1 vez 'Hrr' : Herramientas.

## YEAR # 4:

17.5 H/H 'Afs' : Aplicación fertilizante.  
75 KmxT.M. 'Asc' : Acarreo semilla y cosecha (Caña).  
337.5 H/H 'Ccc' : Corta y carga de caña.  
9592.44 Colones 'Css' : Cargas sociales 1 (44%).  
11923.2 ¢ 'Cst' : Cargas sociales 2 (24%).  
350 Kg 'Fak' : Fertilizante alto potasio 20-3-20  
200 Kg 'Fpa' : Fertilizante nitrogenado (N. de amonio).

YEAR # 5:

13 H/H 'Afs' : Aplicación fertilizante.

60 Km<sup>2</sup>T.M. 'Asc' : Acarreo semilla y cosecha (Caña).

270 H/H 'Ccc' : Corta y carga de caña.

9373.9 Colones 'Css' : Cargas sociales 1 (44%).

9538.56 ¢ 'Cst' : Cargas sociales 2 (24%).

300 Kg 'Fak' : Fertilizante alto potasio 20-3-20

100 Kg 'Fpa' : Fertilizante nitrogenado (N. de amonio).

## 5- Land Use Requirements

5.1- Requirement 'Cal' : Capacidad de laboreo.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 56

class # 1 = Muy apta

class # 2 = Mod.apta

class # 3 = Regular

class # 4 = Mod.limitante

class # 5 = Limitante

5.2- Requirement 'Can' : Capacidad de retención de nutrientes.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 58

class # 1 = Exelente

class # 2 = Muy buena

class # 3 = Buena

class # 4 = Regular

class # 5 = Deficiente

5.3- Requirement 'Cca' : Condición de caminos.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 60

class # 1 = Excelente

class # 2 = Muy buena

class # 3 = Buena

class # 4 = Regular

class # 5 = Pésima

- 5.4- Requirement 'Coe' : Condición de enraizamiento.  
5 severity levels; severity level Decision Tree # 129  
class # 1 = Excelente  
class # 2 = Muy buena  
class # 3 = Buena  
class # 4 = Regular  
class # 5 = Pésima
- 5.5- Requirement 'Hsu' : Humedad del suelo.  
5 severity levels; severity level Decision Tree # 62  
class # 1 = Muy apta  
class # 2 = Apta  
class # 3 = Media  
class # 4 = Mod. no apta  
class # 5 = No apta
- 5.6- Requirement 'Kdp' : Potasio disponible.  
5 severity levels; severity level Decision Tree # 64  
class # 1 = Alto  
class # 2 = Mod.alto  
class # 3 = Medio  
class # 4 = Mod.deficiente  
class # 5 = Deficiente
- 5.7- Requirement 'Ndp' : Nitrógeno disponible.  
5 severity levels; severity level Decision Tree # 66  
class # 1 = Alto  
class # 2 = Mod.alto  
class # 3 = Medio  
class # 4 = Mod.deficiente  
class # 5 = Deficiente

5.8- Requirement 'Nud' : Nutrientes disponibles.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 68

class # 1 = Alto

class # 2 = Mod.alto

class # 3 = Medio

class # 4 = Mod.deficiente

class # 5 = Deficiente

5.9- Requirement 'Odp' : Oxígeno disponible.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 70

class # 1 = Alto

class # 2 = Mod.alto

class # 3 = Medio

class # 4 = Mod.deficiente

class # 5 = Deficiente

5.10- Requirement 'Pdp' : Fósforo disponible.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 72

class # 1 = Alto

class # 2 = Mod.alto

class # 3 = Medio

class # 4 = Mod.deficiente

class # 5 = Deficiente

5.11- Requirement 'Rtc' : Requerimiento de temperatura (Caña).

