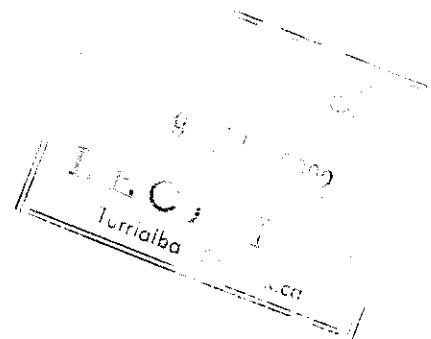


Evaluación del cambio de uso de la tierra en sistemas de  
producción agropecuaria en la cuenca del Río Barranca,  
Costa Rica

**JORGE LUIS CRUZ BOLAÑOS**

---

**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA  
PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN  
ESCUELA DE POSGRADUADOS**



**Evaluación del cambio de uso de la tierra  
en sistemas de producción agropecuaria en la  
Cuenca del Río Barranca, Costa Rica**

**POR**

**Jorge Luis Cruz Bolaños**

**CATIE**

**Turrialba, Costa Rica**

**2002**

**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA  
PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN  
ESCUELA DE POSGRADUADOS**

**EVALUACION DEL CAMBIO DE USO DE LA TIERRA EN SISTEMAS DE  
PRODUCCIÓN AGROPECUARIA EN LA CUENCA DEL RÍO BARRANCA, COSTA RICA**

Tesis sometida a la consideración de la Escuela de Posgrado, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza y como requisito parcial para optar por el grado de:

***Magister Scientiae***

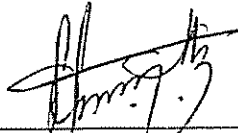
Por  
**Jorge Luis Cruz Bolaños**

**Turrialba, Costa Rica  
2002**

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

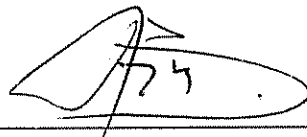
**MAGISTER SCIENTIAE**

**FIRMANTES:**



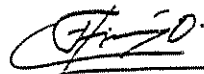
---

Sergio Velásquez, M.Sc.  
**Consejero Principal**



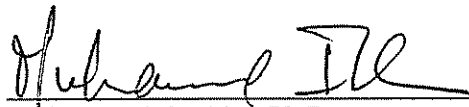
---

José Arze B., M.Sc.  
**Miembro Comité Consejero**



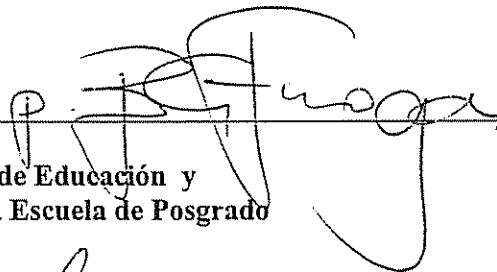
---

Francisco Jiménez, Ph.D.  
**Miembro Comité Consejero**



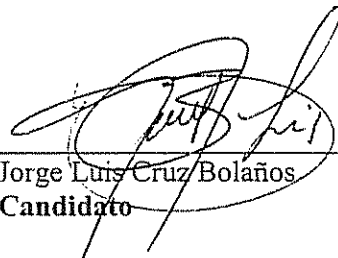
---

Muhammad Ibrahim, Ph.D.  
**Miembro Comité Consejero**



---

Ali Moslemi, Ph.D.  
**Director Programa de Educación y  
Decano de la Escuela de Posgrado**



---

Jorge Luis Cruz Bolaños  
**Candidato**

Esta tesis la dedico:

A Dios,

A mi Madre,

A mi Padre,

A Lucky,

A mis hermanos y sobrinos,

Al pueblo de Guatemala, especialmente a los niños.

## RECONOCIMIENTO

Este trabajo fue posible gracias al valioso apoyo de las siguientes personas y organizaciones:

A los miembros del Comité Consejero de CATIE,

Profesor Sergio Velásquez, por su asesoría y apoyo incondicional;

Profesor José Arze, por su voluntad, sencillez y calidad humana para transmitir su conocimiento y experiencia;

Profesor Francisco Jiménez, por su aporte y colaboración oportuna;

Profesor Muhammad Ibrahim, por su apoyo, colaboración y confianza.

A Fernando Carrera, agradecimiento especial por su orientación y apoyo.

A los profesores de la Escuela de Posgrado de CATIE que contribuyeron en mi formación.

Al Dr. Gilberto Páez, Gustavo López y Profesor Manuel Gómez, por su apoyo.

Al personal del Ministerio de Agricultura y Ganadería, Región Pacífico Central de Costa Rica, en especial a Randal Arguedas; al Director Regional José Luis Araya y a Marcos Sibaja. Asimismo a Huber Amores de la Agencia de Extensión del MAG en San Ramón y Eugenio Barrientos, de la Agencia de Extensión del MAG de Naranjo.

Al personal del Ministerio de Ambiente y Energía de Esparza y San Ramón, especialmente Donald Vásquez y Eladio Cháves.

A Carlos Villalobos de la Dirección de Investigaciones y Extensión de la Caña de Azúcar, Región San Ramón – Esparza

A Guillermo Arias, de CAFIRA en San Ramón y a Jaime Bolaños, del Centro Agrícola Cantonal de Esparza.

A todos los productores y habitantes de la cuenca del Río Barranca, especialmente a los Señores German Alvarez, Luis Emilio Mora, Rolando Ramírez Gatgens y familia, Guillermo Gonzáles, al señor Manuel Perez Rodríguez, a los socios y socias de Cerriban, en Cerrillos. A los productores del Zapotal, San Ramón.

Al personal de la Biblioteca de Acueductos y Alcantarillados y Biblioteca del MAG en San José.

A mis compañeros con quienes compartí en el CATIE

A todo el personal del CATIE.

Y a todas las personas que directa e indirectamente hicieron posible la realización de esta Tesis

## CONTENIDO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>RESUMEN.....</b>  | <b>ix</b> |
| <b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>   | <b>1</b>  |
| 1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....   | 2         |
| 1.2 JUSTIFICACIÓN.....   | 3         |
| 1.3 OBJETIVOS.....   | 4         |
| 1.3.1 <i>General</i> .....   | 4         |
| 1.3.2 <i>Específicos</i> .....   | 4         |
| 1.4 HIPÓTESIS.....   | 4         |
| <b>2 REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>   | <b>5</b>  |
| 2.1 TIERRAS DEGRADADAS.....  | 5         |
| 2.2 CAUSAS DE LA DEGRADACIÓN Y METODOLOGÍAS PARA SU ESTUDIO.....                 | 6         |
| 2.2.1 <i>Cambios de uso de la tierra y patrones de uso</i> .....                 | 7         |
| 2.2.1.1 Cadenas de Markov.....   | 8         |
| 2.3 LA EROSIÓN Y SU MODELACIÓN.....  | 9         |
| 2.4 RECUPERACIÓN DE ÁREAS DEGRADADAS.....  | 10        |
| 2.4.1 <i>Mejoramiento del manejo de la tierra y conservación de suelos</i> ..... | 10        |
| 2.4.2 <i>Planificación del uso de la tierra</i> .....                            | 11        |
| 2.4.2.1 Evaluación de tierras.....   | 12        |
| A) Fases para la evaluación de tierras.....                                      | 12        |
| B) Los Sistemas de Expertos.....   | 13        |
| C) Definiciones.....   | 13        |
| 2.4.3 <i>Pago de servicios ambientales (PSA) en Costa Rica</i> .....             | 14        |
| <b>3 MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>   | <b>16</b> |
| 3.1 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....                          | 16        |
| 3.1.1 <i>Unidades bióticas</i> .....   | 17        |
| 3.1.2 <i>Geología y suelos</i> .....   | 18        |
| 3.2 PATRONES DE USO DE LA TIERRA.....  | 21        |
| 3.2.1 <i>Recolección de la información</i> .....                                 | 21        |
| 3.2.2 <i>Proceso de la información</i> .....                                     | 21        |
| 3.2.2.1 Orto-rectificación.....  | 21        |
| 3.2.2.2 Fotointerpretación.....  | 21        |
| A) Definición de leyenda.....  | 21        |

|         |  |    |
|---------|--|----|
| B)      | Delimitación de la cuenca del Río Barranca .....               | 22 |
| C)      | Digitalización en pantalla .....                               | 22 |
| 3.2.2.3 | Estimación de áreas por uso de la tierra .....                 | 22 |
| A)      | Definición del tamaño de la parcela, población y muestra ..... | 22 |
| 3.2.2.4 | Matriz de transición o Markoviana.....                         | 25 |
| 3.2.2.5 | Factores asociados al cambio de uso de la tierra.....          | 25 |
| A)      | Variables socioeconómicas.....                                 | 26 |
| B)      | Variables biofísicas .....                                     | 27 |
| 3.3     | EVALUACIÓN DE TIERRAS .....                                    | 30 |
| 3.3.1   | <i>Recolección de la información</i> .....                     | 30 |
| 3.3.2   | <i>Proceso de evaluación</i> .....                             | 31 |
| 3.3.3   | <i>Definición de las unidades cartográficas</i> .....          | 32 |
| 3.3.4   | <i>Características y requisitos de la tierra</i> .....         | 33 |
| 3.3.4.1 | Requisitos de uso (RUT) .....                                  | 35 |
| 3.3.5   | <i>Tipos de uso de la tierra (TUT)</i> .....                   | 36 |
| 3.3.5.1 | Ganadería.....   | 37 |
| A)      | Doble propósito.....   | 37 |
| B)      | Ganado lechero .....   | 39 |
| 3.3.5.2 | Bosque con pago de servicios ambientales.....                  | 40 |
| A)      | Áreas vulnerables a erosión y potencialmente degradables.....  | 40 |
| B)      | Definición del pago y servicios a pagar.....                   | 41 |
| 3.3.5.3 | Pago de la deuda ambiental.....                                | 42 |
| A)      | Áreas vulnerables a degradación.....                           | 42 |
| B)      | Definición del pago .....                                      | 43 |
| 3.3.5.4 | Café .....   | 43 |
| 3.3.5.5 | Caña de azúcar .....   | 43 |
| 3.3.6   | <i>Construcción de modelos</i> .....                           | 45 |
| 3.3.6.1 | Aptitud física.....  | 46 |
| 3.3.6.2 | Estimación de extensiones por aptitud de los TUT .....         | 46 |
| 3.3.6.3 | Aptitud económica .....  | 47 |
| 3.4     | MODELACIÓN DE BENEFICIOS E IMPACTOS .....                      | 47 |
| 3.4.1   | <i>Estimación de erosión</i> .....                             | 47 |
| 3.4.1.1 | Factor R .....   | 48 |
| 3.4.1.2 | Factor longitud de la pendiente (LS) .....                     | 48 |



|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 3.4.1.3  | Factor erodabilidad del suelo K .....  | 49        |
| 3.4.1.4  | Factor cobertura "C" .....   | 49        |
| A)       | Subfactor: materia orgánica .....  | 49        |
| 3.4.1.5  | Factor P .....   | 50        |
| 3.4.2    | <i>Estimación y clasificación de la erosión</i> .....                              | 50        |
| <b>4</b> | <b>RESULTADOS Y DISCUSION</b> .....  | <b>52</b> |
| 4.1      | USO DE LA TIERRA EN LA CUENCA DEL RÍO BARRANCA .....                               | 52        |
| 4.1.1    | <i>Áreas bajo pago de servicios ambientales: un tipo de uso de la tierra</i> ..... | 58        |
| 4.2      | PATRONES DE USO DE LA TIERRA .....   | 60        |
| 4.2.1    | <i>Bosques y sucesiones vegetales</i> .....  | 62        |
| 4.2.2    | <i>Pastos y ganadería</i> .....  | 62        |
| 4.2.3    | <i>Otras categorías</i> .....  | 63        |
| 4.3      | FACTORES ASOCIADOS AL USO DE LA TIERRA .....                                       | 64        |
| 4.4      | EVALUACIÓN DE TIERRAS .....  | 66        |
| 4.4.1    | <i>Conflicto de uso de la tierra</i> .....   | 66        |
| 4.4.2    | <i>Áreas Vulnerables a erosión y degradación</i> .....                             | 68        |
| 4.4.2.1  | Vulnerables a erosión .....  | 68        |
| 4.4.2.2  | Vulnerabilidad a degradación .....   | 69        |
| 4.4.3    | <i>Pago de servicios ambientales</i> .....   | 72        |
| 4.4.4    | <i>Ganadería Doble propósito</i> .....   | 74        |
| 4.4.4.1  | Aptitud física .....   | 74        |
| 4.4.4.2  | Parámetros micro-económicos .....  | 77        |
| 4.4.5    | <i>Ganadería de Leche</i> .....  | 80        |
| 4.4.5.1  | Aptitud física .....   | 80        |
| 4.4.6    | <i>Caña de azúcar</i> .....  | 82        |
| 4.4.6.1  | Aptitud física .....   | 82        |
| 4.4.6.2  | Parámetros microeconómicos .....   | 83        |
| 4.4.7    | <i>Café</i> .....  | 86        |
| 4.4.7.1  | Aptitud física .....   | 86        |
| 4.4.7.2  | Parámetros micro-económicos .....  | 87        |
| 4.4.8    | <i>Modelación de la erosión en la dinámica de uso</i> .....                        | 89        |
| 4.4.8.1  | Áreas vulnerables a degradación y la erosión .....                                 | 92        |
| 4.4.8.2  | La erosión en los tipos de uso en el área agropecuaria .....                       | 93        |

|           |   |     |
|-----------|---|-----|
| 4.4.9     | <i>Recapitulación</i> .....   | 95  |
| 5         | <b>CONCLUSIONES</b> .....   | 98  |
| 6         | <b>RECOMENDACIONES</b> .....  | 101 |
| 7         | <b>BIBLIOGRAFIA</b> .....   | 102 |
| 8         | <b>ANEXOS</b> .....   | 111 |
|           |   |     |
| Anexo 1A. | Características de las unidades cartográficas, utilizadas en la evaluación de tierras de la cuenca del Río Barranca ..... | 111 |
| Anexo 2A. | Lista de insumos utilizados por tipo de uso de la tierra, en la evaluación de tierras en la cuenca del Río Barranca ..... | 118 |
| Anexo 3A. | Árboles de decisión utilizados en la evaluación de tierras .....  | 127 |

CRUZ BOLAÑOS, JL. 2002. Evaluación del cambio de uso de la tierra en sistemas de producción agropecuaria en la cuenca del Río Barranca, Costa Rica

Palabras Claves: Cambio y uso de la tierra, probabilidad de Markov, SIG, evaluación de tierras, caña, café, pasturas, ganadería de doble propósito, ganadería de leche, vulnerabilidad a degradación, Río Barranca, erosión, RUSLE.

## RESUMEN

// La cuenca del Río Barranca se localiza en la vertiente del Pacífico de Costa Rica, y provee de agua a cuatro cantones, tres de ellos fuera de sus límites naturales, no obstante, procesos de degradación y contaminación amenazan la calidad y cantidad de las fuentes de agua y productividad de las tierras. Tomando en cuenta el papel que juega el uso de la tierra en la degradación y conservación del suelo y otros recursos, fue realizada una evaluación del cambio de uso en los sistemas de producción en dicha cuenca. Tres procedimientos se diferencian en el presente estudio: a) la evaluación del cambio de uso y factores asociados al cambio en el período de 1984 a 1998 b) la evaluación de tierras, para cuatro tipos de uso agropecuario mejorados y priorizar áreas para pago de servicios ambientales, con el programa ALES (Automated Land Evaluation System); y c) modelación de la erosión para dos estados temporales y escenarios óptimos utilizando RUSLE (Revised Universal Soil Loss Erosion). //

La cuenca mantiene una cobertura de 43% de pastos, los cuales tienen una probabilidad de 82% de estabilidad, además, es la categoría a la que tienden otros usos, sin embargo, en los últimos años su cobertura decreció 3%. Los bosques cubren 33% de la cuenca, 2% menos que hace 15 años, su probabilidad de estabilidad es de 92%. El cultivo de café fue el que más aumentó su cobertura y su estabilidad es probable en 65%. Los usos de la tierra en la cuenca mostraron ser dinámicos y los factores asociados al cambio son la precipitación, densidad de población, altitud sobre el nivel del mar, distancia a centros de distribución de insumos, distancia a ríos y tipo de uso anterior.

La zona de desarrollo agropecuario se estima en 11 254 ha, 23% de la cuenca, en la cual ganadería de doble propósito y leche especializada, café y caña, mostraron aptitud física. El tipo de uso que mejores parámetros microeconómicos mostró fue la ganadería de doble propósito. Una extensión de 12 652 ha de bosque fueron definidas para el pago de servicios ambientales y 17 154 ha en zonas de alta vulnerabilidad a degradación se proponen para manejo especial o recuperación de áreas. La modelación de la erosión mostró que los cambios de uso de la tierra en los últimos 15 años incrementaron en 39% la erosión, cuya tendencia es creciente. La asignación de usos adecuados a las tierras, mostraron una reducción de 60% de la erosión en la zona de desarrollo agropecuario.

CRUZ BOLAÑOS, JL. 2002. Land use change of production systems in the River Barranca Basin, Costa Rica.

Key Words: Land use change, Markov chain, GIS, land use change, ALES, pastures, vulnerability, land degradation, Barranca River Basin, erosion, RUSLE.

### SUMMARY

The Barranca River Basin, which is located in the central pacific region of Costa Rica, provides water for human consumption to four counties, three of them outside its limits. However, the degradation processes of the resources threatens the quality and quantity of water sources. Taking into account, the role of the land use in soil and other conservation resources and land degradation, an evaluation of production systems change was developed. There were three procedures in this study: a) evaluation of changes and factors associated to land use in the period between 1984-1998, using Geographic Information Systems; b) evaluation of four types of improved agricultural use and prioritization of areas for environmental services payment, using ALES (Automated Land Evaluation System) program; c) simulation of erosion for temporal states and types of land use that resulted suitable in the evaluation, using RUSLE (Revised Universal Soil Loss Erosion) method.

Results showed that the basin maintains a coverage of 43% of pastures with a probability of 82% to stay on stability; although, others uses trend to move to pastures this category has decreased 3% during this period. Forests cover 33% of the basin, two percent less than 15 years ago; the probability of stability is 92%. Coffee was the crop whose coverage increased most during the evaluated period; its stability is about 65%. Land uses in the basin showed to be dynamic; among the driving factors associated to change land use are precipitation, population density, elevation sea level, distance to inputs, distribution, distance to rivers, and former land use type.

The area of agricultural development is estimated in 11 254 ha equal to 23% of the basin area, where dual purpose and specialized dairy production, as well as coffee and sugar cane showed physical suitability. The former covers the greatest area. Dual-purpose system showed the best microeconomic parameters, provided that, farms maintains 3 AU ha<sup>-1</sup>. Sugar cane was the second best profitable.

A total of 12 612 ha were suitable to environmental services payment under the modality of forest protection, a total of 17 154 ha were suitable to special management practices or recuperation because of their high vulnerability to environmental degradation.

The soil estimation showed that the amount of soil erosion increased 39% during the last 15 years mainly due to land use changes. Since this process has a positive tendency, land use planning may help to prevent or reduce soil erosion.

A simulated scenery allocation agricultural activity in the recommended areas (high suitability) showed that erosion could be reduced up to 60%.

## LISTA DE CUADROS

|   |    |
|---|----|
| Cuadro 1. Montos (US\$) estimados por servicio ambiental en bosques primarios y secundarios .....   | 15 |
| Cuadro 2. Área (km <sup>2</sup> y %) de la cuenca del Río Barranca, por distrito, cantón y provincia .....  | 16 |
| Cuadro 3. Unidades bióticas presentes en la cuenca del Río Barranca .....   | 17 |
| Cuadro 4. Zonas de vida y transiciones presentes en la cuenca del Río Barranca .....  | 18 |
| Cuadro 5. Pendientes predominantes en la cuenca del Río Barranca .....  | 18 |
| Cuadro 6. Suelos de la cuenca del Río Barranca .....  | 19 |
| Cuadro 7. Capacidad de uso de las tierras, clases forestales, en la cuenca del Río Barranca .....   | 19 |
| Cuadro 8. Varianza estimada de $p$ (probabilidad de cambio) para la categoría de pastos por número total de puntos .....  | 23 |
| Cuadro 9. Modelos de la varianza muestral $\hat{V}(\hat{p})$ en función del tamaño de píxel .....   | 24 |
| Cuadro 10. Velocidades (km*h <sup>-1</sup> ) de desplazamiento asignadas a los caminos, según revestimiento o categoría, para la construcción del mapa de fricción de la cuenca del Río Barranca .....        | 27 |
| Cuadro 11. Velocidades de desplazamiento asignada a las coberturas, en la construcción del mapa de fricción de la cuenca del Río Barranca .....   | 27 |
| Cuadro 12. Eficiencia de desplazamiento asignada a las pendientes, basada en la clasificación de dificultad de la pendiente presentada por Mazier <i>et al.</i> (1976) .....                                  | 27 |
| Cuadro 13. Características de las unidades cartográficas .....  | 33 |
| Cuadro 14. Características de las unidades de tierra asociada a los requisitos de uso de la tierra, y tipos de uso en los cuales se utilizaron para la construcción de modelos de evaluación de tierras ..... | 36 |
| Cuadro 15. Rendimientos agrícolas considerados en la evaluación de tierras, según nivel de aptitud para el cultivo de caña de azúcar .....  | 44 |
| Cuadro 16. Concentración de sacarosa en caña de azúcar según nivel altitudinal (Chaves <i>et al.</i> , 1998) .....  | 45 |
| Cuadro 17. Valores del Factor C utilizados en este estudio basado en otras fuentes .....  | 49 |
| Cuadro 18. Clasificación de la pérdida de suelo propuesta por la FAO (1980) .....   | 51 |

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Cuadro 19. | Extensión (ha y %) por categoría de uso de la tierra para los años 80 y 1998, en la cuenca del Río Barranca.....  | 52 |
| Cuadro 20. | Dinámica del uso de la tierra (ha) de los años 80 a 1998, en la cuenca del Río Barranca.....  | 53 |
| Cuadro 21. | Cambio en dos estados intra categorías de uso de la tierra referido al área mostrada en los años 80s.....   | 57 |
| Cuadro 22. | Extensión (ha y %) por categoría de uso de la tierra para los años 80 y 1998, en la cuenca del Río Barranca, incluyendo el Pago de Servicios Ambientales como una categoría de uso..... | 59 |
| Cuadro 23  | Probabilidades de transición de uso de la tierra para el periodo de los años 80 a 1998, estimadas con puntos aleatorios de muestreo.....  | 60 |
| Cuadro 24  | Variables socioeconómicas y biofísicas asociadas al cambio de la tierra entre el periodo de los años 80 y 1998, en la cuenca del Río Barranca.....                                      | 65 |
| Cuadro 25  | Variables socioeconómicas y biofísicas asociadas significativamente al cambio de la tierra, en la cuenca del Río Barranca.....  | 66 |
| Cuadro 26  | Extensión (ha) por conflicto de uso de la tierra en la cuenca del Río Barranca  | 66 |
| Cuadro 27  | Extensión (ha) de los tipos de cobertura del año 1998 por grado de vulnerabilidad a erosión de las tierras en la cuenca del Río Barranca.....   | 68 |
| Cuadro 28  | Extensión de las tierras por estado erosivo en la cuenca del Río Barranca   | 69 |
| Cuadro 29  | Área (ha) por vulnerabilidad a degradación de las tierras en la cuenca del Río Barranca.....  | 69 |
| Cuadro 30  | Tipo de cobertura por grado de vulnerabilidad a degradación de las tierras en la cuenca del Río Barranca.....   | 71 |
| Cuadro 31  | Parámetros micro-económicos por ha por pago de servicios ambientales en dos modalidades.....  | 72 |
| Cuadro 32  | Categorías de uso al año 1998 por niveles de aptitud física para ganadería de doble propósito, en la cuenca del Río Barranca.....   | 74 |
| Cuadro 33  | Extensiones de tierras (ha) por niveles de aptitud y riesgos de erosión en la cuenca del Río Barranca.....  | 75 |
| Cuadro 34  | Niveles de aptitud física por estados erosivos de las tierras (ha).....   | 75 |
| Cuadro 35  | Áreas (ha) de aptitud física por vulnerabilidad a degradación de tierras.....   | 76 |
| Cuadro 36. | Extensión de tierras (ha) por aptitud a ganadería de doble propósito por carga animal (UA.ha <sup>-1</sup> ) y vulnerabilidad a degradación.....  | 76 |