5 severity levels; severity level Decision Tree # 40

class # 1 = Muy apta

class # 2 = Apta

class # 3 = Mod.apta

class # 4 = Mod.no apta

class # 5 = No apta

5.12- Requirement 'Sca': Susceptibilidad de contaminación agua.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 75

class # 1 = Muy baja

class # 2 = Baja

class # 3 = Media

class # 4 = Alta

class # 5 = Muy alta

5.13- Requirement 'Scz' : Susceptibilidad concentración  
zucarosa.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 41

class # 1 = Muy alta

class # 2 = Alta

class # 3 = Media

class # 4 = Baja

class # 5 = Muy baja

5.14- Requirement 'Ser' : Susceptibilidad a la erosión.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 78

class # 1 = Muy baja

class # 2 = Baja

class # 3 = Media

class # 4 = Alta

class # 5 = Muy alta

5.15- Requirement 'Spc' : Susceptibilidad para la  
comercialización

5 severity levels; severity level Decision Tree # 80

class # 1 = Muy alta

class # 2 = Alta

class # 3 = Media

class # 4 = Baja

class # 5 = Muy baja



5.16- Requirement 'Spe' : Susceptibilidad a plagas y enfermedades.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 43  
 class # 1 = Muy baja  
 class # 2 = Baja  
 class # 3 = Media  
 class # 4 = Alta  
 class # 5 = Muy alta

6- Physical Suitability Classes: 4. Decision Tree # 122

7- Maximally-limiting land use requirements: 2

'Rtc' : Requerimiento de temperatura (Caña).

'Spc' : Susceptibilidad para la comercialización

8- Outputs

8.1- Output 'Azr' : Azucar blanca sin refinar

5 crops harvested in years: 1,2,3,4,5

Optimum Yield: 9240 Kg ha-1

Proportional Yield Decision Tree #: 133

Limiting Yield Factors:

'Cal' : Capacidad de laboreo.:

1: 100 % ; 2: 100 % ; 3: 95 % ; 4: 95 % ; 5: 80 %

'Coe' : Condición de enraizamiento.:

1: 100 % ; 2: 100 % ; 3: 95 % ; 4: 95 % ; 5: 80 %

8.2- Output 'Bgc' : Bagazo de caña

5 crops harvested in years: 1,2,3,4,5,

Optimum Yield: 21250 Kg ha-1

Proportional Yield Decision Tree #: 130

Limiting Yield Factors:

'Cal' : Capacidad de laboreo.:

1: 100 % ; 2: 100 % ; 3: 90 % ; 4: 80 % ; 5: 70 %

'Coe' : Condición de enraizamiento.:

1: 100 % ; 2: 100 % ; 3: 90 % ; 4: 80 % ; 5: 70 %

8.3- Output 'Mlz' : Melaza de caña

5 crops harvested in years: 1,2,3,4,5

Optimum Yield: 2520 Kg ha-1

Proportional Yield Decision Tree #: 131

Limiting Yield Factors:

'Cal' : Capacidad de laboreo.:

1: 100 % ; 2: 100 % ; 3: 90 % ; 4: 80 % ; 5: 70 %

'Coe' : Condición de enraizamiento.:

1: 100 % ; 2: 100 % ; 3: 90 % ; 4: 80 % ; 5: 70 %

8.4- Output 'Vic' : Cachaza

5 crops harvested in years: 1,2,3,4,5

Optimum Yield: 3400 Kg ha-1

Proportional Yield Decision Tree #: 132

## EVALUACION TIERRAS CUENCA SUP.R.REVENTAZON C.R.

## Land Utilization Type Specifications

Land utilization type 'Calt' : Caña de azucar (Zona alta húmeda).

1- Planning horizon (years): 8.

2- Discount rate: 6 %

3- Annual inputs Ha/Yr: not dependent on land use requirements

1 colones 'Gac' : Gastos administrativos (Caña).

1 vez 'Itc' : Impuesto territorial y detalle caminos.

11038 colones 'Mcm' : Mantenimiento construc, maq, equipo, her.

1530 colones 'Trm' : Transporte de materiales.

4-By-year inputs Ha/Yr not dependent on land use requirements

YEAR # 1:

36 H/H 'Adh' : Aplicación de herbicidas.

1 lt 'Adr' : Adherente.