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Cuadro 37 | Extensión (ha) por niveles de aptitud física y carga animal para ganadería de doble propósito en la cuenca del Río Barranca.....                | 77 |
| Cuadro 38 | Parámetros micro-económicos por carga animal en ganadería de doble propósito.....   | 78 |
| Cuadro 39 | Áreas (ha) por aptitud física a ganadería de leche en la cuenca del Río Barranca  | 80 |
| Cuadro 40 | Áreas de aptitud para ganadería lechera y uso actual en la cuenca del Río Barranca.....   | 80 |
| Cuadro 41 | Extensiones (ha) aptas para producción lechera en la cuenca del Río Barranca.....   | 82 |
| Cuadro 42 | Indicadores micro-económicos estimados para tierras muy aptas para ganadería de leche utilizando una carga animal de 3UA ha <sup>-1</sup> ..... | 82 |
| Cuadro 43 | Extensiones por aptitud para el cultivo de caña de azúcar y uso actual en la cuenca del Río Barranca.....                                       | 83 |
| Cuadro 44 | Extensiones (ha) por aptitud física al cultivo de caña de azúcar y grados de vulnerabilidad de degradación en la cuenca del Río Barranca.....   | 83 |
| Cuadro 45 | Parámetros microeconómicos de las tierras con aptitud para el cultivo de caña de azúcar en la cuenca del Río Barranca.....                      | 84 |
| Cuadro 46 | Rendimientos (t) de caña de azúcar por aptitud y piso latitudinal de las tierras en la cuenca del Río Barranca.....                             | 84 |
| Cuadro 47 | Extensiones de tierra (ha) por nivel de aptitud para el cultivo del café por nivel de vulnerabilidad a degradación.....                         | 86 |
| Cuadro 48 | Extensión (ha) por categoría de uso actual en tierras identificadas aptas para el cultivo del café en la cuenca del Río Barranca.....           | 86 |
| Cuadro 49 | Área efectivas (ha) aptas para el cultivo del café en la cuenca del Río Barranca.....   | 87 |
| Cuadro 50 | Parámetros microeconómicos por nivel de aptitud para el cultivo del café en la cuenca del Río Barranca.....                                     | 87 |
| Cuadro 51 | Clasificación de la pérdida de suelo (t) basada en propuesta de la FAO (1980), para dos estados temporales en la cuenca del Río Barranca.....   | 89 |
| Cuadro 52 | Dinámica de las tierras (ha) en función de la pérdida de suelo en el período evaluado en la cuenca del Río Barranca.....                        | 90 |
| Cuadro 53 | Comportamiento de la erosión en las áreas vulnerables a degradación en 1998, en la cuenca del Río Barranca, Costa Rica.....                     | 92 |

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Cuadro 54. | Dinámica de tierras (ha) en la zona de desarrollo agropecuario por clases de erosión en dos estados y TUT apto que minimice la erosión o maximice el VAN | 94 |
| Cuadro 55. | Volumen de erosión (t) en dos períodos y tipos de uso evaluados basados en la clasificación de la erosión de los años 84-88.....                         | 94 |
| Cuadro 56  | Parámetros microeconómicos por tipo de uso de la tierra evaluados en la cuenca del Río Barranca.....   | 95 |



## LISTA DE FIGURAS

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Figura 1.  | Comportamiento de la varianza muestral en función del tamaño de la muestra, para estimar la probabilidad de cambio $p$ en el uso de la tierra .....                        | 23 |
| Figura 2.  | Densidad de población (habitantes.km <sup>-2</sup> ) en la cuenca del Río Barranca, Costa Rica (Fuente: Censo 2000).....   | 26 |
| Figura 3.  | Distancia (min * km <sup>-1</sup> ) a caminos en la cuenca del Río Barranca.....   | 28 |
| Figura 4.  | Distancia a centros poblados en la cuenca del Río Barranca .....   | 29 |
| Figura 5.  | Distancia a centros de distribución de insumos en la cuenca del Río Barranca .....   | 30 |
| Figura 6.  | Esquema del procedimiento para la evaluación de tierras (Castillo, 2000) .   | 31 |
| Figura 7.  | Esquema del procedimiento para definir las unidades cartográficas para la evaluación de tierras en la cuenca del Río Barranca, Costa Rica .....                            | 33 |
| Figura 8.  | Esquema metodológico para definir áreas vulnerables a degradación en la cuenca del Río Barranca.....   | 42 |
| Figura 9.  | Árboles de decisión para definir niveles de severidad de RUT (requisito de uso de la tierra) y TUT (tipo de uso de la tierra) en ALES (Automated Land Evaluation System)45 |    |
| Figura 10. | Proceso metodológico para estimar área efectiva de aptitud de los tipos de uso de la tierra (TUT).....   | 46 |
| Figura 11. | Proceso desarrollado en Arc View para estimar LS, basado en Engel (1999)   | 48 |
| Figura 12. | Proceso metodológico para definir el factor C de cobertura del suelo.....  | 50 |
| Figura 13. | Extensión y porcentaje referido al total de la cuenca por categoría de uso en los años 80s y 1998 en la cuenca del Río Barranca.....                                       | 56 |
| Figura 14. | Patrones de cambio de uso de la tierra en la cuenca del Río Barranca, Costa Rica   | 61 |
| Figura 15. | Comportamiento de la carga animal en el cantón de Esparza, Costa Rica (Fuente: Censo ganadero, 2000) .....   | 78 |
| Figura 16. | Pérdida del suelo simulada con la RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) para los años 80s y 1998, en la cuenca del Río Barranca, Costa Rica. ....                   | 90 |
| Figura 17. | Volúmenes (t) de erosión en los niveles de vulnerabilidad a degradación ..   | 93 |
| Figura 18. | Volumen de erosión en dos estados y tipos de uso evaluados en clasificación de la erosión durante 1984-88 .....  | 95 |

## LISTA DE MAPAS

|          |  |    |
|----------|--|----|
| Mapa 1.  | Localización de la cuenca del Río Barranca, Costa Rica .....   | 20 |
| Mapa 2.  | Uso de la tierra en la cuenca del Río Barranca en los años 1984, 86, 87 y 8854 .....                     |    |
| Mapa 3.  | Uso de la tierra en la cuenca del Río Barranca en los años 1996 y 98.....                                | 55 |
| Mapa 4.  | Capacidad y conflicto de uso de la tierra Cuenca del Río Barranca .....                                  | 67 |
| Mapa 5.  | Áreas vulnerables a degradación por erosión, en la cuenca del Río Barranca,<br>Costa Rica .....          | 70 |
| Mapa 6.  | Áreas con PSA actual y otras cubiertas de bosque, prioritarias para PSA,<br>cuenca del Río Barranca..... | 73 |
| Mapa 7.  | Tierras con aptitud para ganadería de doble propósito .....  | 79 |
| Mapa 8.  | Aptitud física de las tierras a ganadería de leche, cuenca del Río Barranca ..                           | 81 |
| Mapa 9.  | Tierras con aptitud para el cultivo de caña en la cuenca del Río Barranca,<br>Costa Rica .....           | 85 |
| Mapa 10. | Tierras con aptitud para el cultivo de café, cuenca del Río Barranca, Costa<br>Rica.                     | 88 |
| Mapa 11. | Clasificación de tierras por erosión estimada con RUSLE, cuenca del Río<br>Barranca .....                | 91 |
| Mapa 12. | Escenario en función del tipo de uso de la tierra con menos tasa de erosión..                            | 97 |

## 1 INTRODUCCIÓN

En el sistema de cuenca, el componente social dentro de los sistemas productivos y en busca de satisfacer sus necesidades, altera otros componentes, generando procesos de degradación de los recursos que afecta la calidad y la disponibilidad de los mismos.

En Costa Rica, cerca de 60% del agua para consumo humano en acueductos urbanos, proviene de fuentes superficiales, mientras que en el resto del país, entre 61 y 82% se obtiene de fuentes subterráneas (Abarca, 2001), como los acuíferos que se encuentran en la parte baja de la cuenca del Río Barranca. Así también, en el País, al menos 10% de su territorio nacional, sufre de un serio proceso de degradación, principalmente en Guanacaste y el Pacífico Central, regiones consideradas vulnerables (CADETI, 1998, citado por MINAE, PNUMA, 2002).

Tomando como unidad de planificación la cuenca hidrográfica, en la cual, las tierras altas y bajas están ligadas por el ciclo del agua y en donde las alteraciones antrópicas se reflejan en la calidad y cantidad del recurso hídrico, se desarrolla el presente estudio, considerando el proceso histórico del uso de la tierra, la planificación de la misma y sus efectos en la degradación del recurso.

## 1.1 Definición del problema

La falta de información e identificación de las áreas degradadas, los sistemas de producción bajo las cuales son explotadas y los potenciales de éstas para la producción y manejo, son limitantes para proponer y dirigir acciones alternativas de manejo, que permitan maximizar beneficios socioeconómicos y ambientales, a la vez de minimizar externalidades negativas.

La deforestación y el manejo inadecuado del suelo, son entre otras, causas de degradación de las tierras, lo que deriva una baja en la productividad, disminuye los beneficios socioeconómicos a los productores, favorece la migración, genera pobreza, reduce la calidad del medio e incrementa la vulnerabilidad a desastres naturales (ONU, 1993, Casey y Paolisso, 1996; Barrantes y Romero, 1997; Ramírez, 1999). De no revertir las tendencias de degradación en áreas cultivadas o prevenirla en áreas nuevas, el incremento de bienes y servicios demandados de la creciente población, amenaza con aumentar la brecha entre la producción agropecuaria y la demanda de alimentos reportada por la FAO (2000) entre 1995 y 1999. Esta situación exige la optimización del recurso tierra.

La cuenca del Río Barranca localizada en la región del Pacífico Central, provee agua para consumo humano a sus habitantes y a la población de tres cantones localizados fuera de sus límites naturales, cuya demanda proyectada al 2008 se estima en 110% (Pujols, 1988). Además, sus habitantes usan la tierra para la producción de café, caña, hortalizas, leche y carne, entre otros; mientras esto ocurre, procesos de degradación del suelo debido a la deforestación, mal manejo de tierras y contaminación se vienen evidenciando y amenazan la calidad y cantidad de las fuentes de agua así como la producción agropecuaria.

## 1.2 Justificación

La deforestación, conjuntamente con la remoción de la vegetación natural, actividades agrícolas y sobrepastoreo, se consideran como causas principales de los diferentes tipos de degradación (Weems, 1990; Ago y Kessler, 1996), además de generar pobreza y baja en la productividad (Barrantes, 1997; Ramírez, 1999).

La degradación de suelos avanza tan rápidamente en América Latina, que pocos países esperan alcanzar una agricultura sostenible en un futuro próximo (Ago y Kessler, 1996). Esta degradación, tiene como causa principal el manejo inadecuado del suelo y el principal recurso para combatirla es mejorar su manejo (Benites, *et al.* 1993) a través de planes y acciones de uso, que requiere su evaluación para conocer aptitudes y limitaciones.

Considerando la cuenca como sistema, en la cual, las interrelaciones como la alteración de sus componentes, tienen efectos que son evidentes en el ciclo hidrológico, la vía para mantener, regular y recuperar los procesos que afectan la sostenibilidad es el manejo en el ámbito de cuenca hidrográfica.

Algunos servicios demandados por la población dependen de la calidad y estabilidad de los ecosistemas naturales, situación que exige potenciar y priorizar las tierras, principalmente cuando la dependencia de sus recursos son grandes poblaciones. Tal es el caso de la cuenca del Río Barranca cuyas tierras son utilizadas para ganadería, producción de café, caña y hortalizas entre otros, a la vez que provee de agua a sus habitantes y otras poblaciones fuera de los límites naturales, no obstante, evidencia procesos de deforestación, degradación del suelo, y contaminación (Chaves *et al.* 1991; Dercksen y Azofeifa, 1997; Amores *et al.* 1997.).

Para desarrollar acciones de manejo acorde a las condiciones biofísicas y socioeconómicas en la cuenca del río Barranca, es necesario conocer, localizar, evaluar y priorizar de acuerdo a su vulnerabilidad las tierras bajo las cuales se desarrollan los sistemas de producción agropecuaria. En este marco, se realizó el presente estudio haciendo uso de la información generada para proveer de criterios a planificadores y tomadores de decisión en el manejo de los recursos.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 General**

Contribuir a la sostenibilidad de los recursos naturales y reducir el efecto en la degradación de éstos en la cuenca del Río Barranca, Costa Rica.

#### **1.3.2 Específicos**

Identificar los patrones de uso de la tierra y caracterizar su dinámica en el período comprendido entre 1984 y 1998 en la cuenca del Río Barranca.

Evaluar la aptitud física y socioeconómica de tipos de uso de los sistemas agropecuarios actuales mejorados

Modelar los posibles cambios en escenarios en función de criterios de beneficio económico y conservación de suelos

Proponer escenarios de uso óptimo de la tierra con sistemas alternativos, en la cuenca del Río Barranca

### **1.4 Hipótesis**

El patrón de uso de la tierra en la cuenca del Río Barranca es dinámico y ha cambiado significativamente en el periodo entre 1984 y 1998, por lo que su evolución permitirá identificar las tendencias de uso y proponer estrategias y acciones para un uso sostenible de la tierra.

Sistemas de producción agropecuaria localizados en tierras no aptas para su explotación incrementan los riesgos de degradación debido a la erosión.

## 2 REVISIÓN DE LITERATURA

La cuenca hidrográfica es un territorio delimitado por la propia naturaleza, esencialmente, por los límites de las zonas de escurrimiento de las aguas superficiales que convergen hacia un mismo cauce, sus recursos naturales y sus habitantes poseen condiciones físicas, biológicas, económicas, sociales y culturales que les confieren características que son particulares a cada una. Físicamente representa una fuente natural de captación y concentración de agua superficial, la cual deriva beneficios y riesgos al hombre y sistemas naturales. Las cuencas facilitan la relación entre sus habitantes, debido a su dependencia común a un sistema hídrico compartido, a vías de acceso y al hecho que deben enfrentar peligros comunes independientemente de límites político-administrativos, (Dourojeanni, 1999)

El aprovechamiento de los recursos se ha dado bajo enfoques de desarrollo regional y pocas veces en función de sistemas definidos por los recursos naturales (CEPAL, 1994), situación que ha derivado crisis en la calidad del servicio a los pobladores, los recursos naturales y la economía de los países. Este enfoque regional, no ha sido el más eficiente, en tal sentido, es necesario definir unidades de planificación tal como la cuenca hidrográfica, bajo el contexto de manejo de cuencas, para lo cual, es necesario conocer el ciclo hidrológico y los diversos procesos que se desarrollan en ésta.

El manejo de cuencas hidrográficas es el monitoreo y ordenación planificada por parte de un ente, del conjunto de acciones integradas, orientadas y coordinadas sobre los elementos variables del medio ambiente en una cuenca, tendientes a regular el funcionamiento de este ecosistema, alcanzar un aprovechamiento óptimo y sostenible de los recursos naturales que resulte en elevar la calidad de vida de la población en ella (Richetrs, 1995; FAO, 1996).

### 2.1 Tierras degradadas

El sistema humano dentro de los procesos productivos, procurando por bienes y servicios, altera los diferentes flujos y componentes que operan en el sistema de cuenca, generando procesos de degradación de los recursos, que afecta la oferta intertemporal, la calidad y la disponibilidad de los mismos (Carmona, 1996), generando consecuencias

socioeconómicas, tales como la migración, la pobreza y cambios en el rol de la mujer, entre otros (Casey y Paolisso, 1996). A continuación, se presentan tres definiciones de degradación, las cuales destacan procesos de cambio, su relación con la erosión y aspectos socioeconómicos.

La Convención de las Naciones Unidas de lucha contra la desertificación, define degradación como reducción o la pérdida de la productividad biológica o económica y la complejidad de las tierras agrícolas de secano, las tierras de cultivo de regadío o las dehesas, los pastizales, los bosques y las tierras arboladas, ocasionada en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, por los sistemas de utilización de la tierra o por un proceso o una combinación de procesos, incluidos los resultantes de actividades humanas y pautas de poblamiento, tales como: a) la erosión del suelo causada por el viento o el agua, b) el deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas o de las propiedades económicas del suelo, y c) la pérdida duradera de vegetación natural.

La degradación del suelo se refiere al cambio de una o más de sus propiedades a condiciones inferiores a las originales, por medio de procesos físicos, químicos y/o biológicos, provocando alteraciones en la fertilidad del suelo y consecuentemente en su capacidad de sostener una agricultura productiva (Prado y Veiga, 1993).

En el ámbito de cuencas, la degradación ambiental se refiere a la acción del agua en su expresión hidrocínética al modificar el paisaje, que deriva procesos erosivos, provocando la degradación intensa de las tierras y producen una modificación sustancial del régimen hidrológico (Rodríguez, 1996).

En el contexto anteriormente descrito, se presenta a continuación una síntesis de las causas de la degradación con énfasis en la deforestación, cambios de cobertura y mal manejo de las tierras, las cuales favorecen la erosión. También se aborda la importancia de considerar a la cuenca hidrográfica como unidad de planificación para enfrentar las causas de degradación y alcanzar el uso sostenible de los recursos naturales.

## **2.2 Causas de la degradación y metodologías para su estudio**

La deforestación, además de ser considerada como una crisis ambiental importante, con efectos en el ámbito global y local tales como: la pérdida de biodiversidad, cambio



climático, alteración del ciclo hidrológico, incremento de la ocurrencia de inundaciones, erosión del suelo (Baer, 1995; Myers, 1994; Anderson, 1993; Mahar, 1989; citados por Caviglia, 1999; Villa Nova *et. al.* 1976; Chavez y Leopoldo, 1991; Alves *et. al.* 1999), es considerada como la causa principal de los diferentes tipos de degradación de tierras, conjuntamente con la remoción de la vegetación natural, actividades agrícolas, sobrepastoreo y sobreexplotación de la vegetación para uso doméstico (Weems, 1990; Ago y Kessler, 1996).

El manejo inadecuado del suelo es también, causa de la degradación y el mejoramiento del uso de la tierra, es parte de la solución. Sin embargo, la falta de información adecuada y suficiente, ha impedido dirigir acciones de manejo para recuperar las áreas deterioradas (Benites *et. al.* 1993).

### **2.2.1 Cambios de uso de la tierra y patrones de uso**

En Costa Rica, desde 1960 el área cubierta de pastos se incrementó 26% del total de la superficie del país, éste incremento se debe principalmente al aumento en la ganadería de carne para exportación, mientras tanto, la cobertura boscosa que mantenía una tasa de reducción promedio anual de 2% entre 1960 y 1980, se incrementó al doble entre 1980 y 1990, década en la cual el Estado estimula la expansión de la actividad ganadera con fines de exportación (Dengo *et. al.* 1999).

La cobertura vegetal, como componente del sistema cuenca y las interrelaciones con componentes biofísicos y socioeconómicos, dan lugar a cambios que tienen influencia en componentes del ciclo hidrológico (Chavez y Leopoldo, 1991; Alves *et. al.* 1999; Luvall y Uhl, 1990; Leopoldo *et. al.* 1995; Barrantes, *et. al.* 1997; Vahrson, 1993).

La cobertura y el uso de la tierra, están íntimamente ligados, ya que un amplio rango de actividades altera los ambientes físicos a través de cambios, éstos cambios de cobertura pueden darse de dos formas: a) la que denota una conversión de una categoría de cobertura a otro tipo y b) los que se dan dentro de una categoría que afectan el carácter de la cobertura. Se reconoce de la participación de aspectos socioeconómicos en la introducción de cambios al paisaje a través del tiempo (Turner *et. al.* 1996).

Los cambios de cobertura son de dominio local y se manifiestan en cambios globales y acumulativos en el ambiente humano, además, que contribuyen a cambios ecológicos sistemáticos como la liberación de gases. En este contexto, se ha despertado interés por estudiar los procesos de cambios de cobertura, la deforestación y uso de la tierra, incluyendo varias metodologías y modelos que permitan conocer el por qué?, dónde? y cuándo ocurrirán?, sin embargo, según Lambin (1994) un estudio más completo e integral, requiere la combinación de varios modelos, ya que cada uno tiene propósitos diferentes. Por ejemplo, tomando como punto de partida las cadenas de Markov y agregando otras funciones logísticas para observar las probabilidades de transición de una cobertura a otra o para modelar la contribución de factores exógenos a la transición, el modelo puede ser más realista y práctico (Lambin, 1994).

### 2.2.1.1 Cadenas de Markov

Según Feller (1991) son una sucesión de ensayos con resultados de posibles eventos  $E_1, E_2, \dots$ , si las probabilidades  $P$  de las sucesiones muestrales se definen por  $P\{E_{j_0}, E_{j_1}, \dots, E_{j_n}\} = a_{j_0} p_{j_0 j_1} p_{j_1 j_2} \dots p_{j_{n-2} j_{n-1}} p_{j_{n-1} j_n}$  en términos de una distribución de probabilidades  $\{a_k\}$  para  $\{E_k\}$  en el ensayo inicial (0 cero), y de probabilidades condicionales fijas  $p_{jk}$ , de  $E_k$ , dado que  $E_j$  que ha ocurrido en el ensayo anterior. A los resultados posibles  $E_k$ , se les suele llamar posibles estados del sistema y a  $p_{jk}$  se le llama probabilidad de transición de  $E_j$  a  $E_k$ .

Las probabilidades de transición  $p_{jk}$  se arreglan en una *matriz de probabilidades de transición*.

$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & \dots \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} & \dots \\ P_{31} & P_{32} & P_{33} & \dots \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots \end{bmatrix}$$

Donde el primer subíndice representa al renglón y el segundo a la columna, resultando  $P$  una matriz cuadrada con elementos no negativos y sumas unitarias en los renglones, denominando esta matriz estocástica; útil para matriz de *probabilidades de transición*; ésta junto con la distribución inicial  $\{a_k\}$ , define completamente una cadena de Markov con estados  $E_1, E_2, \dots$ .

Las cadenas de Markov han sido consideradas por su potencial en el apoyo a estudios de problemas de evolución en la geografía humana (Lambin, 1994), para modelar, predecir o estimar transiciones temporales (Barito, 2000; Pivello y Coutinho, 1996;) y espaciales (García, 2001).

En estudios de dinámica de uso o cobertura, la matriz Markoviana permite analizar la estabilidad del ecosistema en función de los cambios ocurridos en un período de tiempo dado, además de proporcionar información sobre la tendencia de cada categoría de uso o cobertura establecida, en función de las probabilidades de transición entre categorías de uso.

### **2.3 La erosión y su modelación**

Las características de las lluvias de Costa Rica (Vahrson, 1990) aunado a los cambios de cobertura y su fisiografía, favorecen la erosión hídrica, conduciendo a la degradación del suelo, por la pérdida de nutrientes (Vahrson, 1993) que afecta la fertilidad y producción de los cultivos, reduciendo las ganancias de los productores (Barrantes *et al.* 1997), con riesgo a causar daños aguas abajo (Vahrson, 1992).

La importancia de los procesos erosivos, ha dado lugar a varios estudios, de los cuales han resultado diversos métodos para su estimación, los cuales van desde formas directas, modelos paramétricos, de solución analítica o numérica (Ministerio de Medio Ambiente, s.f.). La USLE (Universal Soil Loss Equation) es un modelo diseñado para predecir la pérdida de suelos de un campo de cultivo y sistema de manejo específico (Wischmeier, y Smith, 1978), la cual ha sido utilizada en muchos países tropicales (Rocha, 1977; Amézquita, 1975; Vahrson, 1991; Mora, 1987; Arana, 1992; Castillo, 1992; Bacchi, *et al.* 2000) con resultados que sobreestiman los niveles de erosión cuando se compararon con parcelas de escorrentía (Rocha, 1977; Vahrson, 1991, Palacios, 1993) u otros métodos. (Bacchi, *et al.* 2000). Ante esta diferencia, se han realizado estudios para cada factor de la ecuación e incluso se plantea la RUSLE (Revised, Universal Soil Loss Equation) como una modificación a los factores de la USLE (Renard, *et al.* 1996).