40 H/H 'Afs' : Aplicación fertilizante.

20 H/H 'Ape' : Aplicación de enmiendas.

100 H/H 'Apr' : Aporca.

3.5 Hr/Maq 'Ara' : Arada.

12 KmXT.M. 'Asc' : Acarreo semilla y cosecha (Caña).

1150 Kg 'Cal' : Carbonato de calcio (Cal).

48 H/H 'Ccs' : Corta y carga de semilla de caña.

8 H/H 'Cpe' : Control plagas y enfermedades.

30123.6 Colones 'Css' : Cargas sociales 1 (44%).

16 H/H 'Csu' : Conservación de suelos.

500 Kg 'Faf' : Fertilizante 10-30-10.

400 Kg 'Fak' : Fertilizante alto potasio 20-3-20

500 Kg 'Fpa' : Fertilizante nitrogenado (N. de amonio).

3 lt 'Hav' : Herbicida 2-4-D.

3 Kg 'Hdi' : Herbicida Diurón.

1 vez 'Hrr' : Herramientas.

3 Hr/Maq 'Ras' : Rastrea.

100 H/H 'Scf' : Siembra.

12 T.M. 'Sec' : Semilla de caña en pie.

2.5 Hr/Maq 'Sub' : Subsolada.

2.5 Hr/Maq 'Sur' : Surcada.

YEAR # 2:

202 Km<sup>x</sup>T.M. 'Asc' : Acarreo semilla y cosecha (Caña).

909 H/H 'Ccc' : Corta y carga de caña.

8 H/H 'Crm' : Control de madurez de caña.

2719.76 Colones 'Css' : Cargas sociales 1 (44%).

32113.15 ¢ 'Cst' : Cargas sociales 2 (24%).

48 H/H 'Rmg' : Remanga.

YEAR # 3:

36 H/H 'Adh' : Aplicación de herbicidas.

1 lt 'Adr' : Adherente.

40 H/H 'Afs' : Aplicación fertilizante.

100 H/H 'Apr' : Aporca.

8 H/H 'Cpe' : Control plagas y enfermedades.

10296.66 Colones 'Css' : Cargas sociales 1 (44%).

16 H/H 'Csu' : Conservación de suelos.

400 Kg 'Fak' : Fertilizante alto potasio 20-3-20

600 Kg 'Fpa' : Fertilizante nitrogenado (N. de amonio).

3 lt 'Hav' : Herbicida 2-4-D.

3 Kg 'Hdi' : Herbicida Diurón.

YEAR # 4:

202 Km<sup>x</sup>T.M. 'Asc' : Acarreo semilla y cosecha (Caña).

909 H/H 'Ccc' : Corta y carga de caña.

8 H/H 'Crm' : Control de madurez de caña.

2719.76 Colones 'Css' : Cargas sociales 1 (44%).

32113.15 ¢ 'Cst' : Cargas sociales 2 (24%).

48 H/H 'Rmg' : Remanga.

YEAR # 5:

36 H/H 'Adh' : Aplicación de herbicidas.

1 lt 'Adr' : Adherente.

40 H/H 'Afs' : Aplicación fertilizante.

100 H/H 'Apr' : Aporca.

8 H/H 'Cpe' : Control plagas y enfermedades.  
 10296.66 Colones 'Css' : Cargas sociales 1 (44%).  
 400 Kg 'Fak' : Fertilizante alto potasio 20-3-20  
 600 Kg 'Fpa' : Fertilizante nitrogenado (N. de amonio).  
 3 lt 'Hav' : Herbicida 2-4-D.  
 3 Kg 'Hdi' : Herbicida Diurón.  
 1 vez 'Hrr' : Herramientas.  
 1530 colones 'Trm' : Transporte de materiales.

## YEAR # 6:

182 KmxT.M. 'Asc' : Acarreo semilla y cosecha (Caña).  
 819 H/H 'Ccc' : Corta y carga de caña.  
 8 H/H 'Crm' : Control de madurez de caña.  
 2719.76 Colones 'Css' : Cargas sociales 1 (44%).  
 28933.63 ¢ 'Cst' : Cargas sociales 2 (24%).  
 48 H/H 'Rmg' : Remanga.

## YEAR # 7:

36 H/H 'Adh' : Aplicación de herbicidas.  
 1 lt 'Adr' : Adherente.  
 40 H/H 'Afs' : Aplicación fertilizante.  
 100 H/H 'Apr' : Aporca.  
 8 H/H 'Cpe' : Control plagas y enfermedades.  
 10296.66 Colones 'Css' : Cargas sociales 1 (44%).  
 400 Kg 'Fak' : Fertilizante alto potasio 20-3-20  
 600 Kg 'Fpa' : Fertilizante nitrogenado (N. de amonio).  
 3 lt 'Hav' : Herbicida 2-4-D.  
 3 Kg 'Hdi' : Herbicida Diurón.

## YEAR # 8:

172 KmxT.M. 'Asc' : Acarreo semilla y cosecha (Caña).  
 774 H/H 'Ccc' : Corta y carga de caña.  
 8 H/H 'Crm' : Control de madurez de caña.  
 2719.76 Colones 'Css' : Cargas sociales 1 (44%).  
 27343.9 ¢ 'Cst' : Cargas sociales 2 (24%).  
 48 H/H 'Rmg' : Remanga.

## 5- Land Use Requirements

Requirement 'Cal' : Capacidad de laboreo.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 55

- class # 1 = Muy apta
- class # 2 = Mod.apta
- class # 3 = Media
- class # 4 = Mod.deficiente
- class # 5 = Deficiente

Requirement 'Can' : Capacidad de retención de nutrientes.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 57

- class # 1 = Elevada
- class # 2 = Muy buena
- class # 3 = Buena
- class # 4 = Regular
- class # 5 = Deficiente

Requirement 'Cca' : Condición de caminos.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 59

- class # 1 = Excelente
- class # 2 = Muy buena
- class # 3 = Buena
- class # 4 = Regular
- class # 5 = Deficiente

Requirement 'Coe' : Condición de enraizamiento.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 128

- class # 1 = Excelente
- class # 2 = Muy buena
- class # 3 = Buena
- class # 4 = Regular
- class # 5 = Deficiente

Requirement 'Hsu' : Humedad del suelo.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 61

class # 1 = Muy alta  
class # 2 = Mod.alta  
class # 3 = Media  
class # 4 = mod.limitante  
class # 5 = Limitante

Requirement 'Kdp' : Potasio disponible.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 63

class # 1 = Alto  
class # 2 = Mod.alto  
class # 3 = Medio  
class # 4 = Mod.deficiente  
class # 5 = Deficiente

Requirement 'Ndp' : Nitrógeno disponible.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 65

class # 1 = Alto  
class # 2 = Mod.alto  
class # 3 = Medio  
class # 4 = Mod.deficiente  
class # 5 = Deficiente

Requirement 'Nud' : Nutrientes disponibles.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 67

class # 1 = Alto  
class # 2 = Mod.alto  
class # 3 = Medio  
class # 4 = Mod.deficiente  
class # 5 = Deficiente

Requirement 'Odp' : Oxígeno disponible.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 69

class # 1 = Alto

class # 2 = Mod.alto

class # 3 = Medio

class # 4 = Mod.def.

class # 5 = Def.

Requirement 'Pdp' : Fósforo disponible.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 71

class # 1 = Alto

class # 2 = Mod.alto

class # 3 = Medio

class # 4 = Mod.deficiente

class # 5 = Deficiente

Requirement 'Rtc' : Requerimiento de temperatura (Caña).

5 severity levels; severity level Decision Tree # 73

class # 1 = Muy apta

class # 2 = Apta

class # 3 = Mod.apta

class # 4 = Mod.no apta

class # 5 = No apta

Requirement 'Sca' : Susceptibilidad a contaminación de agua.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 74

class # 1 = Muy baja

class # 2 = Baja

class # 3 = Media

class # 4 = Alta

class # 5 = Muy alta



Requirement 'Scz' : Susceptibilidad concentración zucarosa.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 76

class # 1 = Muy alta

class # 2 = Alta

class # 3 = Media

class # 4 = Baja

class # 5 = Muy baja

Requirement 'Ser' : Susceptibilidad a la erosión.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 77