Sin embargo, algunos autores consideran que la aplicación tanto de la USLE como la RUSLE en áreas fuera del rango donde fueron calibradas o en el ámbito de cuencas,

requiere de un ajuste a los factores, siendo uno de ellos la longitud de la pendiente "LS" (Varhson; 1991, Nearing, 1997; Barrios, 2000), el cual como objeto de estudio ha dado lugar a diferentes formas de estimarlo (Moore, 1986), sin embargo, coincide en que los Sistemas de Información Geográfica puede estimar de mejor manera el factor y acercar mas los resultados a la realidad (Barrios, 2000; Engel, 1999).

## **2.4 Recuperación de áreas degradadas**

Para combatir la degradación de tierras es necesario el "mejoramiento del manejo de tierras" agregando obras de conservación de suelos, ya que la erosión acelerada y el escurrimiento son consecuencias ecológicas previsibles del uso y manejo inadecuado de la tierra, antes que las causas primarias de la degradación de las tierras, por lo tanto, el combate frontal de la erosión, sin atacar sus causas subyacentes, siempre será inadecuado (Ago y Kessler, 1996)

Toda recuperación de áreas degradadas tiene un costo, y en el caso del agotamiento de nutrientes del suelo una combinación de prácticas de manejo conservacionistas y un periodo de barbecho puede restaurar el suelo. La degradación puede ser aceptable financieramente, al menos teóricamente, cuando el total de costos de producción son bajos y los costos para restaurar las condiciones del suelo son más bajos que los costos para evitar la degradación (Stoorvogel y Bouma, 1996).

### **2.4.1 Mejoramiento del manejo de la tierra y conservación de suelos**

En años pasados, los conceptos tradicionales de la conservación de suelos hicieron énfasis en el control del volumen y la velocidad del escurrimiento y aguas sin tomar en cuenta los factores socioeconómicos y el sistema de producción, resultando ineficaces para alcanzar los objetivos (Ago, y Kessler, 1996). Uno de los conceptos fundamentales es que el mejoramiento del manejo de la tierra es lo que todos los agricultores hacen con sus tierras, con mayor o menor grado de éxito; esto comprende, pero no es sinónimo, de la *conservación de suelos*. Por lo tanto, *lo que ha cambiado no es el concepto de que el suelo debe ser conservado, sino la mejor forma en que esto debe hacerse* (Shaxson, 2000).

#### 2.4.2 Planificación del uso de la tierra

Es fundamental considerar a la cuenca hidrográfica como la unidad de planificación territorial, considerando criterios, relaciones y niveles de planificación (Hidalgo, 1996). Las funciones de planificar el uso de la tierra, son para orientar decisiones sobre el recurso que permitan los mayores beneficios para el hombre y al mismo tiempo, garantizar su conservación en el futuro.

Según Richters (1995) la planificación regional trata de lograr un cambio planeado, enfocado a un mejor uso de los recursos socioeconómicos y biofísicos para causar el desarrollo acelerado en la cuenca. El problema de la tierra se puede abordar dentro de una región determinada, dedicando atención especial a ciertos usos de la tierra o a determinadas combinaciones o sistemas de producción, así como dedicando atención a determinadas técnicas agrícolas, estos dos criterios son considerados cuando el objetivo es mejorar los ingresos así como disminuir la degradación del recurso. Cuando el objetivo es disminuir la degradación ambiental, se selecciona el área donde los procesos de deterioro son mayores y no el área mas deteriorada.

La planificación a nivel de cuenca engloba todas las modificaciones que puedan sufrir los recursos naturales. Las tierras altas y bajas de la cuenca, están físicamente ligadas por el ciclo del agua y los cambios de cantidad y calidad de las aguas de los ríos son reflejos de las alteraciones antrópicas efectuadas en estas unidades(Ago y Kessler, 1996)

El objetivo principal de la planificación al nivel de cuenca, es revertir el proceso de degradación de los recursos naturales, basado en alternativas que aumenten la productividad agrícola y el ingreso del productor rural. Para lograr este objetivo, es necesario desarrollar programas que contemplen la conservación, producción y utilización de los recursos naturales, en el marco de desarrollo sostenible, armonizando con la dinámica socioeconómica, ambiental y política, en beneficio de la sociedad. La planificación al nivel de cuenca, consiste en la elaboración de proyectos que contemplen las prácticas de uso colectivo de la misma. Debe tener como base el levantamiento de la realidad, el diagnóstico y la propuesta de acción al nivel de cuenca. (Ago y Kessler, 1996).

De acuerdo con las necesidades, potencialidades y el interés del productor rural, en cada propiedad se debe realizar la planificación con el mínimo tolerable para la conservación de

los recursos naturales, de acuerdo con las orientaciones contenidas en la estrategia técnica.

Al nivel de finca, donde las necesidades y el interés del productor sean mayores, la planificación debe basarse en los aspectos socioeconómicos del sistema de producción y del uso del potencial de los recursos naturales, adecuándolos al modelo metodológico. La planificación debe involucrar las acciones previstas en el proyecto de la microcuenca, observándose las tecnologías disponibles de uso y manejo adecuado del suelo, que estén directamente relacionadas con las actividades productivas, sin embargo, en América Latina, la información sobre tipos, causas, grado y severidad de la degradación de tierras, es insuficiente, lo cual dificulta la identificación y puesta en práctica de estrategias efectivas de conservación y rehabilitación de tierras agrícolas. (Ago y Kessler, 1996).

Definir un plan de mejoramiento de uso de tierras implica la evaluación de los recursos de tierra que permita conocer sus aptitudes y limitaciones (Benites *et. al.* 1993).

#### **2.4.2.1 Evaluación de tierras**

La evaluación de tierras es la actividad que describe e interpreta aspectos básicos de clima, vegetación, suelos y de otros aspectos biofísicos y socioeconómicos, con el objeto de identificar usos probables de la tierra y compararlos con el rendimiento estimado de su aplicación sostenible (Richters, 1987). En este sentido, es una actividad clave (Richters, 1995, Comerma, 1997) y herramienta en la planificación estratégica del uso de la tierra, por la habilidad de predecir el comportamiento de la tierra bajo usos determinados y determinar el potencial, en términos de beneficios, costos, y efectos ambientales (Rositer, 1995).

##### **A) Fases para la evaluación de tierras**

Para el desarrollo de la evaluación de tierras son necesario las siguientes etapas: levantamiento de recursos naturales, cualidades relevantes de Unidades de Tierra, Tipos de Utilización de la Tierra (TUT), Requerimientos de los TUT, confrontación y armonización, clasificación Aptitudes: física o técnica, económica (Comerma, 1997). Para el presente caso la evaluación se realizará con énfasis en los sistemas de producción.

## B) *Los Sistemas de Expertos*

Los sistemas de expertos utilizan el conocimiento de los técnicos, investigadores y agricultores, los cuales pueden sistematizarse en programas, amigables con los usuarios, a través de preguntas y respuestas con las cuales pueden ayudar a tomar decisiones a extensionistas y planificadores (Quiroz, 1994).

El ALES (Automated Land Evaluation System), es un programa de computación que permite a los evaluadores de tierra construir sistemas de expertos para sus evaluaciones (Rossiter *et. al.* 1995), según el método presentado en el Esquema para Evaluación de tierras de la Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 1976).

### i. **Caracterización**

La caracterización ecológica, socioeconómica y de los sistemas de producción, para mostrar la oferta y la demanda ambiental de los recursos naturales renovables, puede apoyarse con herramientas como el Sistema de Información Geográfico (SIG) (Dossman, 1996). Trabajar con sistemas de producción implica evaluar el impacto de las interacciones que existen entre los componentes de los sistemas de producción, para lo cual se requiere técnicas de análisis poco usuales en la investigación tradicional, como: análisis multivariados, modelos de programación lineal, modelos de simulación y sistemas de expertos (Quiroz, 1994). La caracterización de agrosistemas, se refiere a la descripción de sus propiedades inherentes y a su análisis en función de las particularidades del medio ambiente en el que se desempeña, el cual es, principalmente, de naturaleza agroecológica y socioeconómica, y la información requerida para llevar a cabo el diagnóstico procede de fuentes primarias (encuestas, experimentos, procesos de evaluación) y secundarias (producida por entidades afines, como censos, estudios ecológicos, edafológicos, climáticos, socioeconómicos, agronómicos, de mercado) (Palencia, 1990).

## C) *Definiciones*

### i. **Tierra**

Una zona de la superficie del planeta cuyas características abarcan todos los atributos estables o predeciblemente cíclicos de la biosfera verticalmente por encima y por debajo de esta zona incluidos la atmósfera, el suelo, la geología, hidrología, población vegetal y animal y los resultados de la actividad humana pasada y presente, en la amplitud en que

estos atributos ejercen una influencia sobre los usos presentes y futuros de la tierra por el hombre (FAO, 1976).

**ii. Unidad de tierra o unidad cartográfica**

Áreas homogéneas en características y/o cualidades que afectan el uso de la tierra. Puede ser un área integrada o varias unidades con factores parciales: suelo, clima, relieve, etc. (FAO, 1976).

**iii. Calidad de tierra (CT)**

Atributo complejo de la tierra que actúa de la manera distintiva en su influencia sobre la aptitud de la tierra sobre una clase específica de uso. (FAO, 1976; Comerma, 1997)

**iv. Tipo de uso de Tierra (TUT)**

Forma de producción rural señalando especificaciones técnicas dentro de un marco socioeconómico. Es un medio y producto en la evaluación de tierras (FAO, 1976; Comerma, 1997).

### **2.4.3 Pago de servicios ambientales (PSA) en Costa Rica**

Uno de los mecanismos de asistencia técnica y financiera, relacionados con el uso adecuado de las tierras y manejo de los recursos naturales, es el pago de servicios ambientales a los propietarios de las tierras.

Costa Rica cuenta con un sistema nacional de pago de servicios ambientales, a cargo de la administración del Estado a través del Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO), sistema que se complementa con la participación local como empresas hidroeléctricas o de abastecimiento de agua. En este sentido, existen dos fuentes de financiamiento, la extranjera que financia servicios ambientales globales y la local reconoce los servicios locales tales como protección de fuentes de agua y protección de cuencas.

El PSA reconoce los servicios de secuestro de carbono, protección de cuencas, protección a la biodiversidad y belleza escénica, mediante las modalidades de reforestación, manejo de bosque natural y protección del bosque.



El valor de pago de servicios ambientales para protección de los bosques estimado por el Centro Científico Tropical (1996) oscila entre US\$ 42 y US\$ 58 ha<sup>-1</sup>, para bosques secundarios y primarios, respectivamente; este valor representa el total del pago de cuatro servicios que brindan los bosques (Cuadro 1). Sin embargo, Sancho y Pratt (1999) refiriéndose a los Parque Nacionales de Costa Rica, consideran que si el precio del carbono cubriese el costo de oportunidad de la tierra, para colocar el 80% del carbono fijado el precio debería superar los US\$ 30 por tonelada métrica.

**Cuadro 1. Montos (US\$) estimados por servicio ambiental en bosques primarios y secundarios**

| Servicio                    | Bosque Primario | Bosque Secundario |
|-----------------------------|-----------------|-------------------|
| Fijación de Carbono         | 38,00           | 29,26             |
| Protección de Aguas         | 5,00            | 2,50              |
| Protección Biodiversidad    | 10,00           | 7,50              |
| Protección Belleza Escénica | 5,00            | 2,50              |
| Total                       | 58,00           | 41,76             |

Fuente: Centro Científico Tropical, 1996

### 3 MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Localización y descripción del área de estudio

La cuenca del Río Barranca cubre una extensión de 48.101 ha y está localizada entre 9° 55'y 10° 13' latitud norte y 84° 22' y 84° 42' longitud oeste, en la vertiente del Pacífico de Costa Rica.

**Cuadro 2. Área (km<sup>2</sup> y %) de la cuenca del Río Barranca, por distrito, cantón y provincia**

| Nombre del Cantón   | Nombre del distrito | Área por Provincia (km <sup>2</sup> ) |            | Área (%) |
|---------------------|---------------------|---------------------------------------|------------|----------|
|                     |                     | Alajuela                              | Puntarenas |          |
| Central             |                     |                                       | 16,7       | 3,5      |
| Esparza             | Espíritu Santo      |                                       | 35,3       | 7,3      |
|                     | Macacona            |                                       | 21,3       | 4,4      |
|                     | San Jerónimo        |                                       | 46,0       | 9,6      |
|                     | San Juan Grande     |                                       | 14,9       | 3,1      |
|                     | San Rafael          |                                       | 0,0        | 0,0      |
| Total Esparza       |                     |                                       | 117,4      | 31,4     |
| Montes de Oro       | Miramar             |                                       | 10,5       | 2,2      |
|                     | San Isidro          |                                       | 1,7        | 0,4      |
| Total Montes de Oro |                     |                                       | 12,2       | 2,5      |
| Naranjo             | Cirrí Sur           | 8,84                                  |            | 1,8      |
|                     | San José            | 10,43                                 |            | 2,2      |
| Total Naranjo       |                     | 19,28                                 |            | 4,0      |
| Palmares            | Santiago            | 0,02                                  |            | 0,0      |
|                     | Zaragoza            | 0,27                                  |            | 0,1      |
| Total Palmares      |                     | 0,29                                  |            | 0,1      |
| Puntarenas          | Chacarita           |                                       | 1,2        | 0,3      |
| San Mateo           | San Mateo           | 0,16                                  |            | 0,0      |
| San Ramón           | Alfaro              | 15,98                                 |            | 3,3      |
|                     | Angeles             | 15,46                                 |            | 3,2      |
|                     | Concepción          | 3,26                                  |            | 0,7      |
|                     | Piedades Norte      | 45,54                                 |            | 9,5      |
|                     | Piedades sur        | 116,34                                |            | 24,2     |
|                     | San Juan            | 0,32                                  |            | 0,1      |
|                     | San Rafael          | 5,06                                  |            | 1,1      |
|                     | Santiago            | 37,79                                 |            | 7,9      |
|                     | Volio               | 10,83                                 |            | 2,3      |
| Zapotal             | 62,89               |                                       | 13,1       |          |
| Total San Ramón     |                     | 313,47                                |            | 65,2     |
| Valverde Vega       | Rodríguez           | 0,24                                  |            | 0,0      |
| Total general       |                     | 333,43                                | 147,6      |          |

Los límites de la cuenca incluyen 25 distritos de 9 cantones de las provincias Alajuela y Puntarenas y las regiones Central y Pacífico Central. Sin embargo, como se presenta en el Cuadro 2, los cantones con mayor área San Ramón (65%) y Esparza (31%).

### 3.1.1 Unidades bióticas

Aproximadamente 40% de la cuenca tienen de 4 a 6 meses secos y 18% de 3 a 4. La precipitación va de 2000 a 4000 mm anuales, sin embargo, la distribución de la lluvia a lo largo del año es irregular, ya que existen zonas con precipitaciones mayores a los 3000 mm con más de 4 meses secos, dando lugar a períodos críticos por falta o exceso de agua. Según Varhson (1990), en la cuenca se registra uno de los valores más altos de erosividad pluvial. Las unidades bióticas presentes en la cuenca son once (Herrera y Gómez, 1993), las cuales se enumeran y describen sus parámetros climáticos en el Cuadro 3 (Mapa 1)

**Cuadro 3. Unidades bióticas presentes en la cuenca del Río Barranca**

| Código      | Meses Secos | Evapo-transpiración (mm) | Temperatura °C |       |       | Precipitación (mm) | Bio temperatura (°C) | Área (%) |
|-------------|-------------|--------------------------|----------------|-------|-------|--------------------|----------------------|----------|
|             |             |                          | Media          | Max   | Min   |                    |                      |          |
| St:T:h/1-2  | 1 - 2       | 1710                     | 24,00          | 29,30 | 18,70 | 1820 - 3420        | 20 - 24              | 11,40    |
| St:T:h/3-4  | 3 - 4       | 1710                     | 24,00          | 29,30 | 18,70 | 1820 - 3420        | 20 - 24              | 27,87    |
| St:T:h/5-6  | 5 - 6       | 1710                     | 24,00          | 29,30 | 18,70 | 1820 - 3420        | 20 - 24              | 7,23     |
| St:T:sh/5-6 | 5 - 6       | 1710                     | 24,00          | 29,30 | 18,70 | 1517 - 2052        | 20 - 24              | 0,52     |
| T/T:h/3-4   | 3 - 4       | 2000                     | 27,60          | 33,10 | 22,20 | 2052 - 4000        | >24                  | 6,79     |
| T/T:h/5-6   | 5 - 6       | 2000                     | 27,60          | 33,10 | 22,20 | 2052 - 4000        | >24                  | 23,30    |
| T/T:sh/5-6  | 5 - 6       | 2000                     | 27,60          | 33,10 | 22,20 | 1710 - 2400        | >24                  | 0,56     |
| T/T:ss/5-6  | 5 - 6       | 2000                     | 27,60          | 33,10 | 22,20 | 1141 - 2000        | >24                  | 9,00     |
| Te:T:h/1-2  | 1 - 2       | 1517                     | 20,00          | 25,20 | 14,80 | 1530 - 3034        | 15 - 20              | 5,92     |
| Te:T:h/3-4  | 3 - 4       | 1517                     | 20,00          | 25,20 | 14,80 | 1530 - 3034        | 15 - 20              | 6,75     |
| Te:T:mh/1-2 | 1 - 2       | 1517                     | 20,00          | 25,20 | 14,80 | 2550 - 6068        | 15 - 20              | 0,66     |

St: Subtropical, T: Tropical, Te: Templado, h: húmedo, sh: Subhúmedo, ss: Subhúmedo seco, mh: Muy húmedo

Fuente: Herrera y Gómez, (1993); Atlas 2000 de Costa Rica (ITCR, 2000)

En el Mapa 1 se presenta la localización del área de estudio y sus niveles altitudinales, el cual va de 0 a 2183 msnm. La orografía y la influencia de los vientos del Atlántico y el Pacífico, dan lugar a la ocurrencia de siete zonas de vida y seis de transición, siendo la zona de vida de mayor cobertura, el Bosque muy húmedo premontano, el Cuadro 4, presenta las zonas de vida en la cuenca y su cobertura en porcentaje.

**Cuadro 4. Zonas de vida y transiciones presentes en la cuenca del Río Barranca**

| No | Código   | Nombre   | Piso         | Región   | Área % |
|----|----------|--|--------------|----------|--------|
| 1  | bh-MB    | Bosque húmedo montano bajo                         | Montano bajo | Tropical | 0,47   |
| 2  | bh-P     | Bosque húmedo premontano                           | Premontano   | Tropical | 1,52   |
| 3  | bh-P6    | Bosque húmedo premontano transición a basal        | Premontano   | Tropical | 3,53   |
| 4  | bh-T     | Bosque húmedo tropical                             | Basal        | Tropical | 12,71  |
| 5  | bh-T10   | Bosque húmedo tropical transición a seco           | Basal        | Tropical | 5,40   |
| 6  | bh-T2    | Bosque húmedo tropical transición a prehúmedo      | Basal        | Tropical | 4,30   |
| 7  | bmh-MB   | Bosque muy húmedo montano bajo                     | Montano bajo | Tropical | 3,65   |
| 8  | bmh-MB10 | Bosque muy húmedo montano bajo transición a húmedo | Montano bajo | Tropical | 0,82   |
| 9  | bmh-P    | Bosque muy húmedo premontano                       | Premontano   | Tropical | 48,94  |
| 10 | bmh-P4   | Bosque muy húmedo premontano transición a pluvial  | Premontano   | Tropical | 0,51   |
| 11 | bmh-P6   | Bosque muy húmedo premontano transición a basal    | Premontano   | Tropical | 12,85  |
| 12 | bp-MB    | Bosque pluvial montano bajo                        | Montano bajo | Tropical | 4,22   |
| 13 | bp-P     | Bosque pluvial premontano                          | Premontano   | Tropical | 1,07   |

Fuente: Atlas 2000 de Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica

### 3.1.2 Geología y suelos

La cuenca del Río Barranca, forma parte de la estructura geológica que se originó en el arco interno del orógeno sur de América Central, el cual se formó en varias etapas como un solo proceso orogénico o formación de montaña. De acuerdo al manual de geología de Costa Rica se pueden distinguir las formaciones: a) formaciones fluviales, coluviales y costeros recientes, b) formación punta Carballo, c) formación Esparza, d) formación Orotina, e) formación Monteverde y f) formación Cordillera de Tilarán.

**Cuadro 5. Pendientes predominantes en la cuenca del Río Barranca**

| Clase de pendiente | Descripción                 | Área % |
|--------------------|-----------------------------|--------|
| 0 a 15             | Plano a moderadamente plano | 47,07  |
| 15 a 30            | Ondulado                    | 30,83  |
| 30 a 50            | Fuertemente ondulado        | 18,53  |
| 50 a 75            | Escarpado                   | 3,35   |
| 75 a más           | Fuertemente escarpado       | 0,22   |

Fuente: Modelo de elevación digital, resolución 20 x 20m

En el Cuadro 5, de la clasificación de pendientes, se observa que aquellas mayores de 30% ocupan cerca del 22% de la cuenca, las de 0 a 15%, cubren el 47%. En tal sentido, las áreas con fisiografía ondulada a escarpada, que ocupan alrededor del 57% de la cuenca y las condiciones de lluvia, propician los procesos erosivos.

Los suelos que predominan en la cuenca son los inceptisoles (Cuadro 6), cuya fertilidad es baja. Además se encuentran entisoles, ultisoles y alfisoles, estos últimos de fertilidad media a alta.

**Cuadro 6. Suelos de la cuenca del Río Barranca**

| No    | Símbolo | Unidad cartográfica                    | Unidad taxonómica       | Área (%) |
|-------|---------|--|-------------------------|----------|
| 1     | A1      | Miramar                                | Typic Haplustalf        | 3,60     |
| 2     | A2-fo   | Esparza – Orotina fuertemente ondulada | Typic Haplustalf        | 2,74     |
| 3     | A2 o    | Esparza – Orotina fase ondulada        | Typic Haplustalf        | 14,41    |
| 4     | A3      | Aguacate                               | Typic Haplustalf        | 4,33     |
| 5     | B       | No clasificado                         | No clasificado          | 0,11     |
| 6     | E6      | El Mangle                              | Typic sulfaquent        | 0,26     |
| 7     | E15     | Barranca                               | Typic troporthent       | 2,02     |
| 8     | I79     | San Lorenzo                            | Typic Humitropept       | 1,89     |
| 9     | I93     | Tilarán                                | Typic Hydrandept        | 3,83     |
| 10    | I96     | Estrella                               | Ustic Dystrandept       | 41,72    |
| 11    | I97     | Balsa                                  | Typic Humitropept       | 4,09     |
| 12    | I98     | San Roque                              | Andic Ustic Humitropept | 1,13     |
| 13    | I99     | Zarcelero                              | Typic Dystrandept       | 2,07     |
| 14    | I100    | La Isla                                | Entic Dystrandept       | 2,10     |
| 15    | I101e   | El Angel                               | Entic Dystrandept       | 0,90     |
| 16    | U15     | San Ramón                              | Typic Haplustalf        | 0,08     |
| 17    | U16     | Angeles S R                            | Humic Hapludult         | 14,71    |
| Total |         |  |                         | 100      |

Fuente: MAG/SEPSA/MIDEPLAN Y ANCON, 1991

Según el mapa de clases forestales (Fundación Neotrópica, 1995), menos del 25% (Cuadro 7) de la cuenca tiene capacidad para actividades agropecuarias y el resto corresponde clases VI o más (Mapa 4).

**Cuadro 7. Capacidad de uso de las tierras, clases forestales, en la cuenca del Río Barranca**

| Capacidad de uso, clase forestal | Área (%) |
|----------------------------------|----------|
| Clase I – III                    | 24,20    |
| Clase VI                         | 35,80    |
| Clase VII                        | 23,03    |
| Clase VIII                       | 16,97    |
| Total                            | 100      |

Fuente: Mapa de capacidad de uso de la tierra de clases forestales a escala 1:50000 (Fundación Neotrópica, 1995)

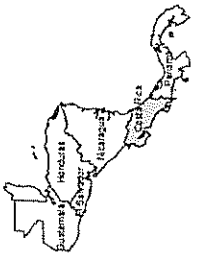
**MAPA 1.**  
**LOCALIZACION DE LA CUENCA DEL RIO BARRANCA, COSTA RICA**

**Leyenda**

- Limite de la cuenca
- Centros poblados
- Rios
- Altitud (msnm)**
  - 0 - 500
  - 500 - 1000
  - 1000 - 1500
  - 1500 - 2200

Limite de unidad biótica  
Te.T:h1-2 Clave de unidad biótica

Ubicación de Costa Rica en Centro América

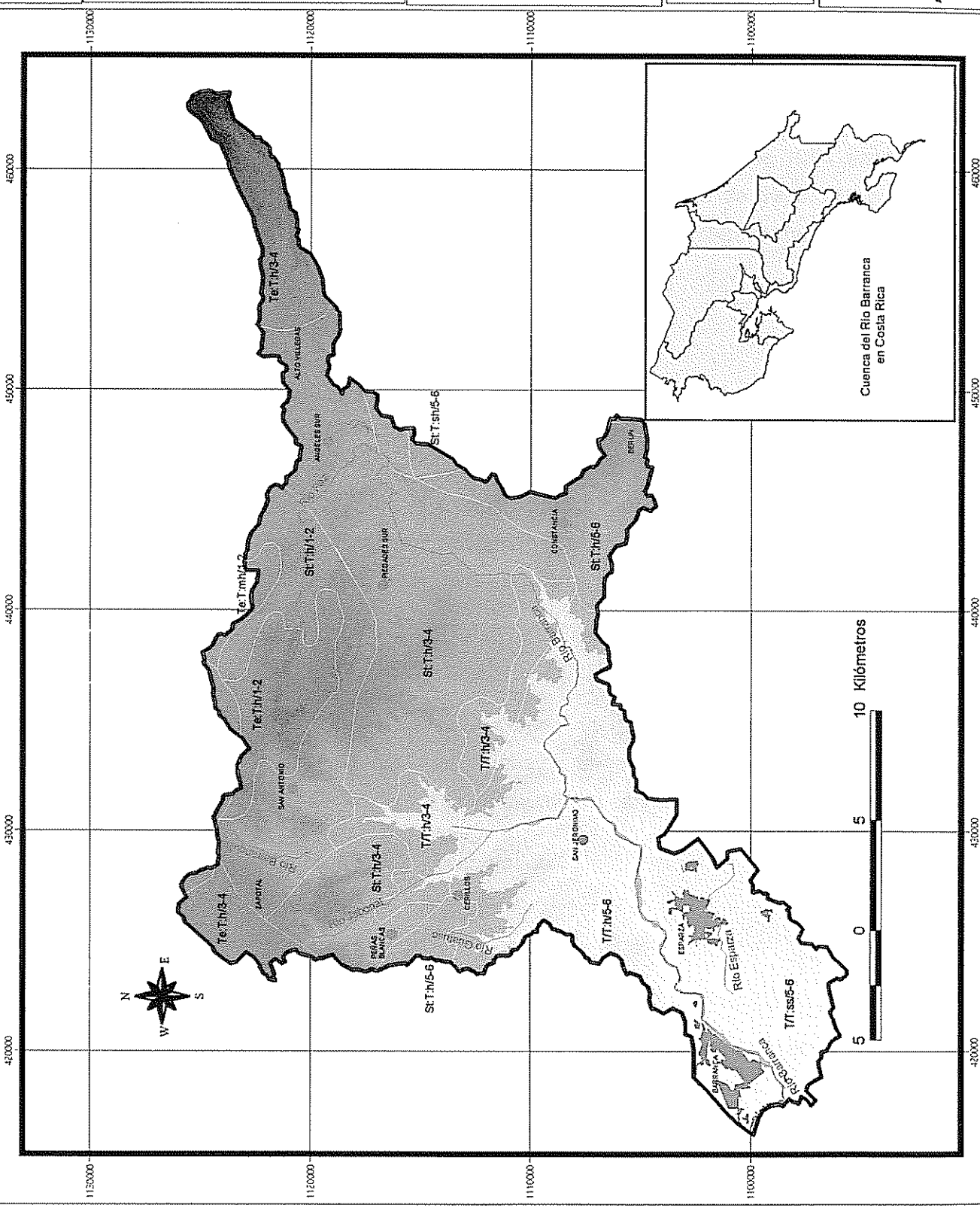


ESCALA DE PRESENTACION 1: 260 000  
ESCALA DE TRABAJO 1: 20 000  
Extensión: 48101 ha

PROYECCION COSTA RICA TRANSVERSAL DE MERCATOR  
MUESTRO CENTRAL 94  
FACTOR DE ESCALA 0.9726  
EQUIDISTANCIA  
MONTES FALSO 0

**CATIE**

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA  
Escuela de Pasadunas  
Área de Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas  
Elaborado por: Jorge L. Cruz Bolaños  
Lima, Perú, Diciembre 2002



### **3.2 Patrones de uso de la tierra**

Se analizaron dos estados temporales que definen un período de 15 años, el primero compuesto por los años 1984, 86, 87 y 88 (denominado años 80) y el segundo por 1996 y 1998 (denominado 1998).

#### **3.2.1 Recolección de la información**

En el primer estado, debido a la falta de fuentes de información que logran la cobertura completa de la cuenca de un mismo año, se utilizaron series de fotografías aéreas<sup>1</sup> pancromáticas obtenidas en el Instituto Geográfico Nacional, de vuelos en 1984 (escala 1:30.000), 1987 y 1988 (escala 1:35.000) y la imagen de satélite de 1986. Para el segundo se utilizaron fotografías aéreas a color de 1998 en formato digital, a escala 1:40.000 y la imagen 1996.

#### **3.2.2 Proceso de la información**

##### **3.2.2.1 Orto-rectificación**

Las fotografías aéreas pancromáticas fueron escaneadas a una resolución de 400 "dpi" para posteriormente ortorectificarlas (fijando un error de 12 metros) con el programa "PCI", utilizando como referencia el modelo de elevación digital de la cuenca y caminos de la zona, ambos obtenidos de las hojas cartográficas en formato digital del proyecto TERRA a escala 1:25.000. Se generaron mosaicos de las ortofotos para mejor manejo.

##### **3.2.2.2 Fotointerpretación**

###### **A) Definición de leyenda**

Previo a la interpretación de las fotografías aéreas se definieron las categorías de cobertura, estandarizadas con sistemas internacionales, tomando como base las definidas por Di Gregorio y Jansen (2000), mismas que se enumeran continuación.

###### **i. Áreas terrestres cultivadas y manejadas**

Pastos, café, caña, cultivos de frutales, plantaciones forestales.

###### **ii. Vegetación terrestre natural o seminatural**

---

<sup>1</sup> Los vuelos de las fotografías de los años 1984, 1987, 1988 y 1998 fueron realizados en los meses de noviembre a marzo.

Bosque y tacotal

**iii. Áreas acuáticas y zonas costeras**

Cuerpos de agua, zonas costeras.

**iv. Áreas urbanas**

*B) Delimitación de la cuenca del Río Barranca*

El área de la cuenca del Río Barranca se trazó utilizando como base las curvas al nivel de las hojas cartográficas en formato digital del Proyecto Terra, a escala 1:25.000.

*C) Digitalización en pantalla*

Se utilizó el programa "Arc View 3.2" para digitalizar en pantalla los polígonos de las diferentes coberturas en los dos períodos, a escala 1:20.000, con un área mínima mapeable equivalente a 4 ha, situación que impidió diferenciar áreas menores a ésta, tales como cultivos anuales y hortalizas, entre otros. Se realizaron chequeos de campo en la cuenca para verificar los mapas generados de la cobertura actual.

**3.2.2.3 Estimación de áreas por uso de la tierra**

*A) Definición del tamaño de la parcela, población y muestra*

Se transformaron a formato "raster" de diferente tamaño de píxel (10 x 10, 20 x 20, 50 x 50 y 100 x 100 m) los mapas vectoriales de uso de la tierra de ambos estados del período, en los cuales se distribuyeron completamente al azar unidades de muestreo (puntos o parcelas) para tamaños de muestra  $n_i$  (100, 500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500) con la extensión "Random points generator v 1.1" (Jenness, 2001) de Arc View 3.2, que genera una serie de puntos aleatorios utilizando una distribución totalmente al azar.

Para cada tamaño de muestra  $n$ , de cada tamaño de píxel, se estimó en una categoría de uso (pasto) la varianza estimada de  $p$  (probabilidad de cambio) (Cuadro 8) dada por la

ecuación (Scheaffer, *et al.* 1987): 
$$\hat{V}(\hat{p}) = \frac{\hat{p}\hat{q}}{n-1} \quad \text{donde:}$$

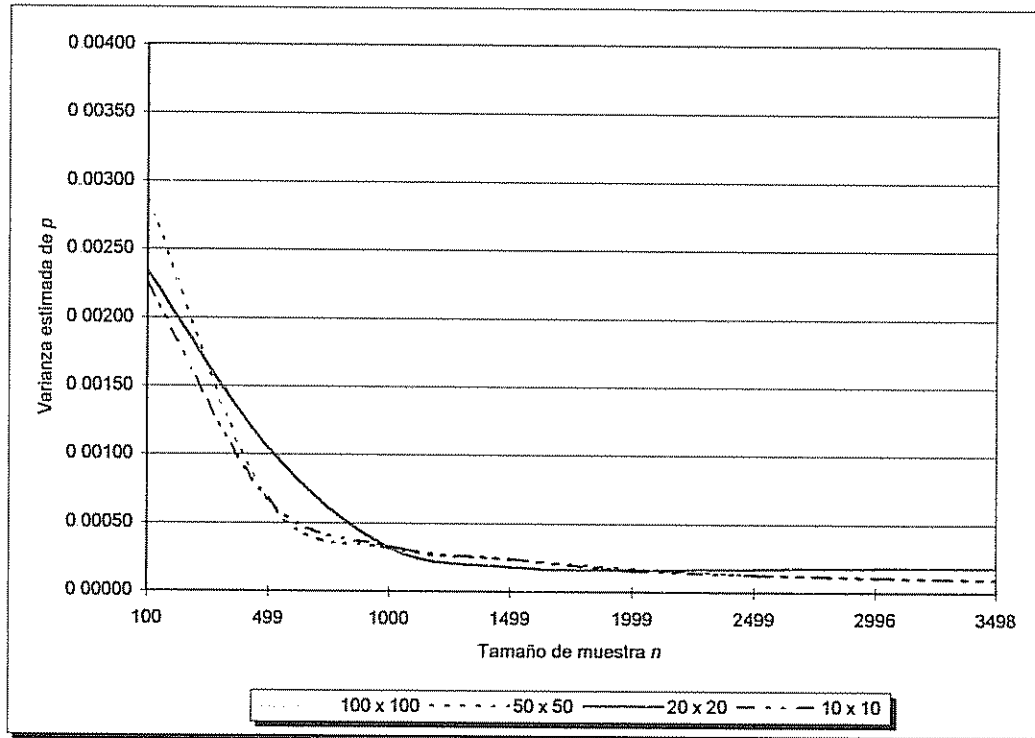
$\hat{V}(\hat{p})$  = varianza estimada;  $\hat{p}$  = probabilidad de cambio;  $\hat{q}$  = probabilidad de no cambio; de  $\hat{p}$ ;  $n$  = número de parcelas contenidas en cada categoría evaluada (pastos).



**Cuadro 8. Varianza estimada de  $p$  (probabilidad de cambio) para la categoría de pastos por número total de puntos**

| Número total de puntos | Puntos en pasto (n) | Parcelas sin cambio | Parcelas con cambios | q    | p    | $V(p) = \frac{pq}{n-1}$ |
|------------------------|---------------------|---------------------|----------------------|------|------|-------------------------|
| 100                    | 44                  | 39                  | 5                    | 0,11 | 0,89 | 0,002342                |
| 500                    | 170                 | 131                 | 39                   | 0,23 | 0,77 | 0,001046                |
| 1000                   | 453                 | 373                 | 80                   | 0,18 | 0,82 | 0,000322                |
| 1498                   | 669                 | 577                 | 92                   | 0,14 | 0,86 | 0,000178                |
| 1996                   | 884                 | 733                 | 151                  | 0,17 | 0,83 | 0,000160                |
| 2496                   | 997                 | 787                 | 210                  | 0,21 | 0,79 | 0,000167                |
| 2995                   | 996                 | 765                 | 231                  | 0,23 | 0,77 | 0,000179                |
| 3494                   | 993                 | 752                 | 241                  | 0,24 | 0,76 | 0,000185                |

Se modeló el comportamiento de la varianza  $\hat{V}(\hat{p})$  en función del tamaño de píxel y tamaño de muestra (Figura 1 y Cuadro 9) para elegir tamaño de píxel y de muestra óptima.



**Figura 1. Comportamiento de la varianza muestral en función del tamaño de la muestra, para estimar la probabilidad de cambio  $p$  en el uso de la tierra**

En la Figura 1 el eje "Y" corresponde a la varianza ( $V$ ) y el "X" representa el tamaño de la muestra  $n$ , los colores de las curvas, diferencian el tamaño de píxel, en esta figura se puede apreciar que a menor tamaño de píxel la varianza se reduce en tamaños de

muestra menor a 500, sin embargo, cuando  $n$  asume valores entre 1000 y 2000 la menor varianza se alcanza con tamaño de píxel 20 x 20, después de este tamaño de muestra la varianza se estabiliza, aunque para los otros tamaños de píxel (10x10, 50x50, 100x100) sigue decreciendo.

El tamaño del píxel se eligió considerando los estimadores de los modelos del comportamiento de la varianza  $\hat{V}(\hat{p})$  presentados en el Cuadro 9, donde se aprecia que utilizando píxeles de 20 x 20m se logra menor variación, además que el modelo explica en 88% la variación entre la varianza estimada de  $p$  y el tamaño de la muestra  $n$ . El tamaño óptimo de la muestra usando píxeles de 20 x 20 para estimar  $p$ , es menor que usando "n *optimo*" utilizando píxeles de 10 x 10 o 100 x 100, pero mayor si se compara con tamaños de píxeles de 50 x 50, aunque este último tiene menos  $R^2$  y mayor variación que la muestra con píxeles de 20 x 20.

Cuadro 9. Modelos de la varianza muestral  $\hat{V}(\hat{p})$  en función del tamaño de píxel

| Tamaño de píxel (m) | Modelo<br>$Y = \alpha + \beta_1 n + \beta_2 n^2$ | $R^2$ | Desviación estándar | Pr>F   | n óptimo |
|---------------------|--|-------|---------------------|--------|----------|
| 10 x 10             | $Y=0,0019254668-0,0000016585+0,0000000003$       | 0,81  | 0,000374            | 0,0149 | 2764     |
| 20 x 20             | $Y=0,0021643043-0,0000018853+0,0000000004$       | 0,88  | 0,000313            | 0,0046 | 2356     |
| 50 x 50             | $Y=0,0023836509-0,0000021543+0,0000000005$       | 0,77  | 0,000538            | 0,0258 | 2154     |
| 100 x 100           | $Y=0,0029481861-0,0000028103+0,0000000006$       | 0,74  | 0,000719            | 0,0334 | 2341     |

Elegidos los mapas de uso de la tierra en formato "raster" con tamaño del píxel de 20 x 20 m, los cuales se componen de una población de 1202.501 parcelas o píxeles de 20 x 20, donde cada uno constituye una posible unidad de muestreo.

De la función de segundo grado entre la varianza y el tamaño de la muestra que minimiza la varianza ( $ds/dn = -b_1/2b_2$ ), se estimó el tamaño óptimo de la muestra en 2.356 (Cuadro 9); que para efectos de facilidad de cálculo, se aproximó a 2.500 en el presente estudio. En dicho tamaño de muestra se determinaron las frecuencias de cambio y estabilidad de las categorías de uso de un período a otro, con las cuales se estimaron las probabilidades de transición y áreas por categoría de uso, ésta última se estimó también considerando el total de la población.

#### 3.2.2.4 *Matriz de transición o Markoviana*

Basado en las categorías de uso de la tierra de los estados temporales evaluados, se elaboró la matriz Markoviana, en la cual se presentan las probabilidades de transición entre las categorías de un estado y a otro. Dicha matriz se elaboró con resultados del muestreo completamente al azar y considerando toda la población.

Para el estado de los años 80 se consideraron ocho categorías de uso, mientras que para el período actual se consideraron nueve. Estas categorías, representan las diferentes posibilidades de cambio para los estados temporales evaluados, inclusive la permanencia en la misma categoría de uso, que representa la estabilidad de la misma.

El número de transiciones posibles está dado por:  $\Delta CU / \Delta t = (CU_j - CU_i) / (t_{h+1} - t_h)$ , donde  $CU$  representa la categoría de uso y  $t_h$  el instante o año  $h$ . Mientras que las probabilidades de transición ( $p_{ij}$ ) son estimadas por la ecuación:  $p_{ij} = a_{ij} / \sum_j a_{ij}$ ; donde  $a_{ij}$  corresponde a la frecuencia de ocurrencia de la transición de la  $CU_i$  del instante  $t_h$  a la  $CU_j$  del instante  $t_{h+1}$ .

La matriz elaborada con datos obtenidos del muestreo se comparó con los resultados estimados de analizar directamente la población.

#### 3.2.2.5 *Factores asociados al cambio de uso de la tierra*

Utilizando las parcelas (píxeles) de muestreo distribuidos completamente al azar, se identificaron variables asociadas a cada punto de muestreo, con la cual se construyó un modelo logístico para identificar las variables asociadas a los cambios de uso de la tierra. Las variables correspondientes a cada punto de muestreo se identificaron usando el programa Arc View 3.2 en los mapas respectivos. A continuación se describe el proceso para la identificación de variables, entre las que se incluyen, distancia a: carreteras, ríos, poblados, centros de acopio y centros de distribución de insumos; además precipitación, pendiente del terreno, altitud sobre el nivel del mar, tipo de uso y densidad de población actual, según el censo del 2000 (INEC, 2001).

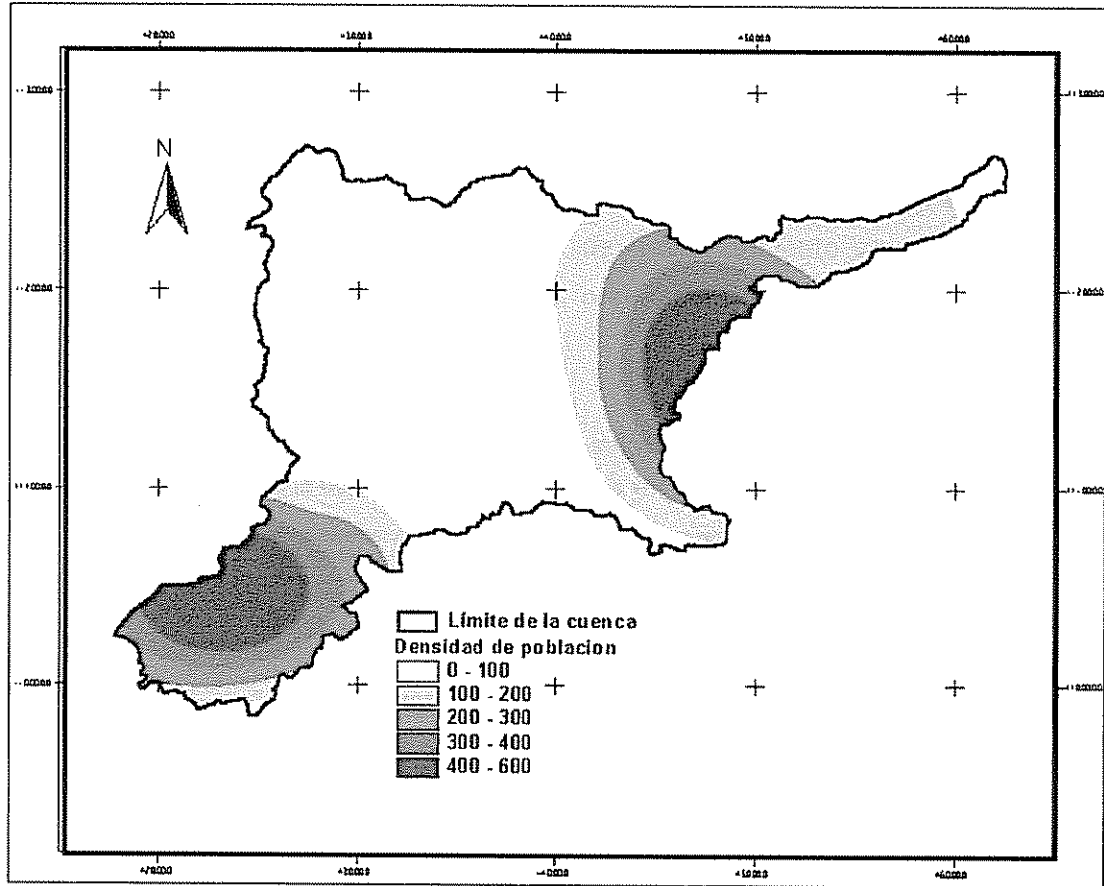


Figura 2. Densidad de población (habitantes.km<sup>-2</sup>) en la cuenca del Río Barranca, Costa Rica (Fuente: Censo 2000)

A) *Variables socioeconómicas*

i. **Densidad de población**

Del Censo 2000 (INEC, 2001) se obtuvo la población por distrito, de los cantones de la cuenca, información con la cual se estimó la densidad de población usando el programa Arc View 3.2, el mapa de densidad se presenta en la Figura 2.

ii. **Uso de la tierra**

Se consideraron las categorías de uso de la tierra actual, sin embargo fue necesario crear variables "dummy" en el paquete estadístico SAS, para conocer la relación de cada uso en la dinámica de uso de la tierra. Se crearon siete variables "dummy" asignadas de la siguiente manera, por ejemplo para la categoría de pastos se asignó 1 si la categoría era pasto y 0 si correspondía a otra.

B) *Variables biofísicas*

i. **Distancias entre puntos de muestreo y caminos, ríos, poblaciones, centros de acopio y centros de expendio de insumos**

Un mapa de fricción o distancias ponderadas fue elaborado utilizando el programa Arc View 3.2. En dicho mapa las velocidades de desplazamiento se asignaron según la superficie de los caminos, tipo de cobertura, presencia de ríos y grado de pendiente del terreno (cuadros 10, 11 y 12).