class # 1 = Muy baja

class # 2 = Bja

class # 3 = Media

class # 4 = Alta

class # 5 = Muy alta

Requirement 'Spc' : Susceptibilidad para la comercialización

5 severity levels; severity level Decision Tree # 79

class # 1 = Muy alta

class # 2 = Alta

class # 3 = Baja

class # 4 = Muy baja

class # 5 = Imposible

Requirement 'Spe' : Susceptibilidad a plagas y enfermedades.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 81

class # 1 = Muy baja

class # 2 = Baja

class # 3 = Media

class # 4 = Alta

class # 5 = Muy alta

6- Physical Suitability Classes: 4; Decision Tree # 123

- 7- Maximally-limiting land use requirements: 2  
'Rtc' : Requerimiento de temperatura (Caña).  
'Spc' : Susceptibilidad para la comercialización

## 8-Outputs

- 8.1- Output 'Azr' : Azucar blanca sin refinar  
4 crops harvested in years: 2,4,6,8  
Optimum Yield: 19821.7 Kg ha-1  
Proportional Yield Decision Tree #: 137  
Limiting Yield Factors:  
'Scz' : Susceptibilidad concentración zucarosa.:  
1: 100 % ; 2: 95 % ; 3: 85 % ; 4: 75 % ; 5: 50 %
- 8.2- Output 'Bgc' : Bagazo de caña  
4 crops harvested in years: 2,4,6,8  
Optimum Yield: 47375 Kg ha-1  
Proportional Yield Decision Tree #: 134  
Limiting Yield Factors:  
'Rtc' : Requerimiento de temperatura (Caña).:  
1: 100 % ; 2: 95 % ; 3: 85 % ; 4: 70 % ; 5: 50 %
- 8.3- Output 'Mlz' : Melaza de caña  
4 crops harvested in years: 2,4,6,8  
Optimum Yield: 5685 Kg ha-1  
Proportional Yield Decision Tree #: 135  
Limiting Yield Factors:  
'Rtc' : Requerimiento de temperatura (Caña).:  
1: 100 % ; 2: 95 % ; 3: 85 % ; 4: 75 % ; 5: 50 %
- 8.4- Output 'Vic' : Cachaza  
4 crops harvested in years: 2,4,6,8  
Optimum Yield: 7580 Kg ha-1  
Proportional Yield Decision Tree #: 136

EVALUACION TIERRAS CUENCA SUP.R.REVENTAZON,C.R.  
 Land Utilization Type Specifications.  
 Land utilization type 'Pky' : Pasto kikuyo.

1- Planning horizon (years): 6.

2- Discount rate: 6 %.

3- Annual inputs/Per Ha/Yr: not dependent on land use requirements.

8 H/H 'Adh' : Aplicación de herbicidas.

26 H/H 'Afs' : Aplicación fertilizante.

100 Kg 'Ffm' : Fertilizante f.completa alta Mg(18-5-15).

1212 Kg 'Fpa' : Fertilizante nitrogenado (N. de amonio).

2230 colones 'Gae' : Gastos electricidad

10000 colones 'Gal' : Gastos Administrativos de lecheria

5 visitas 'Gav' : Gastos veterinarios

10866 colones Mca' : Mantenimiento de cercas y caminos.

10000 colones 'Pvt' : Productos veterinarios

13300 colones 'Scsl' : Salarios y cargas sociales lecheria

3.5 UA 'Vhl' : Vacas Holstein

4- Land Use Requirements

4.1- Requirement 'Nud' : Nutrientes disponibles.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 183

class # 1 = Muy alto

class # 2 = Alto

class # 3 = Medio

class # 4 = Mod.bajo

class # 5 = Bajo'

4.2- Requirement 'Sdp' : Susceptibilidad para el desarrollo del pasto.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 186  
class # 1 = Muy alta  
class # 2 = Alta  
class # 3 = Regular  
class # 4 = Baja  
class # 5 = Muy baja

4.3- Requirement 'Ser' : Susceptibilidad a la erosión.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 185  
class # 1 = Muy baja  
class # 2 = Baja  
class # 3 = Regular  
class # 4 = Alta  
class # 5 = Muy alta

4.4- Requirement 'Spc' : Susceptibilidad para la comercialización

5 severity levels; severity level Decision Tree # 184  
class # 1 = Muy alto  
class # 2 = Alto  
class # 3 = Regular  
class # 4 = Bajo  
class # 5 = Muy bajo

5- Physical Suitability Classes: 4. Decision Tree # 187

6- Maximally-limiting land use requirements: 1  
'Sdp' : Susceptibilidad desarrollo del pasto.