**Cuadro 10. Velocidades ( $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) de desplazamiento asignadas a los caminos, según revestimiento o categoría, para la construcción del mapa de fricción de la cuenca del Río Barranca**

| Tipo de camino           | Velocidad asignada $\text{km h}^{-1}$ |
|--------------------------|---------------------------------------|
| Superficie de asfalto    | 60                                    |
| Caminos secundarios      | 40                                    |
| Urbanos                  | 30                                    |
| Caminos terciarios       | 25                                    |
| Caminos con dificultades | 15                                    |

**Cuadro 11. Velocidades de desplazamiento asignada a las coberturas, en la construcción del mapa de fricción de la cuenca del Río Barranca**

| Tipo de cobertura o categoría              | Velocidad $\text{km h}^{-1}$ |
|--|------------------------------|
| Urbano, plantaciones forestales o frutales | 5                            |
| Pasto, bosque                              | 4                            |
| Caña, café                                 | 3                            |
| Tacotal y zonas costeras                   | 2                            |
| Ríos                                       | 0.33                         |
| No clasificadas                            | 0                            |

**Cuadro 12. Eficiencia de desplazamiento asignada a las pendientes, basada en la clasificación de dificultad de la pendiente presentada por Mazier *et al.* (1976).**

| Pendiente (%) | Eficiencia (%) | Grado de dificultad    |
|---------------|----------------|------------------------|
| De 0 a 15     | 100            | Terreno fácil          |
| 15 a 30       | 85             | Medio                  |
| 30 a 50       | 65             | Moderadamente fácil    |
| 50 a 75       | 40             | Difícil                |
| > de 75       | 25             | Extremadamente difícil |

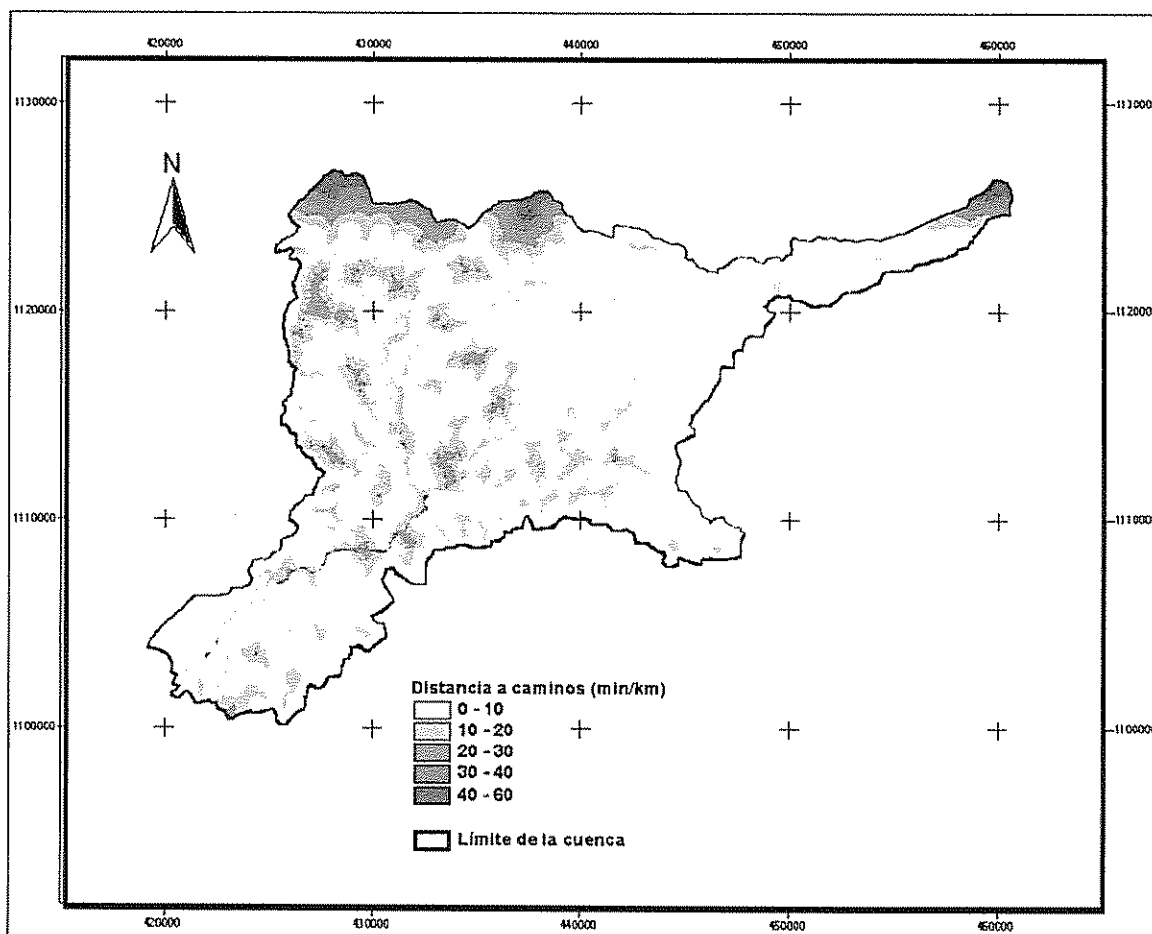


Figura 3. Distancia ( $\text{min} \cdot \text{km}^{-1}$ ) a caminos en la cuenca del Río Barranca

Tomando como base el mapa de fricción, se elaboraron mapas de distancia a: caminos, ríos, poblados, centros de acopio y centros de distribución de insumos agropecuarios, (figuras 3, 4 y 5) utilizando funciones de álgebra de mapas en el programa Arc View 3.2.

Entre los centros de acopio se consideraron, lugares donde se recibe café (recibidores), caña, leche o carne a escala industrial o considerable. Con los mapas de distancia elaborados y operaciones de álgebra de mapas (se realiza superponiendo dos mapas diferentes en el sentido espacial o de sus atributos) se determinaron la distancia de cada punto de muestreo a caminos, ríos, poblados, centros de acopio y expendio de insumos.

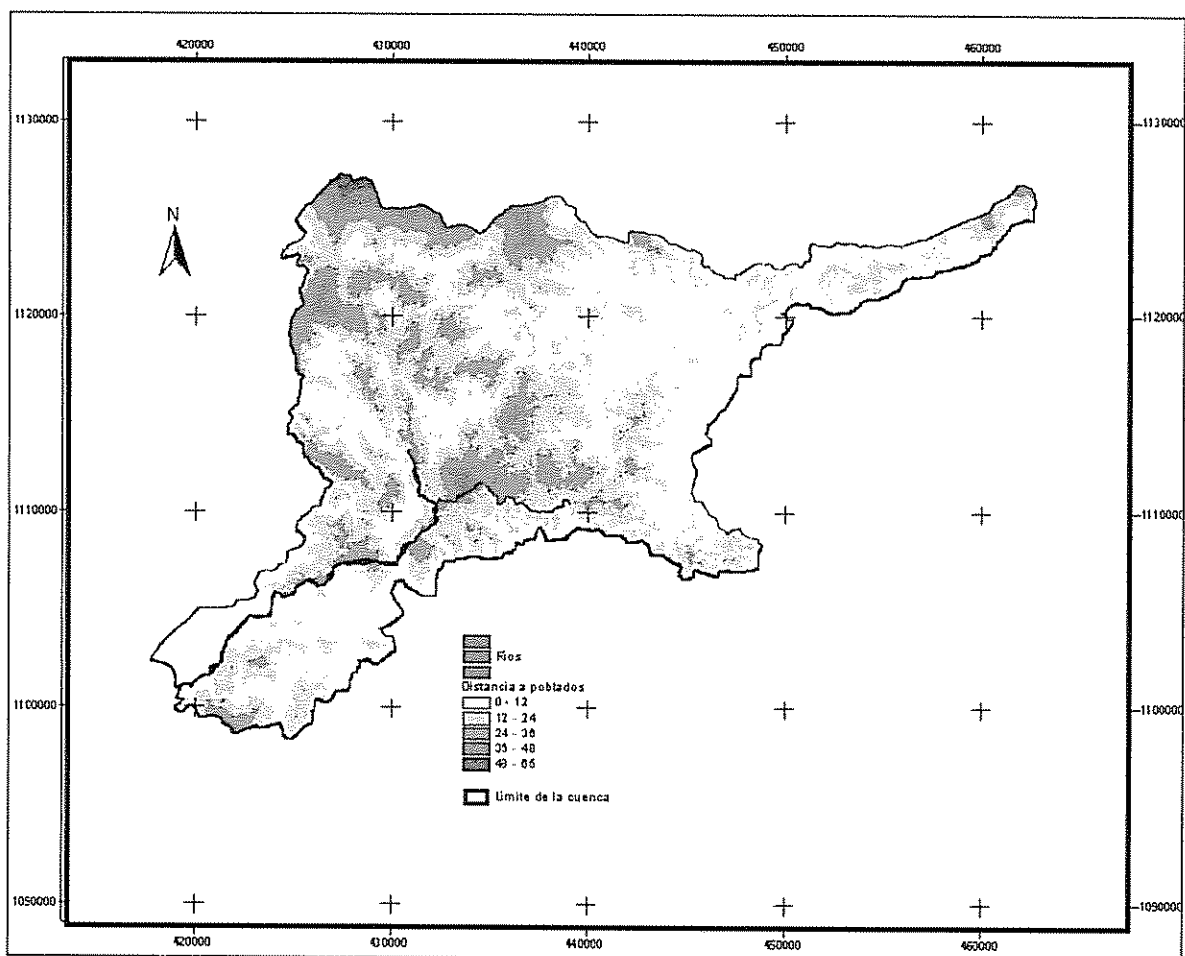


Figura 4. Distancia a centros poblados en la cuenca del Río Barranca

La estimación de las variables como pendiente del terreno, altitud sobre el nivel del mar y precipitación de cada punto de muestreo, se obtuvo con operaciones de álgebra de mapas en mapas respectivos, en formato "raster".

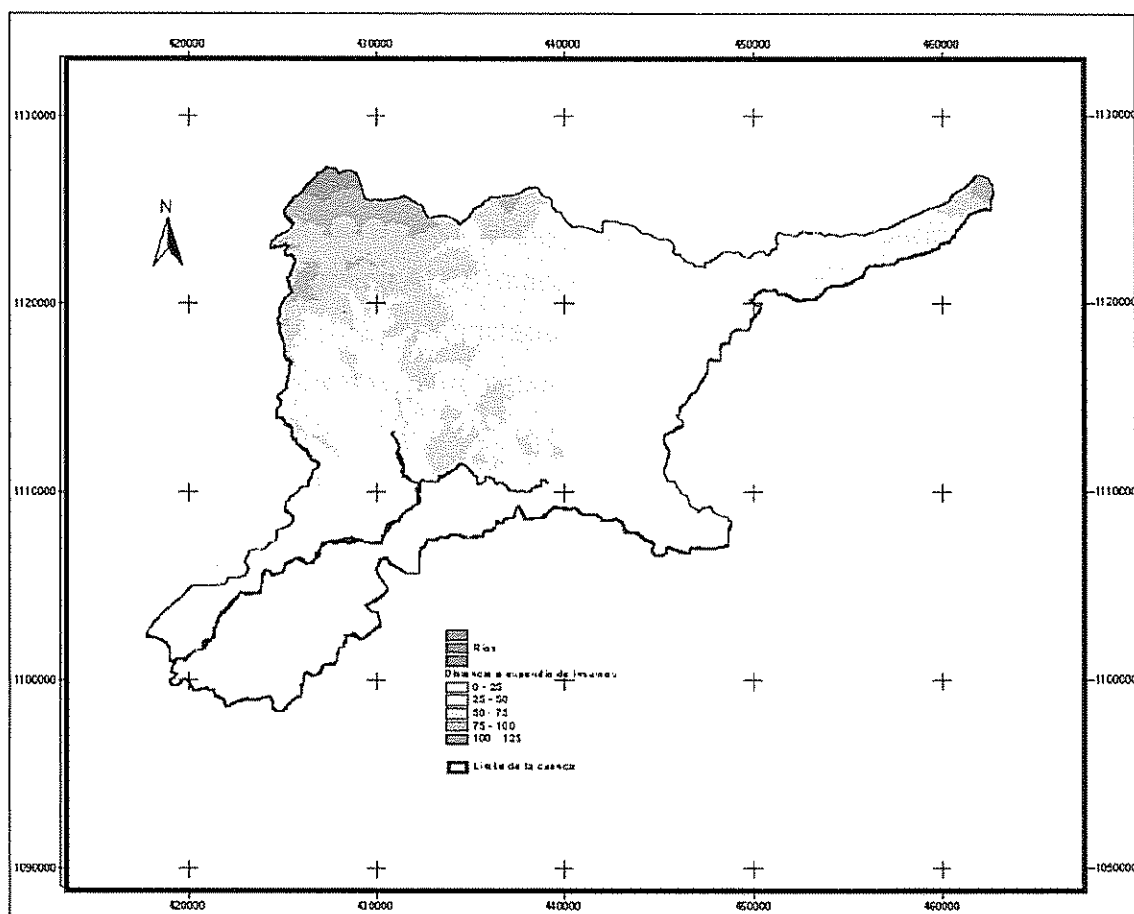


Figura 5. Distancia a centros de distribución de insumos en la cuenca del Río Barranca

### 3.3 Evaluación de tierras

#### 3.3.1 Recolección de la información

Tomando en cuenta los métodos de evaluación definidos por Rossiter (1991) el presente trabajo se enmarca dentro del método intermedio, ya que se colectó información secundaria tales como mapas, censos, estudios previos realizados en la cuenca y base de datos, a la vez que se realizaron entrevistas con productores, técnicos de organizaciones gubernamentales, no gubernamentales, de centros de expendio de insumos y acopio, expertos en los diferentes cultivos, para obtener información sobre costos, tipos de manejo de cultivos, mercados, precios, además de generar los mapas de uso de la tierra actual y de los años 80.



### 3.3.2 Proceso de evaluación

El presente estudio se desarrolló utilizando el esquema de evaluación de tierras propuesto por la FAO (1976) (Figura 6), el cual compara la oferta de recursos de la tierra (características de las unidades cartográficas) con la demanda de recursos por los tipos de uso de la tierra definidos, para definir el grado de aptitud. Esta interacción oferta-demanda se realizó usando el programa ALES, mediante la construcción de modelos para cada tipo de uso definido. Una vez determinada la aptitud física se procedió a estimar los parámetros micro-económicos para aquellos tipos de uso que resultaron aptos en las tierras de la cuenca.

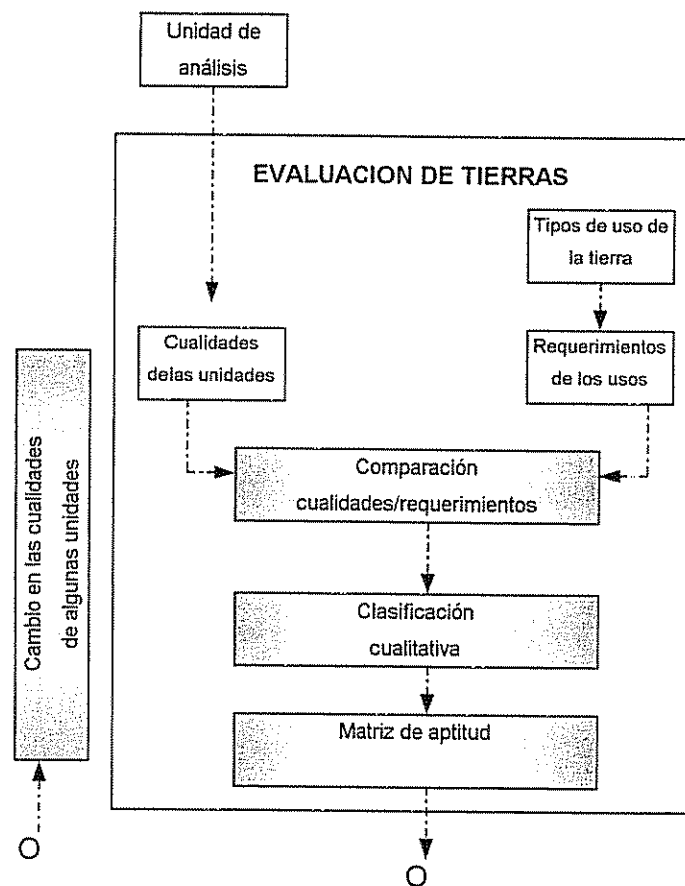


Figura 6. Esquema del procedimiento para la evaluación de tierras (Castillo, 2000)

### 3.3.3 Definición de las unidades cartográficas

De la sobreposición de mapas topológicos a escalas diferentes se definieron unidades de tierra homogéneas con características o variables que permitieran responder a los requisitos de los tipos de uso definidos. A continuación se enumeran los mapas y sus escalas utilizadas para definir éstas.

- Mapa de unidades bióticas de Costa Rica (Herrera y Gómez, 1993) a escala 1:685.000, para obtener variables como unidad biótica, biotemperatura, evapotranspiración y meses secos.
- Mapa de suelos de Costa Rica escala 1:200000 (MAG/SEPSA –MIDEPLAN) y manual para su interpretación (ANCON, 1991), del cual se obtuvo datos de textura, fertilidad, pH, materia orgánica de los suelos.
- Mapa de isoyetas a escala 1:200.000 (ITCR, 2000) del cual se obtuvo la precipitación media anual.
- Mapa de capacidad de uso de la tierra de clases forestales a escala 1:50000 (Fundación Neotrópica, 1995) correspondiente a las hojas cartográficas de Miramar, Barranca, San Lorenzo, Naranjo y Quezada, las cuales fueron referenciadas con la extensión "Image Warp" (McVay, 1999) de Arc View 3.2 en la proyección CRTM (Costa Rica Transversal de Mercator) y digitalizadas. De este mapa se obtuvieron las clases de pendientes del terreno de las unidades cartográficas.
- Modelo de elevación digital elaborado con curvas a nivel a cada 10 metros obtenido de hojas cartográficas digitales del Proyecto TERRA, del cual se obtuvo altitud como promedio para la unidad cartográfica.
- Mapa de erosividad pluvial, fue elaborado con datos estimados para 115 estaciones meteorológicas de Costa Rica por Vahrson (1990).

En la Figura 7 se presenta el esquema metodológico utilizado para definir las 251 unidades cartográficas y en el Anexo 1A se presentan las características de cada unidad.

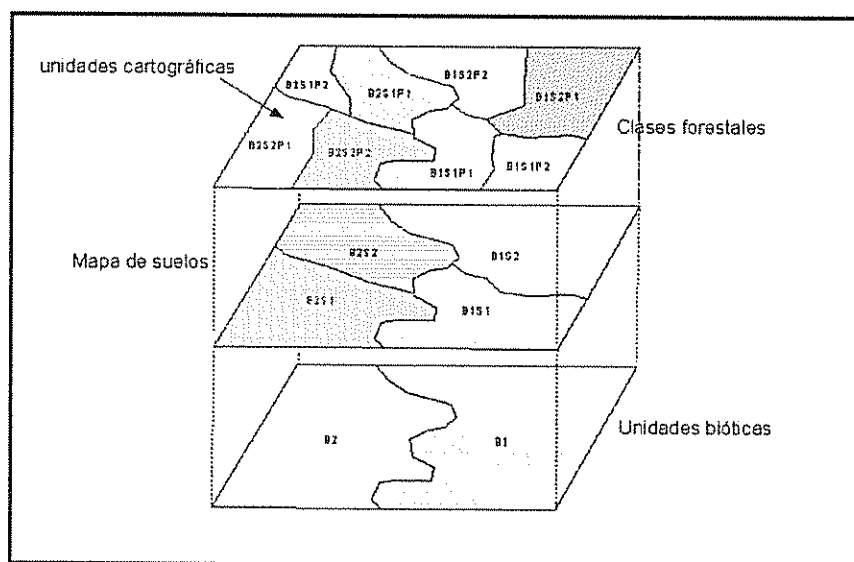


Figura 7. Esquema del procedimiento para definir las unidades cartográficas para la evaluación de tierras en la cuenca del Río Barranca, Costa Rica

### 3.3.4 Características y requisitos de la tierra

Corresponde a atributos de las unidades cartográficas, las cuales se obtuvieron de la sobreposición topológica de los mapas realizada con "geoprocésing" en Arc View 3.2; de la asignación de otros mapas (erosividad pluvial y altitud sobre el nivel del mar) con herramientas de modelamiento "raster" como "Sumarize Zones" o derivadas de otras características (altitud para café, caña y carga animal). Además, se definieron niveles de severidad por cada característica de la tierra. El Cuadro 13 presenta los atributos por unidad cartográfica, agrupadas por requisitos de uso de la tierra y factores climáticos, edáficos, topográficos y de manejo, entre paréntesis aparecen las unidades de medida y entre guiones los códigos utilizados en el programa ALES para la evaluación de tierra.

Cuadro 13. Características de las unidades cartográficas

| Rango                              | Clase    | Código |
|------------------------------------|----------|--------|
| Grupo 1: Factores Climáticos       |          |        |
| Biotemperatura -BiTp- (°C)         |          |        |
| 15 – 20                            | Baja     | Ba     |
| 20 – 24                            | Media    | Me     |
| Más de 24                          | Alta     | Al     |
| Precipitación pluvial - Prpl- (mm) |          |        |
| < 2000                             | Muy bajo | MB     |

| Rango  | Clase                | Código |
|--|----------------------|--------|
| 2500   | Bajo                 | Ba     |
| 3000   | Medio                | Me     |
| 3500   | Alto                 | Al     |
| 4000   | Muy Alto             | MA     |
| Evapotranspiración - EVTp- (mm)  |                      |        |
| 1275 - 1517  | Baja                 | Ba     |
| 1517 - 1710  | Media                | Me     |
| 1710 - 2000  | Alta                 | Al     |
| Erosividad pluvial - Erpp - (100 pies toneladas * pulgada acre <sup>-1</sup> ) |                      |        |
| < 50   | Bajo                 | Ba     |
| 50 a 75  | Moderado             | Mo     |
| 75 a 100   | Medio                | Me     |
| 100 a 125  | Alto                 | Al     |
| 125 a 150  | Muy Alto             | MA     |
| Meses Secos - MeSe - (meses)   |                      |        |
| 1 - 2  | Moderado             | Mo     |
| 3 - 4  | Seco                 | Se     |
| 5 - 6  | Muy Seco             | MS     |
| Factores edáficos  |                      |        |
| Acidez (pH)  |                      |        |
| 5.0 - 5.5  | Muy ácido            | MA     |
| 5.5 - 6.0  | Ácido                | Ac     |
| 6.0 - 6.5  | Ligeramente ácido    | LA     |
| 6.5 - 7  | Neutro               | Ne     |
| Fertilidad del suelo (FeSu)  |                      |        |
| Muy baja   |                      | MB     |
| Baja   |                      | Ba     |
| Media  |                      | Me     |
| Moderadamente alta   |                      | MA     |
| Materia orgánica - MtOg - (%)  |                      |        |
| 3 - 5  | Medio                | Me     |
| 5 - 7  | Alto                 | Al     |
| > 7  | Muy Alto             | MA     |
| Textura (Text)   |                      |        |
| Franco arenosa (Fa)  | Moderadamente gruesa | MG     |

| Rango                               | Clase                          | Código |
|-------------------------------------|--------------------------------|--------|
| Franco (F)                          | Mediana                        | Me     |
| Franco arcilloso (FA)               | Moderadamente fina             | MF     |
| Arcillo limoso a arcilloso (A<60%)  | Finas                          | Fi     |
| Arcilloso (A>60%)                   | Muy fina                       | FM     |
| Factores topográficos               |                                |        |
| Pendiente - Pdte- (%)               |                                |        |
| 0 a 15                              | Plano a moderadamente ondulado | PM     |
| 15 a 30                             | Ondulado                       | On     |
| 30 a 50                             | Fuertemente ondulado           | FO     |
| 50 a 75                             | Escarpado                      | Es     |
| Más de 75                           | Fuertemente escarpado          | FE     |
| Altitud para caña (msnm)            |                                |        |
| 0 a 200                             | Muy bajo                       | MB     |
| 200 a 600                           | Bajo                           | Ba     |
| 600 a 1000                          | Medio                          | Me     |
| 1000 a 1550                         | Alto                           | Al     |
| Más de 1550                         | Muy alto                       | MA     |
| Altitud para café (msnm)            |                                |        |
| 0 a 500                             | Muy bajo                       | Mb     |
| 500 a 1200                          | Bajo                           | Ba     |
| 1200 a 1700                         | Medio                          | Me     |
| 1700 a más                          | Alto                           | Al     |
| Factores de manejo                  |                                |        |
| Carga animal (UA ha <sup>-1</sup> ) |                                |        |
| 0 UA Ha <sup>-1</sup>               | Ninguna                        | Nu     |
| < 1                                 | Muy Baja                       | MB     |
| 1                                   | Baja                           | Ba     |
| 2                                   | Media                          | Me     |
| 3                                   | Alta                           | Al     |

### 3.3.4.1 Requisitos de uso (RUT)

La evaluación de tierras consiste en comparar la oferta de cualidades de la tierra (CUT) con la demanda de RUT de un tipo de uso (TUT), en tal sentido, las cualidades y los requisitos

son niveles de abstracción iguales, donde las cualidades se aplican a la tierra y los requisitos a los tipos de uso.

Se definieron seis RUT, a los cuales se integraron características de la tierra (CT) con base en la revisión de literatura. En el programa ALES se hace un listado general de RUT y su nivel de severidad lo definen las combinaciones de los niveles de severidad de las "características de la unidad cartográfica", sin embargo, no todos los TUT utilizan el mismo RUT o si lo utilizan las características que lo componen no necesariamente son las mismas. El Cuadro 14 presenta las características que se utilizaron en cada RUT y los TUT en los cuales se utilizaron.

**Cuadro 14. Características de las unidades de tierra asociada a los requisitos de uso de la tierra, y tipos de uso en los cuales se utilizaron para la construcción de modelos de evaluación de tierras.**

| Nombre de requisito       | Tipo de uso            | Código | Características de las unidades  |
|---------------------------|------------------------|--------|--|
| Requisitos ambientales    | GDp, Glch, Cf, Cñ,     | ReAm   | Bio-temperatura, altitud, altitud para café, altitud para caña, evapotranspiración, precipitación pluvial. |
| Nutrientes disponibles    | GDp, Glch, Cf, Cñ,     | NuDi   | pH, fertilidad,  |
| Riesgo de erosión         | GDp, Glch, Cf, Cñ, PSA | RiEr   | Pendiente, erosividad pluvial, materia orgánica.   |
| Agua disponible           | GDp, Glch, Cf, Cñ      | AgDi   | Textura, precipitación, meses secos  |
| Carga animal              | GDp, Glch              | CA     | Pendiente y erosividad pluvial   |
| Concentración de sacarosa | Cñ                     | Cs     | Altitud de caña  |

GDp: Ganado de doble propósito; Glch: ganado lechero, Cf: café; Cñ: Caña de azúcar

### 3.3.5 Tipos de uso de la tierra (TUT)

Basado en resultados de la fotointerpretación, la comprobación de campo, consulta a técnicos y productores se definieron cinco tipos de uso, cuyos insumos se presentan en el Anexo 2A. Los criterios que fueron utilizados para elegir los tipos de uso a evaluar en el presente están:

- La importancia del tipo de uso en función de su cobertura en la cuenca.
- Importancia económica.
- Tradición y aceptación de los productores.
- Factibilidad de cambios, casos reportados en la cuenca según estudios.
- Relación con la conservación de los recursos naturales.

Aspectos generales que fueron considerados en la evaluación de tierras son:

- Costos e ingresos fueron estimados en moneda internacional (US\$) a una tasa de cambio de US\$ 1 por 360 Colones de Costa Rica.
- Tasa de descuento de 6%
- Horizonte temporal de 10 años
- El Valor Presente Neto (VPN), la relación Beneficio Costo (B/C) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) se estimaron con el programa ALES.

### **3.3.5.1 Ganadería**

Este tipo de uso es uno de los más comunes en la cuenca, su fin es la producción de carne, leche con ganado especializado, y ambos con ganado de doble propósito, éstos dos últimos se consideraron en la presente evaluación, ya que del primero no fue posible obtener información relacionada con costos de producción. Entre los problemas de este sistema de producción, se encuentra su relación con procesos erosivos (Villa, 1989), la degradación de pasturas (Camargo, 2001), contaminación de fuentes de agua y factores de manejo del ganado.

Con el apoyo de productores, técnicos de la región y estudios de caso documentados, se definieron mejoras a los tipos de uso, los cuales básicamente son: la introducción de pastos mejorados, aspectos relacionados con el manejo sanitario y alimentación del ganado.

#### *A) Doble propósito*

Este tipo de uso considera la introducción de pasto mejorado, tomando en consideración, el cambio que se viene dando de pasturas naturales a mejoradas (Camargo, 2001), suplementación y manejo sanitario del ganado. Con dichas mejoras, se elaboraron modelos de evaluación para identificar las tierras aptas para pastos mejorados (Brachiarias), considerando sus requerimientos biofísicos (Bernal, 1984; MAG/MINAE/ODA, s.f; García, s.f), posteriormente se asignaron unidades de carga animal por unidad de superficie en función de la pendiente del terreno y según consulta a técnicos, productores y casos reportados en la cuenca. Los criterios para evaluar la aptitud física de las tierras, se agruparon en los siguientes requisitos de uso:

- Requisitos ambientales: incluye biotemperatura, altitud y evapotranspiración

- Nutrientes disponibles: pH y fertilidad.
- Riesgo de erosión: pendiente del terreno, erosividad pluvial, materia orgánica.
- Agua disponible: Textura del suelo, precipitación y meses secos.

**i. Descripción del tipo de uso**

Este sistema de producción es común en la parte media y baja de cuenca, debido a los prolongados meses secos que impiden otros usos de la tierra. El manejo actual se caracteriza por un plan de alimentación bajo en suplementos minerales, situación que afecta el rendimiento del ganado, principalmente en época seca. El manejo del hato difiere en época seca e invierno, en la primera no se manejan los potreros por apartos y se utilizan algunos suplementos para alimentar al ganado (concentrado, gallinaza, entre otros). En época lluviosa se practica rotación de potreros así como se reduce el período entre intervenciones para controlar parásitos. La carga animal es baja y es definida por la escasa alimentación en las pasturas en época seca.

Los pastos naturales predominan en la zona, aunque en los últimos cinco años los pastos mejorados se han incrementado en el área (Camargo, 2001), así como el establecimiento de pastos de corte o caña de azúcar para alimentación del ganado en verano.

Los productos de este sistema son: leche y carne en pie de cría que se comercializan 6 a 7 meses después de su nacimiento o vacas. El precio de la leche varía según el proceso al que se someta, por ejemplo a escala local, fincas que elaboran queso pagan cerca de US\$ 0,19 por kilo, mientras que centros de acopio con capacidad industrial fijan el precio en función los sólidos totales en la leche, aproximándose a US\$ 0,25 por kilo. El precio de la carne depende del lugar de la transacción, la cual se dá en las fincas (cada vez menos frecuente) o centros de subastas localizados en Barranca y Puntarenas, éstos últimos son más comunes actualmente y el precio varía entre US\$ 0,94 a 1,61 dependiendo de la época, tipo y edad del ganado.

La carga animal en la región va de 0,5 a 4,5 UA ha<sup>-1</sup>, la producción de leche varia según manejo, tipo de ganado y época entre otros, sin embargo, para el presente estudio y considerando un manejo adecuado, éste se estima en 6,7 kg por vaca por día, por un período de 223 días. El intervalo entre parto por vaca, según registro de productores, oscila de 11 a 16 meses (sin considerar casos extremos). Los valores antes mencionados



fueron utilizados para estimar ingresos económicos y parámetros microeconómicos del sistema de producción, ya que los rendimientos fueron derivados de las unidades de carga animal.

Los costos se dividieron en dos grupos: a) los destinados para el establecimiento de las pasturas por unidad de superficie (fijos) y b) los dedicados al manejo del ganado, que están en función de la carga animal. Para estimar costos del sistema se consideraron las mejoras en aspectos sanitarios como prevención de enfermedades, botiquín con medicina de uso común, baños para control de parásitos externos cada 22 días en verano y cada 15 en época lluviosa, dos tratamientos anuales para parásitos internos. También se tomaron en cuenta las mejoras en la alimentación, tal como suplementación mineral y concentrado en época seca. Con relación al manejo de potreros, se consideraron establecimiento de pasturas mejoradas, control de malezas y arreglo de cercas. La aptitud física fue determinada sobre la base de los requerimientos de pastos mejorados (*Brachiaria* sp.) y la producción en función de la carga animal que permite cada unidad de tierra.

#### B) *Ganado lechero*

Este sistema de producción es más común en la parte alta de la cuenca, caracterizado por la alta carga animal, el manejo intensivo (manejo estabulado), nivel tecnológico (cercas eléctricas y fertilización de pastos) y el uso de ganado especializado, además del abundante uso de concentrado especializado para el ganado en producción, crecimiento y gestación (Amores, 1998).

El pasto que predomina es el *Pennisetum clandestinum*, se utilizan cercas eléctricas, y los períodos de ocupación de potreros es de 30 días, los pastos se fertilizan con nitrógeno y fósforo al menos una vez al año, el control de maleza más común es manual y la incidencia de prosapia en los meses de lluvia es combatida con la aplicación del hongo mucor. El manejo del ganado es estratificado por edades, la alimentación incluye una base de pastoreo, suplementación de concentrados basándose en granos, subproductos y suministro de minerales. Para la alimentación de terneras se utiliza concentrado y algunos productores usan el suero como alimento para las terneras (MAG, 1997).

La reproducción es mediante inseminación artificial y las hembras dentro del hato se permiten hasta 8 partos. El manejo sanitario se basa en vacunación contra brucelosis,

control de mastitis con la prueba California (CMT), control de parásitos endoparásitos y ectoparásitos.

Los productos comercializados son principalmente la leche y el queso, el primero se comercializa con plantas procesadoras como Coopeleche R L, con sede en San Ramón.

El tipo de uso evaluado se basa en los modelos descritos por Amores *et al.* (1998). y Barrientos *et. al.* (1997). La estimación de costos e ingresos fue basada en información secundaria, así como consulta a técnicos de la región. Se consideraron gastos fijos a aquellos dedicados al manejo de potreros y establecimiento de pasturas mejoradas, mientras que los variables fueron en función de la carga animal. Los ingresos se calcularon con base a una producción de leche promedio por vaca de 10 kg, obtenido de dos ordeños diarios, además, se tomaron en cuenta la venta de vacas de desecho, la cual inicia a partir del tercer año. La aptitud física fue definida por el pasto kikuyu (*Peninisetum clandestinum* Hoechst).

### **3.3.5.2 Bosque con pago de servicios ambientales**

Las áreas localizadas en zonas vulnerables a erosión y con cobertura de bosque, fueron consideradas como prioritarias al pago de servicios ambientales para protección de bosques, mientras que las ubicadas en zonas con alta vulnerabilidad a degradación se proponen para el pago de servicios ambientales por reforestación o el pago de deuda ambiental (para recuperación). A continuación se describe el procedimiento para identificar áreas vulnerables a erosión.

#### **A) Áreas vulnerables a erosión y potencialmente degradables**

Dada la baja disponibilidad de recursos económicos para el pago de servicios ambientales, en el presente estudio, este tipo de uso se limita a áreas vulnerables a erosión y cobertura de bosque.

Se utilizaron factores biofísicos (pendiente del terreno, erosividad pluvial y materia orgánica) relacionados al proceso de erosión (Dourojeanni y Paulet, 1967) para construir el modelo de evaluación en el programa ALES (Automated Land Evaluation System) e identificar las áreas vulnerables procesos erosivos. Estos criterios han sido utilizados en

otros estudios para identificar áreas críticas o riesgo de erosión (León, 1994; Sáenz, 1995; Villa, 1989).

*B) Definición del pago y servicios a pagar*

Se construyó un modelo para evaluar las unidades cartográficas en la cuenca, considerando el valor que actualmente paga el Estado por protección del bosque. Sin embargo, tomando en cuenta la escasez de recursos económicos, a continuación, se describe una metodología para fijar el PSA, complementando con recursos locales (por el pago de servicios de agua) con recursos obtenidos del pago de servicios globales como la fijación de CO<sub>2</sub>. Con dicho procedimiento, se pretende lograr un mejor uso de los recursos de fuentes externas y la presencia de fuentes locales, para lograr mayor cobertura en la cuenca.

**i. Fijación de CO<sub>2</sub>**

Para la estimación del pago para bosques naturales, puede considerarse tasas de fijación de CO<sub>2</sub> para bosques naturales (1,8 t ha<sup>-1</sup>, estimado por Segura, 1999; Sancho y Pratt, 1999) de Costa Rica, y asignarse un valor de US\$ 10 ha<sup>-1</sup> por tonelada de CO<sub>2</sub> fijada, tomando en cuenta otros proyectos en Costa Rica, o el equivalente al 60% del costo de oportunidad en la cuenca. Este servicio, puede ser cubierto con fondos de fuentes externas.

**ii. Regulación de agua**

Este servicio debe pagarse con fuentes locales. El monto puede ser el equivalente al 40% del costo de oportunidad en la cuenca o en función del volumen de agua que regulen los bosques, esta última se describe a continuación.

La metodología utilizada por Barrantes y Vega (2000) puede aplicarse para definir el pago de este servicio, la cual consiste en asignar un volumen de agua (m<sup>3</sup>) por superficie de bosque y determinar un monto de pago en función del ingreso neto de la actividad más rentable que compite con el bosque (costo de oportunidad).

El volumen de agua regulada por hectárea en la cuenca del Río Barranca, se aproxima a 30.361,7 m<sup>3</sup>, contemplando el caudal anual del río (488.884.896 m<sup>3</sup>) obtenido de registros

de 1956 a 1986 (Pujols, 1988) y el área de bosque estimado en el presente estudio (16102 ha).

Para estimar un pago por servicio ambiental hídrico en la cuenca del Río Savegre, Barrantes y Vega (2000) utilizaron el 40% del ingreso neto de la actividad ganadera, como costo de oportunidad, mientras que Cordero (s.f.) basada en consulta a expertos utiliza el 41,4% en la provincia de Heredia en Costa Rica. Tomando en cuenta los casos anteriores, en los cuales, la importancia de la cuenca en la regulación del recurso hídrico es relevante como en la cuenca del Río Barranca, puede fijarse el monto equivalente al 40% (US\$ 50,67) del ingreso neto de la actividad ganadera, como costo de oportunidad, ya que es la actividad que compite con la conservación de los bosques.

### 3.3.5.3 Pago de la deuda ambiental

#### A) Áreas vulnerables a degradación

Este tipo de uso se limita a áreas vulnerables a degradación, las cuales se definieron considerando las áreas vulnerables a erosión con bajo nivel de protección y sobreutilizadas según su capacidad de uso. Estas áreas se identificaron aplicando la metodología utilizada por Sáenz (1995), cuyo esquema metodológico y las herramientas utilizadas se presentan en la Figura 8.

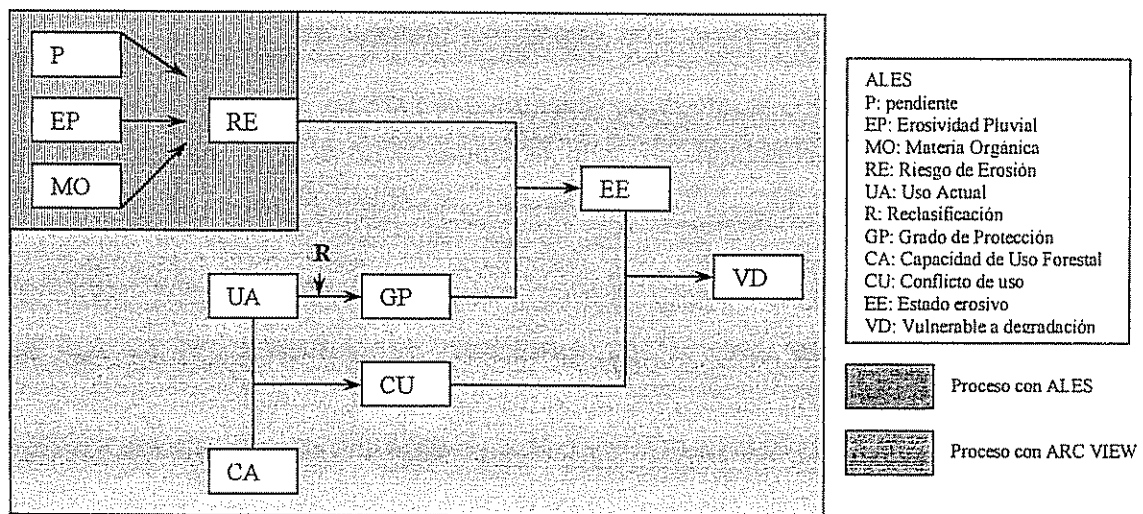


Figura 8. Esquema metodológico para definir áreas vulnerables a degradación en la cuenca del Río Barranca.

Los niveles de protección al suelo se fijaron por el tipo de cobertura en las áreas vulnerables a erosión (CIDIAT, 1984) y el sobreuso de la tierra fue basado en los mapas de capacidad de uso de la tierra de clases forestales (Fundación Neotrópica, 1994).

*B) Definición del pago*

El costo de recuperar las áreas puede estar en función de las etapas de la sucesión vegetal, así por ejemplo se define una inversión para llevar el área a tacotal, o también, invirtiendo el equivalente al costo de oportunidad de la actividad más rentable en la zona, o el costo de reforestar éstas áreas.

**3.3.5.4 Café**

El sistema evaluado se basa en un modelo de manejo emergente, debido a la crisis que actualmente afronta este cultivo en el mercado, esta consideración afecta principalmente los costos ya que se basan en una reducción en el control fitosanitario, control de malezas y fertilización mínima.

Para el desarrollo de modelos de evaluación de aptitud física, se agruparon las características de las unidades de tierra en requisitos de uso tomando en cuenta los requerimientos del cultivo (CENICAFE, 1990; ICAFE-MAG, 1989; Palma y Osorio, 1991; MAG, 1983).

Los rendimientos óptimos considerados según expertos consultados y literatura citada (Amores, 1998) es de 45 fanegas<sup>2</sup> por hectárea, los cuales se comercializaron actualmente a US\$ 42, según cooperativas y productores consultados, éstos rendimientos se reducen en 25% a 50% según el nivel de aptitud consideradas en la presente evaluación de tierras.

**3.3.5.5 Caña de azúcar**

El tipo de uso evaluado se caracteriza por el nivel tecnológico considerado para actividades de preparación del terreno, la renovación de plantación cada cinco años y el uso de material vegetativo apto para la zona. Entre los problemas principales de este cultivo está el bajo rendimiento y la renovación de las plantaciones (Chaves *et al.* 1998, Amores *et al.* 1998), lo cual ha dado lugar al cambio a otros usos como el café y hortalizas.

---

<sup>2</sup> 1 fanega equivale a 46 kg

La quema de caña no es muy generalizada<sup>3</sup>, aunque se reportan algunos casos en los cuales se dan dos quemas (Amores *et al.* 1998).

Para la estimación de ingresos en este tipo de uso en el modelo de evaluación de tierras, se considero en el rendimiento agrícola<sup>4</sup>, sin embargo el precio es una función del rendimiento industrial<sup>5</sup>, considerando los reportados por Chaves *et al.* (1998) por piso latitudinal, además de considerar la miel que por tonelada se produce, que es del orden de 30 kg.t<sup>-1</sup>.

Para los rendimientos agrícolas se consideran los reportados por Chaves *et al.* (1998) para la región de Puntarenas y San Ramón de Alajuela, sin embargo, los rendimientos por nivel de aptitud se fijaron según consulta a técnicos y productores (Cuadro 15).

**Cuadro 15. Rendimientos agrícolas considerados en la evaluación de tierras, según nivel de aptitud para el cultivo de caña de azúcar.**

| Nivel de aptitud | Descripción del nivel | Rendimiento agrícola (t ha <sup>-1</sup> ) | Porcentaje respecto al mejor |
|------------------|-----------------------|--|------------------------------|
| A <sub>1</sub>   | Apto                  | 78   | 100                          |
| A <sub>2</sub>   | Moderadamente Apto    | 67   | 85                           |
| A <sub>3</sub>   | Marginamente Apto     | 53   | 68                           |
| A <sub>4</sub>   | No Apto               | 30   | 38                           |

Considerando la relación de sacarosa<sup>6</sup> según los niveles latitudinales reportados por Chaves *et al.* (1998), se combinaron con los rendimientos por nivel de aptitud, con lo cual se estimaron los rendimientos económicos para las diferentes zonas (Cuadro 16).

<sup>3</sup> Villalobos, C. 2002. Cultivo de la caña (entrevista). San Ramón, CR, Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar.

<sup>4</sup> Tonelada métrica de caña (t), considerado como el cociente de la cantidad de caña entregada al ingenio y el área sembrada (Chaves, 1998).

<sup>5</sup> Kilogramos de azúcar contenidos y extraídos en el ingenio al moler una tonelada métrica de caña (Chaves, 1998).

<sup>6</sup> Índice técnico por medio del cual se valora la cantidad (t) de caña que es necesario moler para producir el equivalente a una t de azúcar.

Cuadro 16. Concentración de sacarosa en caña de azúcar según nivel altitudinal (Chaves *et al.*, 1998)

| Altitud (msnm) | % respecto al mejor | Kg azúcar .t <sup>-1</sup> |
|----------------|---------------------|----------------------------|
| 0 a 200        | 86                  | 96,71                      |
| 201 a 600      | 81                  | 90,99                      |
| 601 a 1000     | 100                 | 112,85                     |
| + 1001         | 89                  | 100,84                     |

Fuente: Chaves *et al.* (1998)

### 3.3.6 Construcción de modelos

Se elaboraron modelos de evaluación para cada tipo de uso, considerando los requisitos biofísicos, utilizando el programa ALES, en donde los componentes de los tipos de uso (TUT) son las características (CUT) y los requisitos de uso (RUT) derivados de ellas.

Utilizando los niveles de severidad de las CUT, se elaboraron árboles de decisión (Anexo 3A) para definir los RUT, cuyos niveles de severidad fueron utilizados para determinar la aptitud física final de los TUT. La Figura 9 presenta el esquema utilizado para definir la aptitud física en los árboles de decisión, el recuadro izquierdo muestra la combinación de los niveles de severidad de las CUT para definir los niveles de severidad de los RUT, en tanto que del lado derecho se presenta el árbol de decisión que integra los RUT para definir los niveles de aptitud de las tierras a determinado TUT.

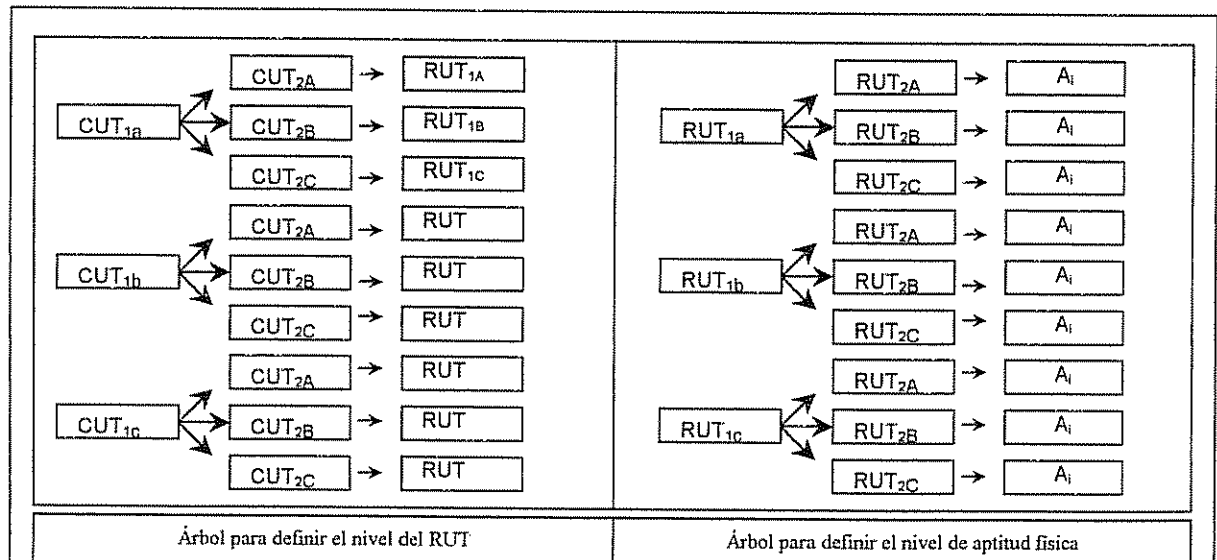


Figura 9. Árboles de decisión para definir niveles de severidad de RUT (requisito de uso de la tierra) y TUT (tipo de uso de la tierra) en ALES (Automated Land Evaluation System)

### 3.3.6.1 Aptitud física

Se definieron cuatro niveles de aptitud para cada TUT evaluado, los cuales son:

- $A_1$  = Apto, para unidades de tierra que cumplen con los requisitos óptimos para el desarrollo y aptitud de los TUT.
- $A_2$  = Medianamente apto, se consideran aquellas unidades de tierra que tienen una o dos limitantes para el desarrollo o aptitud del TUT.
- $A_3$  = Marginalmente apto, con tres limitantes para la aptitud física o los niveles de severidad de los RUT son críticos.
- $A_4$  = No apto, para unidades con más de tres limitantes o un nivel crítico del RUT.