## 7- Outputs

7.1- Output 'Lfl' : Leche fluida, 6 crops

Harvested in years: 1,2,3,4,5,6

Optimum Yield: 12775 Kg ha-1

Limiting Yield Factors:

'Sdp' : Susceptibilidad desarrollo del pasto.:

1: 100 % ; 2: 90 % ; 3: 80 % ; 4: 50 % ; 5: 30 %

7.2- Output 'Ter' : Terneras, 6 crops.

Harvested in years: 1,2,3,4,5,6

Optimum Yield: 2.5 unidad ha-1

Limiting Yield Factors:

'Sdp' : Susceptibilidad desarrollo del pasto.:

1: 100 % ; 2: 95 % ; 3: 90 % ; 4: 80 % ; 5: 70%

7.3- Output 'Vdh' : Vacas de desecho, 6 crops.

Harvested in years: 1,2,3,4,5,6.

Optimum Yield: 0.6 UA ha-1

Limiting Yield Factors:

'Sdp' : Susceptibilidad desarrollo del pasto.:

1: 100 % ; 2: 100 % ; 3: 100 % ; 4: 90 % ; 5: 80 %

## EVALUACION TIERRAS CUENCA SUP.R.REVENTAZON C.R.

## Land Utilization Type Specifications.

## Land utilization type 'PpI' : Papa Irazu.

- 1- Planning horizon (years): 1
- 2- Discount rate 32 %
- 3- Annual inputs Ha/Yr not dependent on land use requirements

16 H/H 'Aci' : Acarreo interno  
 32 H/H 'Adh' : Aplicación de herbicidas.  
 6 lt 'Adr' : Adherente.  
 32 H/H 'Afs' : Aplicación fertilizante.  
 .75 lt 'Amt' : Abamectina (Insect.)  
 80 H/H 'Apr' : Aporca.  
 4 Hr/Maq 'Ara' : Arada.  
 8 H/H 'Cls' : Clasificación de semilla  
 7 lt 'Clf' : Clorotalonyl (Fung).  
 402 H/H 'Cpe' : Control plagas y enfermedades.  
 3 Kg 'Cpt' : Captan  
 20700 Kg 'Csp' : Cosecha de papa  
 21906.66 Colones 'Css' : Cargas sociales 1 (44%).  
 12 H/H 'Csu' : Conservación de suelos.  
 7.25 Kg 'Ctp' : Cartap (Insect.)  
 2 Kg 'CxC' : Carboxin+Captan (Fung.)  
 .45 lt 'Dcm' : Decametrina (Insect).  
 8 h/h 'Dfs' : Desinfección de semilla  
 854 Kg 'Fas' : Fertilizante alto P+Azufre (10-30-10 S).  
 854 Kg 'Ffm' : Fertilizante f.completa alta Mg(18-5-15.  
 9 KG 'Fsm' : Fertilizante Sulfato de Magnesio.  
 4.35 lt 'Mmd' : Metamidofos (Insect).  
 6 lt 'Mpt' : Methil parathion (Insect).  
 34 Kg 'Mzn' : Mancozeb (Fung.)  
 3 Kg 'OxM' : Oxadicil+Mancozeb (Fung).

4 lt 'Prm' : Propamocap (Fung.)  
 2 lt 'Prq' : Paraquat.  
 3 hr/maq 'Rtd' : Rotada  
 48 H/H 'Scf' : Siembra.  
 3000 Kg 'Spp' : Semilla de papa.  
 10 hr/anim 'Sqd' : Surqueada  
 48 H/H 'Tpd' : Tapada de semilla  
 2.5 lt 'Tyc' : Tyociclam (Insect).