### 3.3.6.2 Estimación de extensiones por aptitud de los TUT

Las matrices resultantes de la evaluación en ALES se exportaron en formato "ASCII" e importados en el programa Excel donde se transformaron a formato "DBF", las cuales fueron agregadas como tablas en Arc View 3.2, para elaborar los mapas vectoriales y "raster".

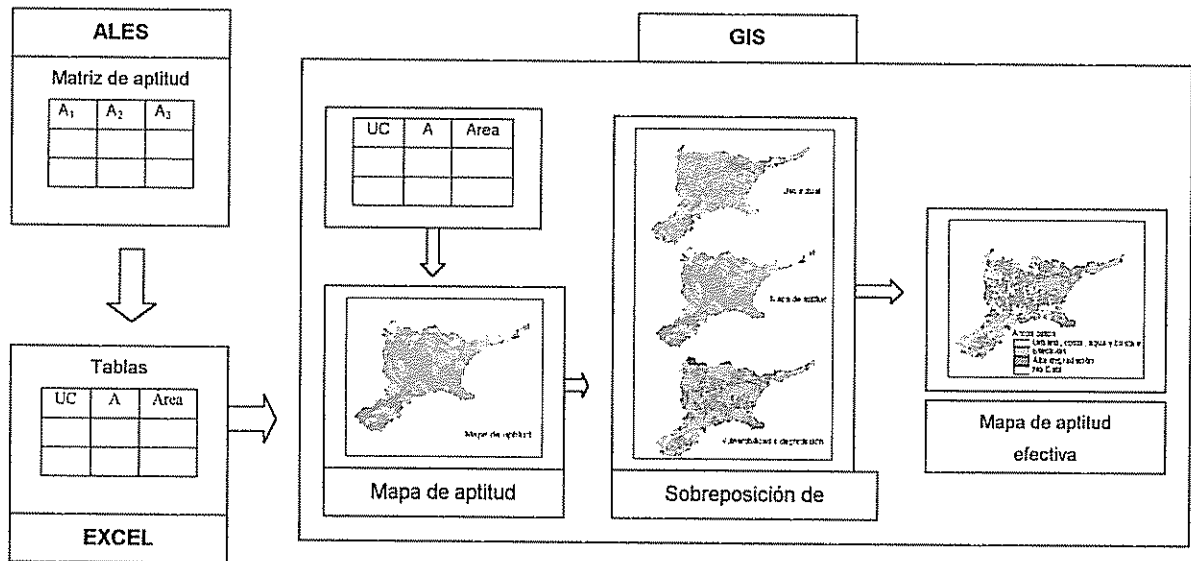


Figura 10. Proceso metodológico para estimar área efectiva de aptitud de los tipos de uso de la tierra (TUT)

Para precisar la estimación de áreas de aptitud de los TUT, se superpusieron los mapas de aptitud (menor escala) con los de vulnerabilidad a degradación y uso actual (a mayor escala) (Figura 10) para reducir del área de aptitud física las áreas vulnerables y las



de bosque, éstas últimas no pueden ser convertidas a uso agropecuario y las primeras requieren de recuperación o manejo especial.

Los recuadros del lado izquierdo en la Figura 10 corresponden a matrices que se obtuvieron del programa ALES, luego fueron manipuladas en el programa Excel. El recuadro mayor presenta el proceso desarrollado en Arc View 3.2, desde la adición de las tablas para generar el mapa de aptitud pasando por la reducción de áreas vulnerables y bosque para obtener el mapa de aptitud final o área de aptitud efectiva.

### 3.3.6.3 *Aptitud económica*

Se estimaron parámetros microeconómicos para cada TUT, basado en los egresos e ingresos según rendimientos por nivel de aptitud usando el programa ALES. Se elaboraron árboles de decisión para definir rendimiento proporcional según cada nivel de aptitud física de los TUT, excepto para los TUT de ganadería, los cuales se evaluaron por carga animal, en forma independiente.

## 3.4 Modelación de beneficios e impactos

### 3.4.1 Estimación de erosión

Se estimó la erosión en la cuenca para los años 80, 1998 y los TUT evaluados, utilizando Arc View GIS basado en la RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) (Renard *et al.* 1996; Engel, 1999) dada por:

$$A = R * K * LS * C * P \quad \text{donde}$$

- A: Pérdida de suelo expresada en el sistema métrico internacional  $t \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ .
- R: Erosividad pluvial en  $\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}$
- K: Erosividad del suelo [ $(t \text{ ha}^{-1}) (\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1})$ ]
- LS: Relación (adimensional) de pérdida de suelo originada por la longitud y gradiente de la pendiente.
- C: Relación (adimensional) de pérdida de suelo originada por el manejo y uso de la tierra (índice de cobertura de cultivo)
- P: Relación (adimensional) de pérdida de suelo originada por el uso de prácticas de conservación.

A continuación se describe el proceso para estimar los factores de la ecuación.

### 3.4.1.1 Factor R

Se elaboró un mapa de erosividad pluvial interpolando datos generados por Vahrson (1990), utilizando Arc View 3.2.

### 3.4.1.2 Factor longitud de la pendiente (LS)

Este fue estimado con la ecuación derivada por Moore (1986) y utilizada por Engel (1999). La Figura 11 esquematiza el proceso desarrollado. La ecuación esta dada por:

$$LS = (Flow\_accumulation * tamaño\_celda / 22.13)^{0.4} * (Sen\_pend / 0.0896)^{1.3}$$

donde: LS: longitud de la pendiente;

Flow accumulation: a acumulación de flujo; Sen pend: seno de la pendiente en grados.

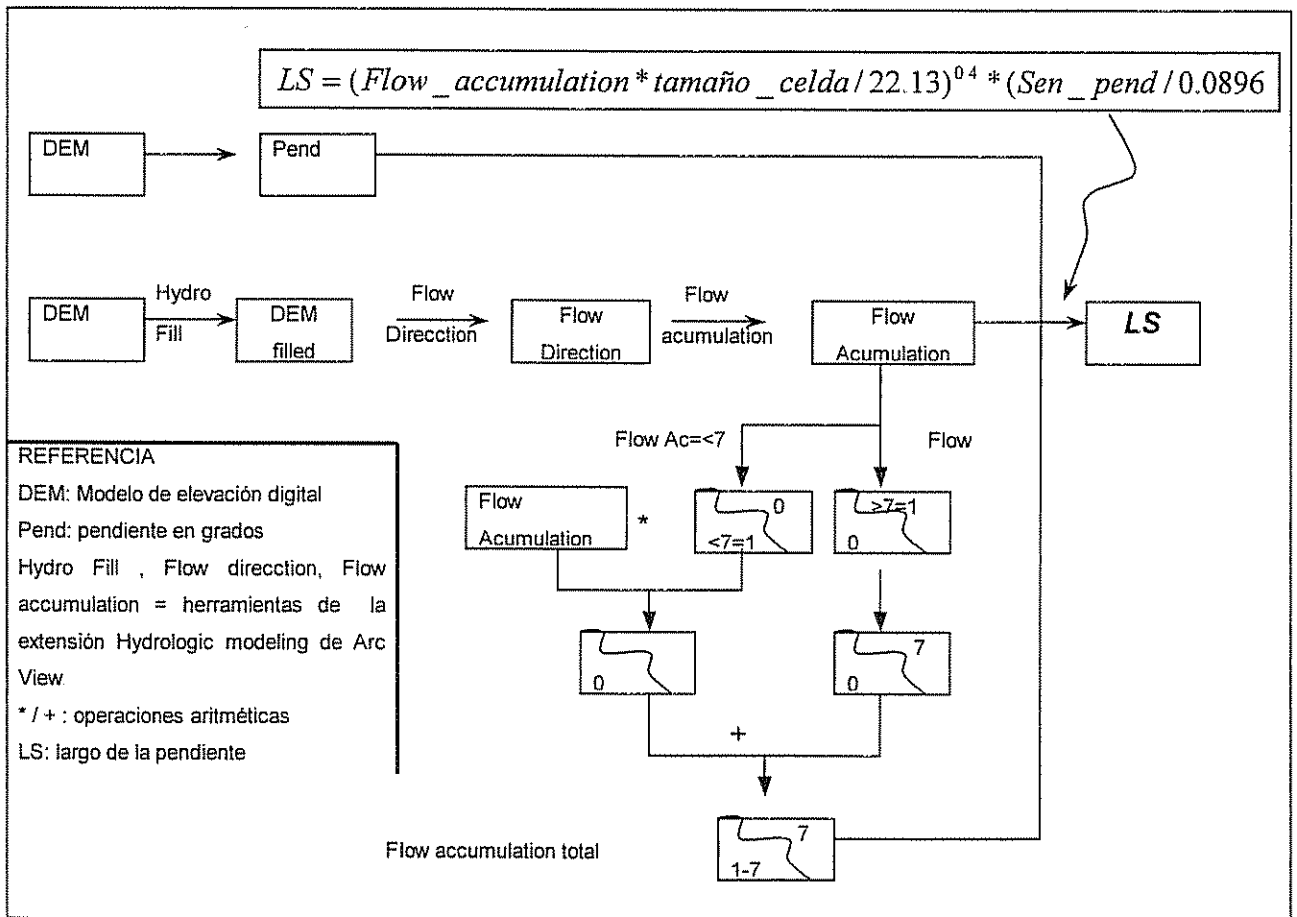


Figura 11. Proceso desarrollado en Arc View para estimar LS, basado en Engel (1999)

### 3.4.1.3 Factor erodabilidad del suelo K

Los datos para su estimación se obtuvieron del mapa de suelos de Costa Rica a escala 1:200.000 (MAG/SEPSA-MIDEPLAN) y manual para su interpretación (ANCON, 1991) y del nomograma de erodabilidad del suelo (Wischmeier y Smith, 1978).

### 3.4.1.4 Factor cobertura "C"

Se asignaron los factores de cobertura a los mapas de uso del año 80, 1998 y los mapas de aptitud de los tipos de uso evaluados en este estudio. Los valores de "C" se obtuvieron de otros estudios, los cuales se presentan en el Cuadro 17.

Cuadro 17. Valores del Factor C utilizados en este estudio basado en otras fuentes

| Fuente                                    | Tipos de cobertura |                    |     |   |                    |      |                   |                                |                               |                   |
|---|--------------------|--------------------|-----|---|--------------------|------|-------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------|
|   | SD                 | P                  | U   | A | CA                 | Cf   | F                 | B                              | T                             | PF                |
| Usado en este estudio                     | 1,0                | 0,007              | 1,0 |   | 0,1084             | 0,07 | 0,02              | 0,001                          | 0,001                         | 0,08 <sup>3</sup> |
| De María <i>et al.</i> (1994)             |                    |                    |     |   | 0,1086 -<br>0,1124 |      |                   |                                |                               |                   |
| Arana (1992)                              |                    |                    | 0,3 |   |                    |      |                   |                                |                               |                   |
| Castro (1992, Citado por Kuntschik, 1996) | 1,0                | 0,004- 0,01        |     |   |                    |      | 0,02 <sup>3</sup> |                                | 0,0004                        | 0,0001            |
| Varhson y Cevantes (1991)                 |                    | 0,007              |     |   |                    | 0,07 |                   |                                |                               |                   |
| Palacios y Alfaro (1991)                  |                    | 0,4                |     |   | 0,50               | 0,25 |                   | 0,04                           | 0,21                          | 0,15              |
| Wischmeier y Smith (1978)                 | 1,0                | 0,003 <sup>1</sup> |     |   |                    |      |                   | 0,0001 -<br>0,001 <sup>2</sup> | 0,0001-<br>0,001 <sup>2</sup> |                   |
| Amezquita (1975)                          |                    |                    |     |   |                    |      |                   |                                | 0,01-0,015                    |                   |

<sup>1</sup> Al menos 95 % de cobertura, <sup>2</sup> Para cobertura de dosel de 75 a 100%; <sup>3</sup> Estimado para cítricos,

<sup>5</sup> La mayoría de plantaciones son de Teca (*Tectona grandis*) y Melina (*Gmelina arborea*), las cuales no son las más adecuadas para suelos de clase forestal VI (CCT, 1994; Fundación Neotrópica, 1994)

#### A) Subfactor: materia orgánica

Según el mapa de suelos de Costa Rica (ANCON, 1991) el contenido de materia orgánica de éstos en la cuenca va de media a muy alta, valores que coinciden con otros estudios de suelos a mayor detalle en la parte alta y baja de la cuenca (CCT, 1994; Guzmán y Marín, 1998), por lo cual se consideró aplicar el subfactor de materia orgánica.

Los valores de "C" en áreas con materia orgánica mayor de 4% se multiplicaron por 0,70 como subfactor de materia orgánica (Renard *et. al.* 1997) aunque Wischmeier y Smith

(1978) proponen un factor similar para "K" en suelos con cubierta forestal permanente. En la Figura 12 se presenta el proceso desarrollado para asignar el subfactor.

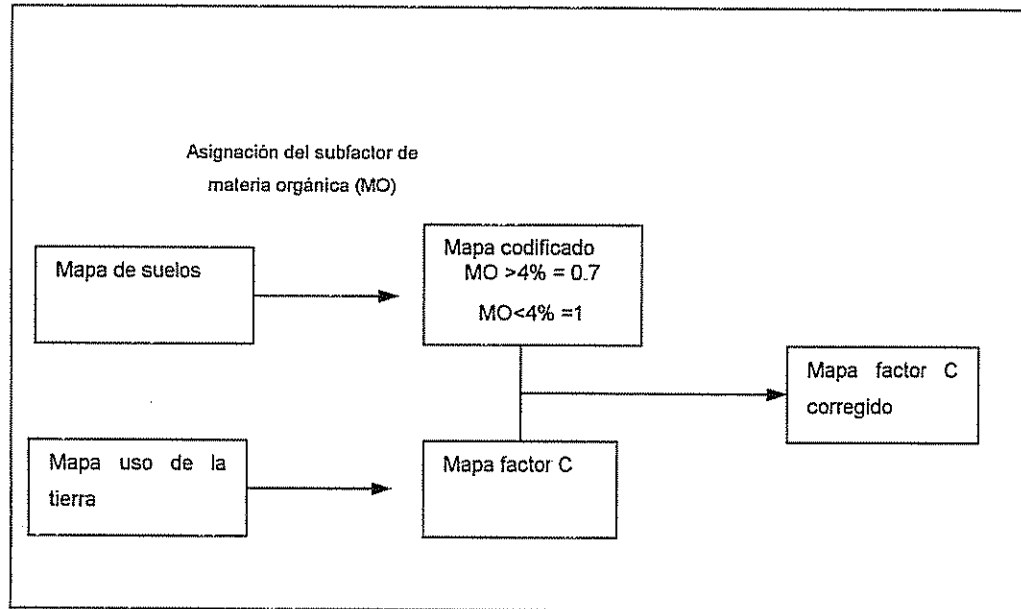


Figura 12 Proceso metodológico para definir el factor C de cobertura del suelo

#### 3.4.1.5 Factor P

Se consideró el valor de 1 para todas las categorías de uso, debido a que no se recopiló información espacial de prácticas de conservación.

#### 3.4.2 Estimación y clasificación de la erosión

Los valores de pérdida de suelo se obtuvieron del producto de mapas en formato "raster" usando el programa Arc View 3.2, posteriormente éstos se clasificaron en cinco categorías basados en la clasificación propuesta por la FAO (1980), cuyos rangos se presentan en el Cuadro 18. Además, se estimaron los valores totales de erosión en  $t \cdot ha^{-1}$  por unidad cartográfica para los años 80s, 1998 y TUT resultante apto en la evaluación de tierras de este estudio, con el fin de comparar y determinar tendencias de la degradación en función de la erosión.

**Cuadro 18. Clasificación de la pérdida de suelo propuesta por la FAO (1980)**

| Clase      | Rango (t ha <sup>-1</sup> ) |
|------------|-----------------------------|
| Muy ligera | 0 a 4,9                     |
| Ligera     | 5 a 9,9                     |
| Moderada   | 10 a 49                     |
| Severa     | 50 a 200                    |
| Muy severa | > de 200                    |

## 4 RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 Uso de la tierra en la cuenca del Río Barranca

Las principales categorías de uso de la tierra que compiten con la cobertura boscosa y vegetación en sucesión (tacotales) en la cuenca del Río Barranca son los pastos, el café y la caña de azúcar, cuyas áreas ocupan actualmente alrededor de 43, 8 y 4% del área total de la cuenca (48101,4 ha); las áreas urbanas no alcanzan el 2% y las que aun no superan el 1% son las plantaciones forestales y los árboles frutales. Los mapas 2 y 3 muestran los usos de la tierra en la cuenca para los estados temporales considerados.

**Cuadro 19. Extensión (ha y %) por categoría de uso de la tierra para los años 80 y 1998, en la cuenca del Río Barranca.**

| Categoría de uso        | Area (ha) |          | Area (%) |      |
|-------------------------|-----------|----------|----------|------|
|                         | Años 80   | 1998     | Años 80  | 1998 |
| Pasto                   | 21891     | 20799,96 | 46       | 43   |
| Urbano                  | 384,56    | 714,4    | 1        | 1    |
| Cuerpos de agua         | 288,32    | 288,32   | 1        | 1    |
| Caña                    | 1993,24   | 1963,6   | 4        | 4    |
| Café                    | 2818,68   | 4092,52  | 6        | 9    |
| Frutales                | 50,68     | 245,6    | 0        | 1    |
| Bosque                  | 17061,72  | 16102,48 | 35       | 33   |
| Tacotal                 | 2768,04   | 2588,44  | 6        | 5    |
| Plantaciones forestales | 0         | 460,92   | -        | 1    |
| Zona costa              | 16,12     | 16,12    | 0        | 0    |
| Sin clasificar          | 829,04    | 829,04   | 2        | 2    |
| TOTAL                   | 48101,4   | 48101,4  |          |      |

Los cuadros 19 y 20 presentan el área por categoría de uso de la tierra de los dos estados temporales evaluados, en dicho cuadro la sumatoria de columnas corresponde a categorías de 1998, mientras que la suma de filas corresponde a los años 80. Así tenemos que los pastos en los 80 mantuvieron una cobertura de 21.900 ha equivalente a 45,5%, sin embargo, en 1998 su cobertura se redujo a 20.800 ha o 43,2% de la cuenca.

**Cuadro 20. Dinámica del uso de la tierra (ha) de los años 80 a 1998, en la cuenca del Río Barranca.**

|                             |      | Categorías de uso del año 1998 |        |        |          |          |        |           |          |       |        | Área años 80s |           |       |
|-----------------------------|------|--------------------------------|--------|--------|----------|----------|--------|-----------|----------|-------|--------|---------------|-----------|-------|
|                             |      | P                              | U      | A      | Cñ       | Cf       | F      | B         | T        | ZC    | SC     | Pf            | (ha)      | (%)   |
| Categorías de uso en los 80 | P    | 18 286,60                      | 126,36 |        | 754,44   | 1 082,08 | 119,66 |           | 1 251,32 |       |        | 270,52        | 21 891,00 | 45,51 |
|                             | U    |                                | 384,56 |        |          |          |        |           |          |       |        |               | 384,56    | 0,80  |
|                             | A    |                                |        | 288,32 |          |          |        |           |          |       |        |               | 288,32    | 0,60  |
|                             | Cñ   | 544,16                         | 161,68 |        | 1 145,28 | 87,20    | 34,20  |           | 18,64    |       |        | 2,08          | 1 993,24  | 4,14  |
|                             | Cf   | 553,20                         | 7,80   |        | 10,32    | 2 000,32 |        |           | 247,04   |       |        |               | 2 818,68  | 5,86  |
|                             | F    | 15,84                          |        |        |          |          | 32,48  |           | 2,36     |       |        |               | 50,68     | 0,11  |
|                             | B    | 523,64                         | 25,04  |        | 27,76    | 506,12   | 29,00  | 15 783,92 | 1,92     |       |        | 164,32        | 17 061,72 | 35,47 |
|                             | T    | 876,52                         | 8,96   |        | 25,80    | 416,80   | 30,24  | 318,56    | 1 067,16 |       |        | 24,00         | 2 768,04  | 5,75  |
|                             | ZC   |                                |        |        |          |          |        |           |          | 16,12 |        |               | 16,12     | 0,03  |
|                             | SC   |                                |        |        |          |          |        |           |          |       | 829,04 |               | 829,04    | 1,72  |
| Área                        | (ha) | 20 799,96                      | 714,40 | 288,32 | 1 963,60 | 4 092,52 | 245,60 | 16 102,48 | 2 588,44 | 16,12 | 829,04 | 460,92        | 48 101,40 | 100,0 |
| 1998                        | (%)  | 43,24                          | 1,49   | 0,60   | 4,08     | 8,51     | 0,51   | 33,48     | 5,38     | 0,03  | 1,72   | 0,96          |           |       |

P: Pasto

U: Urbano

A: Cuerpos de agua

Cñ: Caña

Cf: Café

F: Frutales

B: Bosque

T: Tacotales

ZC: Zona costera














Pf: Plantaciones forestales

SC: Sin clasificar

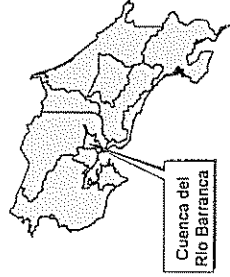
**Mapa 2. Uso de la tierra en la cuenca del Río Barranca, en los años 1984 - 86, 87 y 88**

**REFERENCIAS**

Categorías de uso

-  Pasto
-  Urbano
-  Agua
-  Caña
-  Café
-  Frutales
-  Bosque
-  Tacotales
-  Zonas costeras
-  Sin clasificar
-  Límite de la cuenca
-  Centros poblados
-  Ríos

**UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO**



Cuenca del Río Barranca

ESCALA DE PRESENTACION 1: 200.000  
ESCALA DE TRABAJO 1: 20.000

PROYECCION COORDENADA DEL INSTITUTO NACIONAL DE MERCATOR  
ESCALA DE USOS  
METROAMERICANA - 84  
FALSO ESTRECHO 8.025  
ESTRIBO 10.000  
MONTAÑALSO 8

**CATIE**

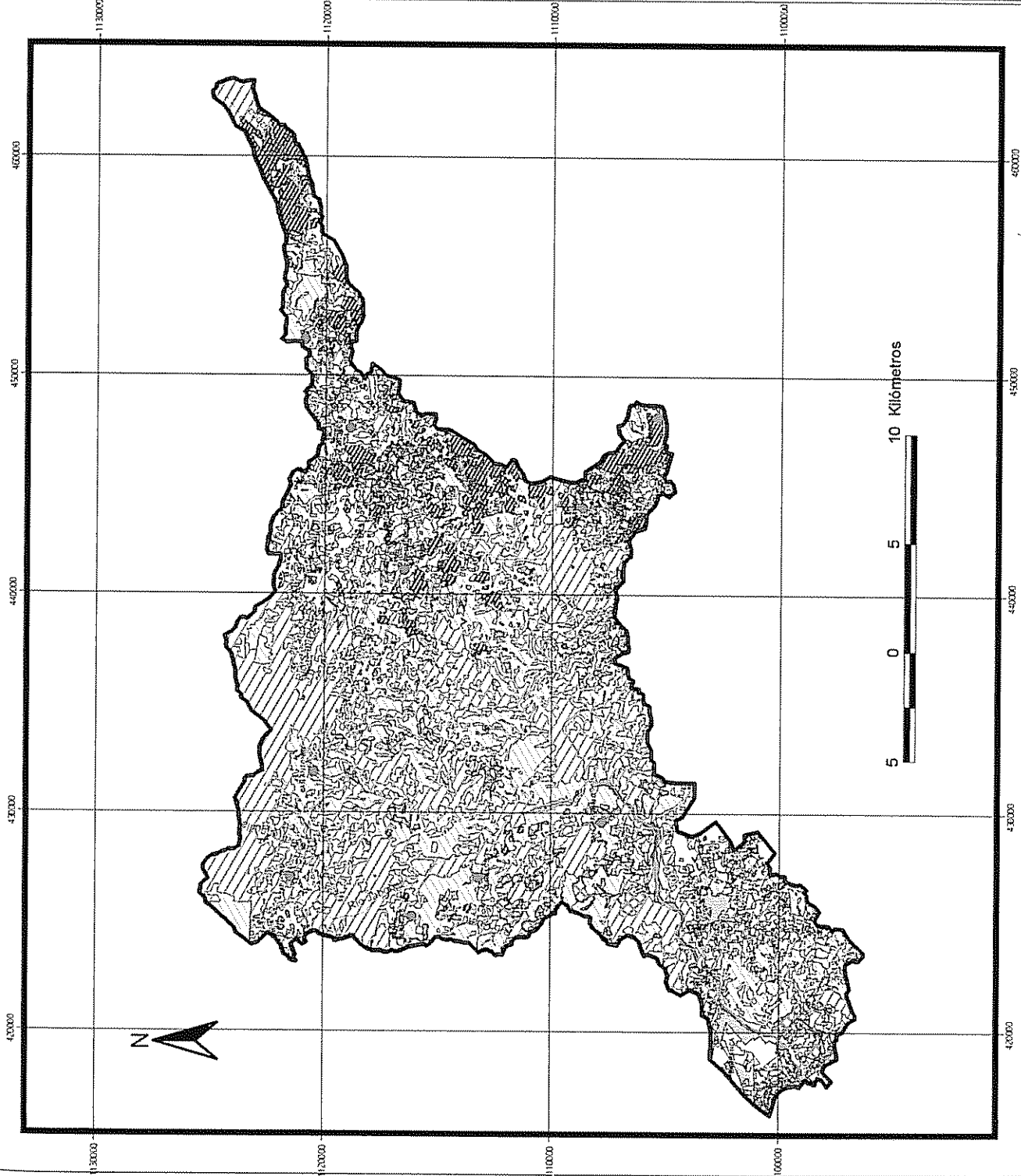
**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA**