#### 4- Land Use Requirements

Requirement 'Cal' : Capacidad de laboreo.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 151  
 class # 1 = Muy alta  
 class # 2 = Alta  
 class # 3 = Media  
 class # 4 = Baja  
 class # 5 = Muy baja

Requirement 'Csp' : Calidad de semilla de papa.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 139  
 class # 1 = Excelente  
 class # 2 = Muy buena  
 class # 3 = Regular  
 class # 4 = Deficiente  
 class # 5 = Rechazo

Requirement 'Hsu' : Humedad del suelo.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 141  
 class # 1 = Muy buena  
 class # 2 = Buena  
 class # 3 = Regular  
 class # 4 = Deficiente  
 class # 5 = Muy deficiente

Requirement 'Ndp' : Nitrógeno disponible.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 150  
class # 1 = Muy alto  
class # 2 = Alto  
class # 3 = Regular  
class # 4 = Bajo  
class # 5 = Muy bajo

Requirement 'Nud' : Nutrientes disponibles.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 143  
class # 1 = Excelente  
class # 2 = Bueno  
class # 3 = Regular  
class # 4 = Deficiente  
class # 5 = Insuficiente

Requirement 'Odp' : Oxígeno disponible.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 142  
class # 1 = Muy bueno  
class # 2 = Bueno  
class # 3 = Regular  
class # 4 = Bajo  
class # 5 = Deficiente

Requirement 'Pdp' : Fósforo disponible.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 144  
class # 1 = Muy alto  
class # 2 = Alto  
class # 3 = Regular  
class # 4 = Bajo  
class # 5 = Muy bajo



Requirement 'Sca' : Susceptibilidad a contaminación de agua.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 149

class # 1 = Muy baja

class # 2 = Baja

class # 3 = Media

class # 4 = Alta

class # 5 = Muy alta

Requirement 'Sdt' : Susceptibilidad p/desarrollo tubérculo.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 138

class # 1 = Muy alta

class # 2 = Alta

class # 3 = Media

class # 4 = Baja

class # 5 = Muy baja

Requirement 'Ser' : Susceptibilidad a la erosión.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 146

class # 1 = Muy baja

class # 2 = Baja

class # 3 = Regular

class # 4 = Severa

class # 5 = Muy severa

Requirement 'Spc' : Susceptibilidad para la comercialización

5 severity levels; severity level Decision Tree # 140

class # 1 = Muy alta

class # 2 = Alta

class # 3 = Regular

class # 4 = Baja

class # 5 = Muy baja

Requirement 'Spe' : Susceptibilidad a plagas y enfermedades.

5 severity levels; severity level Decision Tree # 148

class # 1 = Muy baja

class # 2 = Baja

class # 3 = Media

class # 4 = Alta

class # 5 = Muy alta

5- Physical Suitability Classes: 4; Decision Tree # 152

6- Maximally-limiting land use requirements: 2

'Sdt' : Susceptibilidad p/desarrollo tubérculo.

'Spc' : Susceptibilidad para la comercialización

7- Outputs

7.1- Output 'Ppr' : Papa de primera.

1 crops harvested in years: 1

Optimum Yield: 24000 Kg. ha-1

Proportional Yield Decision Tree #: 153

Limiting Yield Factors:

'Spe' : Susceptibilidad a plagas y enfermedades.:

1: 100 % ; 2: 90 % ; 3: 80 % ; 4: 65 % ; 5: 50 %

## EVALUACION TIERRAS CUENCA SUP.R.REVENTAZON, C.R.

## Land Utilization Type Specifications.

Land utilization type 'Bht': Bosque humedo tropical.

1- Planning horizon (years): 1

2- Discount rate: 0 %

3- Land Use Requirements

Requirement 'Spa' : Susceptibilidad para produccion de agua.  
5 severity levels; severity level Decision Tree # 181

class # 1 = Excelente  
class # 2 = Muy buena  
class # 3 = Buena  
class # 4 = Deficiente  
class # 5 = Muy deficiente

4- Physical Suitability Classes:4 Decision Tree # 182

5- Outputs

5.1- Output 'Agp' : Agua potable, 1 crop.  
Harvested in years: 1  
Optimum Yield: 3.8 mts<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>  
Proportional Yield Decision Tree #: 188