Escuela de Pasadadas

Area de Manejo Integrada de Cuenas Hidrográficas

Elaborado por: Jorge L. Cruz Bolaños

Jamaica, Costa Rica, Diciembre 2002

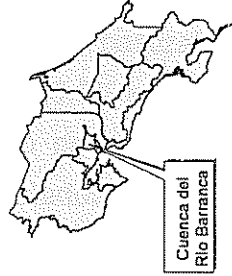




**Mapa 3. Uso de la tierra en la cuenca del Río Barranca en los años 1886 y 1888**

- Categorías de uso**
- Pasto
  - Urbano
  - Cuerpos de agua
  - Caña
  - Café
  - Frutales
  - Bosque
  - Tacotalles
  - Plantaciones forestales
  - Zona costera
  - Sin clasificar
- Limite de la cuenca**
- Ríos
  - Centros poblados

UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO



ESCALA DE PRESENTACION 1: 200 000  
ESCALA DE TRABAJO 1: 20 000

PROTECCION COSTARRICENSE TRANSVERSAL DE MERCATOR  
PROYECTO INSTITUCIONAL DE INVESTIGACION Y DESARROLLO TECNICO  
MUSEO NACIONAL DE HISTORIA NATURAL  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS  
CARRERA DE ZOOLOGIA  
TURISTAS, COSTA RICA

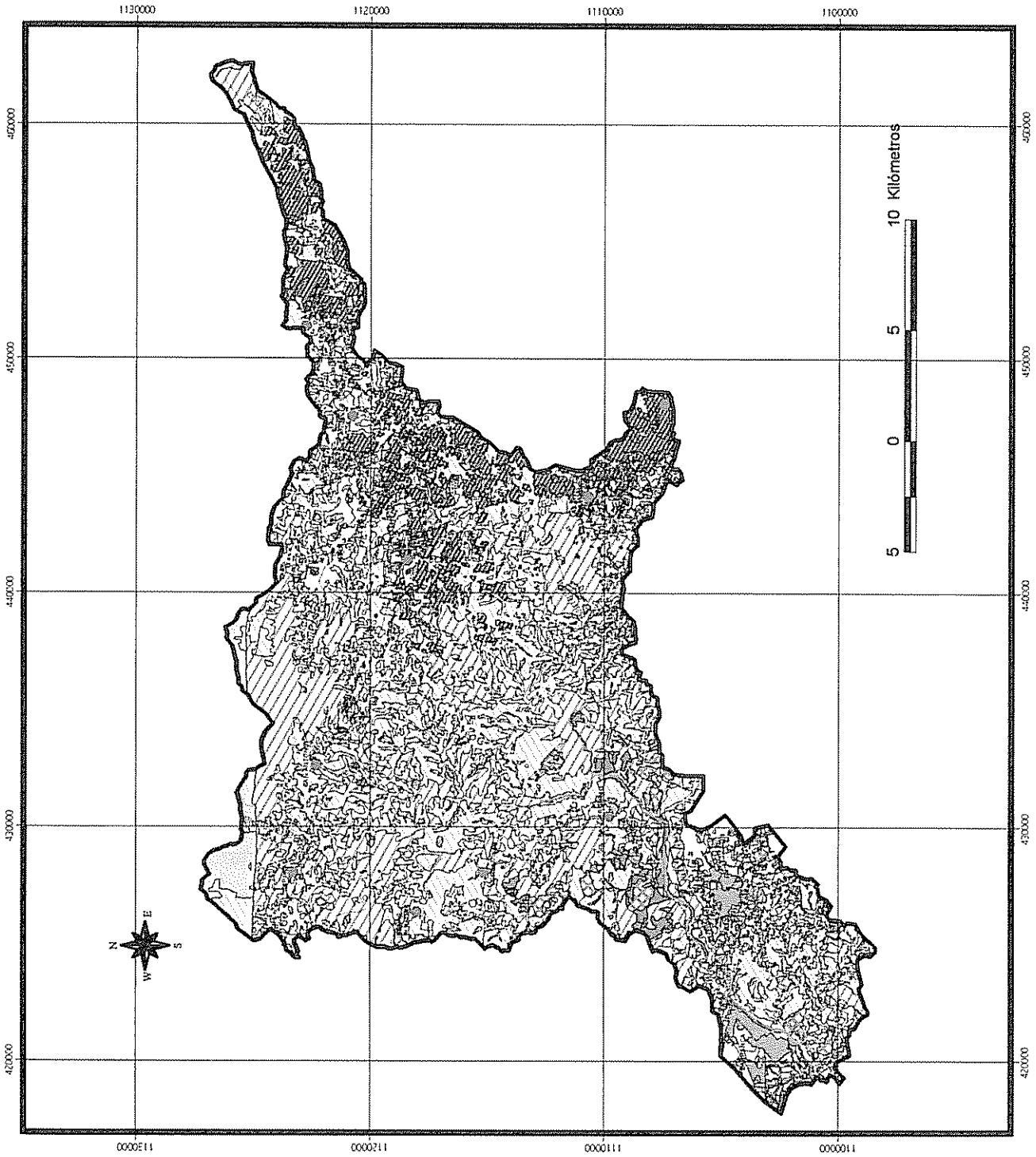
**CATIE**

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA  
Escuela de Pasagraduadas

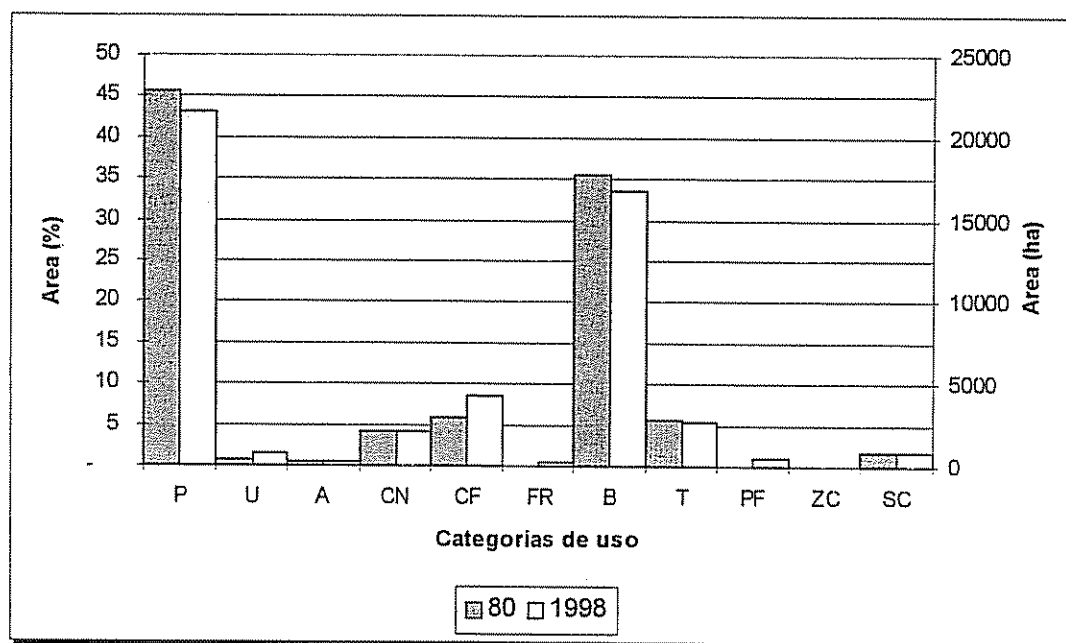
Area de Manejo Integrado de Cuencas Hidrograficas

Elaborado por: Jorge L. Cruz Bolaños

Turkey, Costa Rica, December 2002



Considerando el área de las categorías de uso, referida al total de la cuenca, cuyo porcentaje aparece en el Cuadro 19, el bosque y los pastizales se han reducido cerca del 2%, ya que el bosque pasó de una cobertura de 35,5% en los 80 a 33,5 en 1998, mientras el pasto pasó de 45,5% a 43,2%. El cultivo de la caña de azúcar y los tacotales mantuvieron su área de cobertura en ambos estados temporales, no obstante, las áreas urbanas, los frutales y las plantaciones forestales han mostrado un ligero incremento, aunque el mayor incremento lo registró el cultivo del café, el cual fue de 2,6%. Estas variaciones en las categorías de uso se muestran en la Figura 13.



P: Pasto      U: Urbano      A: Cuerpos de agua      CN: Caña      CF: Café      FR: Frutales  
 B: Bosque      T: Tacotales      PF: Plantaciones forestales      SC: Sin clasificar

**Figura 13. Extensión y porcentaje referido al total de la cuenca por categoría de uso en los años 80s y 1998 en la cuenca del Río Barranca**

Aunque algunas categorías no mostraron grandes variaciones en cobertura de los 80s a 1998, puede notarse una dinámica en las mismas, siendo ésta la que mantiene la cobertura total, por ejemplo, la categoría de caña, cuya cobertura en ambos estados temporales es de 4%, del área total en los 80s (1993 ha), 544 ha pasaron a pastos, 161 a uso urbano, 87 a café, 34 a frutales, 19 a tacotales, 2 a plantaciones forestales y 1145 se mantuvieron en caña; mientras que la cobertura de esta categoría en 1998 se debe a que 754 ha de pasto en los 80s, 10 de café, 28 de bosque, 26 de tacotales pasaron a esta

corresponde a 1145 ha que se mantuvieron en la misma. Esta situación se da en las otras categorías evaluadas

El cambio entre dos estados temporales en una categoría pueden expresar en dos formas: a) como porcentaje referido al total de la cuenca y b) la diferencia de áreas entre dos estados expresada como porcentaje de la cobertura del primer estado. Por ejemplo el bosque cuya cobertura respecto al total de la cuenca en los 80 fue de 35% y en 1998 33%, la diferencia es 2%; no obstante, comparando la cobertura de los 80 (17.602 ha) con la de 1998 (16.102), existe una diferencia de 960 ha que equivale a 5,6% menos que la cobertura de los 80s, las diferencias son positivas si corresponde a incrementos o negativas cuando es una reducción como el caso del bosque. Estos cambios dentro de las categorías, se presentan en el Cuadro 21, en donde se puede observar que el bosque y los tacotales se redujeron entre 5 y 7%; los pastos en 5% y la caña menos de 2%, mientras que las categorías que incrementaron son: el cultivo de café en 45%, las áreas urbanas en 86%, las plantaciones forestales y los árboles frutales en más de 300%.

**Cuadro 21. Cambio en dos estados intra categorías de uso de la tierra referido al área mostrada en los años 80s**

| CÓDIGO | TIPO DE USO             | Cambio (%) |
|--------|-------------------------|------------|
| T      | Tacotales               | -6,49      |
| B      | Bosque                  | -5,62      |
| P      | Pastos                  | -4,98      |
| Cñ     | Caña                    | -1,49      |
| Cf     | Café                    | + 45,19    |
| U      | Urbano                  | + 85,77    |
| F      | Frutales                | + 384,61   |
| Pf     | Plantaciones forestales | + 461,00   |

Villa (1989) utilizando como base un estudio realizado por la CEE (1988) en el 87% de la cuenca del Río Barranca, reporta que la cobertura de pastos en 1988 fue de 50%, el bosque y tacotal el 24% y otros cultivos como café, la caña, frutales y hortalizas el 13%; la diferencia de estos valores a los estimados en este estudio, puede ser por el área de cobertura del estudio, la escala y el método utilizado, ya que en el presente, se fotointerpretaron a escala 1:20.000 y la digitalización fue realizada en pantalla con ortofotos, mientras que el mapa de la CEE (1988) es a escala 1:40.000. No obstante, Villa

(1989) y Chaves *et al.* (1991) hacen referencia de otro estudio en 1980, en el cual como en éste estudio destaca que la mayor cobertura en la cuenca corresponde a pastos.

#### **4.1.1 Áreas bajo pago de servicios ambientales: un tipo de uso de la tierra**

Desde 1997 el Pago de Servicios Ambientales (PSA) por el Estado, se presenta como una alternativa para el uso de la tierra en la cuenca del Río Barranca, manteniendo a la fecha una cobertura de 5,5% del área total de la cuenca. Dichas áreas están bajo dos modalidades de pago, que son: 1) plantaciones forestales en su mayoría de teca (*Tectona grandis*) y melina (*Gmelina arborea*) y 2) protección del bosque.

Aunque el PSA por el Estado representa una opción para la conservación y manejo sostenible de los recursos, no garantiza la cobertura a largo plazo, ya que el pago corresponde a un periodo de cinco años, después del cual conservar la cobertura es incierto, a menos que se renueve el contrato, situación que limita el ingreso de otras áreas a PSA, dada la limitada oferta del estado a la alta demanda de este PSA por los propietarios (Mejías y Segura, 2001). Esta situación, como señala Mejías y Segura (2001) dejará a muchos productores de servicios ambientales sin recibir el pago respectivo, quienes además tienen limitaciones legales al cambio de uso de la tierra. Es necesario crear sistemas de financiamiento local para internalizar los servicios ambientales consumidos localmente y complementar el PSA con capital de fuentes externas, obtenido de servicios ambientales globales como la fijación de CO<sub>2</sub>.

El financiamiento local debe ser resultado de una gestión participativa y en la cual los gobiernos locales juegan un papel muy importante. Actualmente, no se reconoce el buen manejo de los recursos en sistemas productivos, ya que el PSA se enfoca al manejo y protección de bosques y plantaciones forestales, dejando fuera la internalización de beneficios que se derivan de sistemas productivos sostenibles, tales como los sistemas agroforestales y silvopastoriles.

El PSA a sistemas productivos, puede representar, una alternativa para la conservación de los recursos a mediano y largo plazo, ya que dicho pago puede ser el complemento para hacer del manejo sostenible una actividad atractiva. Actualmente, un proyecto para el pago de servicios ambientales en sistemas silvopastoriles, se inicia en parte de la cuenca,

con el cual se pretende mejorar los servicios ambientales globales y aumentar los beneficios socioeconómicos.

Los cambios de cobertura, en el presente estudio, son estimados a 1998. Sin embargo, en los últimos cinco años, algunos proyectos en la cuenca han favorecido el incremento de cobertura, a través de la plantación de árboles en potreros. Tal como se ha dado en la parte media y baja de la cuenca, donde se ha promovido financiamiento para mejoras en los sistemas de producción ganadera con la condición de plantar árboles en los potreros y/o fincas. El financiamiento fue manejado por organizaciones locales como el Cerriban (Organización local formada por productores de la comunidad de Cerrillos) y el Centro Agrícola Cantonal de Esparza (CACE) con apoyo de organizaciones gubernamentales como el Ministerio de Agricultura.

**Cuadro 22. Extensión (ha y %) por categoría de uso de la tierra para los años 80s y 1998, en la cuenca del Río Barranca, incluyendo el Pago de Servicios Ambientales como una categoría de uso**

|                           |     | Categorías de uso de los 80 |        |        |          |          |       |           |          |       |       | Total     |       |
|---------------------------|-----|-----------------------------|--------|--------|----------|----------|-------|-----------|----------|-------|-------|-----------|-------|
|                           |     | P                           | U      | A      | Cñ       | Cf       | F     | B         | T        | ZC    | SC    | ha        | (%)   |
| Categorías de uso de 1998 | P   | 18 140,76                   |        |        | 543,48   | 553,20   | 15,84 | 512,48    | 867,92   |       |       | 20 633,68 | 42,90 |
|                           | U   | 126,36                      | 384,56 |        | 161,68   | 7,80     |       | 25,04     | 8,96     |       |       | 714,40    | 1,49  |
|                           | A   |                             |        | 287,64 |          |          |       |           |          |       |       | 287,64    | 0,60  |
|                           | Cñ  | 754,32                      |        |        | 1 144,84 | 10,32    |       | 27,76     | 25,80    |       |       | 1 963,04  | 4,08  |
|                           | Cf  | 1 082,00                    |        |        | 87,20    | 2 000,32 |       | 506,12    | 416,80   |       |       | 4 092,44  | 8,51  |
|                           | F   | 119,68                      |        |        | 34,20    |          | 32,48 | 29,00     | 30,24    |       |       | 245,60    | 0,51  |
|                           | B   |                             |        |        |          |          |       | 13 942,04 | 240,56   |       |       | 14 182,60 | 29,48 |
|                           | T   | 938,48                      |        |        | 18,64    | 247,04   | 2,36  | 1,92      | 970,28   |       |       | 2 178,72  | 4,53  |
|                           | ZC  |                             |        |        |          |          |       |           |          | 16,12 |       | 16,12     | 0,03  |
|                           | Pf  | 167,84                      |        |        | 2,08     |          |       | 142,56    | 24,00    |       |       | 336,48    | 0,70  |
|                           | SC  | 26,76                       |        |        | 1,40     |          |       | 662,88    |          |       | 18,72 | 709,76    | 1,48  |
|                           | PSA | 561,56                      |        | 0,68   | 1,12     |          |       | 1 993,96  | 183,48   |       | 0,12  | 2 740,92  | 5,70  |
| Área                      | ha  | 21 917,76                   | 384,56 | 288,32 | 1 994,64 | 2 818,68 | 50,68 | 17 843,76 | 2 768,04 | 16,12 | 18,84 | 48 101,40 |       |
|                           | (%) | 45,57                       | 0,80   | 0,60   | 4,15     | 5,86     | 0,11  | 37,10     | 5,75     | 0,03  | 0,04  |           |       |

P: Pasto      U: Urbano      A: Cuerpos de agua      Cñ: Caña      Cf: Café  
 F: Frutales      B: Bosque      T: Tacotales      ZC: Zona costera      Pf: Plantaciones forestales      SC: Sin clasificar  
 PSA: pago de servicios ambientales

El Cuadro 22 muestra el pago de servicios ambientales como una categoría de uso de la tierra en la cuenca, la cual incluye tierras que anteriormente fueron dedicadas a las actividades agropecuarias, bosques y tacotales. En este cuadro, la sumatoria de las filas corresponde al estado temporal de 1998, mientras que el total de las columnas a los 80. Un ejemplo para su interpretación es que 562 ha de pasto en los 80, 1994 de bosque y

183 de tacotales actualmente se encuentran bajo PSA, lo cual indica que las áreas que no son bosque se están recuperando con regeneración natural o están plantadas con teca o melina; además puede observarse que existen alrededor de 336 ha de plantaciones forestales que no están bajo este régimen de pago. De esta manera queda en evidencia que nuevas alternativas de uso a la tierra se están presentando en los últimos años en la cuenca, aunque predominan los pastos, el café y la caña en el sector productivo, mientras que el PSA representa una oportunidad de conservación y recuperación de las áreas.

#### 4.2 Patrones de uso de la tierra

Los resultados del presente estudio muestran que los usos de la tierra en la cuenca del Río Barranca han sido dinámicos en el tiempo, **aceptando de esta manera la hipótesis planteada.**

**Cuadro 23 Probabilidades de transición de uso de la tierra para el periodo de los años 80 a 1998, estimadas con puntos aleatorios de muestreo**

| CU <sub>ij</sub>              |    | Categorías de uso de 1998 |        |       |       |       |        |       |       |       |       |      | TOTAL |
|-------------------------------|----|---------------------------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
|                               |    | P                         | U      | A     | Cñ    | Cf    | F      | B     | T     | ZC    | SC    | Pf   |       |
| Categorías de uso de los 80's | P  | 82,62                     | 0,60   |       | 2,91  | 5,22  | 0,60   |       | 6,42  |       |       | 1,63 | 100   |
|                               | U  |                           | 100,00 |       |       |       |        |       |       |       |       |      | 100   |
|                               | A  |                           |        | 100,0 |       |       |        |       |       |       |       |      | 100   |
|                               | Cñ | 34,00                     | 9,00   |       | 48,00 | 5,00  | 1,00   |       | 3,00  |       |       |      | 100   |
|                               | Cf | 23,08                     | 0,70   |       | 0,70  | 65,73 |        |       | 9,79  |       |       |      | 100   |
|                               | F  |                           |        |       |       |       | 100,00 |       |       |       |       |      | 100   |
|                               | B  | 2,57                      | 0,47   |       | 0,23  | 3,38  | 0,12   | 92,42 |       |       |       | 0,82 | 100   |
|                               | T  | 25,69                     | 0,69   |       | 1,39  | 14,58 | 2,78   | 14,58 | 40,28 |       |       |      | 100   |
|                               | ZC |                           |        |       |       |       |        |       |       | 100,0 |       |      | 100   |
|                               | SC |                           |        |       |       |       |        |       |       |       | 100,0 |      | 100   |
|                               | Pf |                           |        |       |       |       |        |       |       |       |       |      | 100   |

P: pasto U: urbano

A: cuerpos de agua

Cñ: caña

Cf: café

F: Frutales

B: Bosque

T: Tacotales

ZC: Zona costera

Pf: Plantaciones forestales

SC: Sin clasificar

Los cambios en el uso de la tierra de los años 80 al 1998, se presentan la matriz Markoviana del Cuadro 23, los valores en dicha matriz corresponden a probabilidades de transición de una categoría de uso en los 80 a otra de 1998, las cuales se leen en sentido horizontal indicada por la flecha de borde continuo. Las celdas sombreadas en sentido diagonal e indicadas por la flecha sombreada, representan la probabilidad de estabilidad de las categorías de uso en el tiempo. En tal sentido, la probabilidad que la categoría de pastos se conserve en el tiempo es de 83%, que cambie a urbano es 0,6%, a caña es 3%,

a café el 5% a tacotal el 6% y a plantación forestal el 2%. La probabilidad de estabilidad del bosque es cerca del 92%, mientras que el café, la caña y los tacotales tienen menos probabilidad de estabilidad. Las categorías de bosque y pasto ocupan las mayores áreas de la cuenca y tienen las probabilidades mayores de estabilidad, lo cual parece indicar que las actividades ganaderas se mantendrán tanto como el bosque, este último puede con el apoyo de políticas y normas legales.

Esta dinámica define patrones, los cuales tienden a pasturas, ya que la probabilidad de cambio de caña a pasto es de 34%, de café a pasto 23% y de tacotal a pasto 25% y de bosque a pasto 3%. En resumen las mayores probabilidades de cambio en las categorías se registran hacia pastos (celdas coloreadas), debido a las características biofísicas de la zona, la rentabilidad de la actividad ganadera o la falta de otras alternativas de uso, en tal sentido es categoría a la cual debe enfocarse el manejo sostenible.

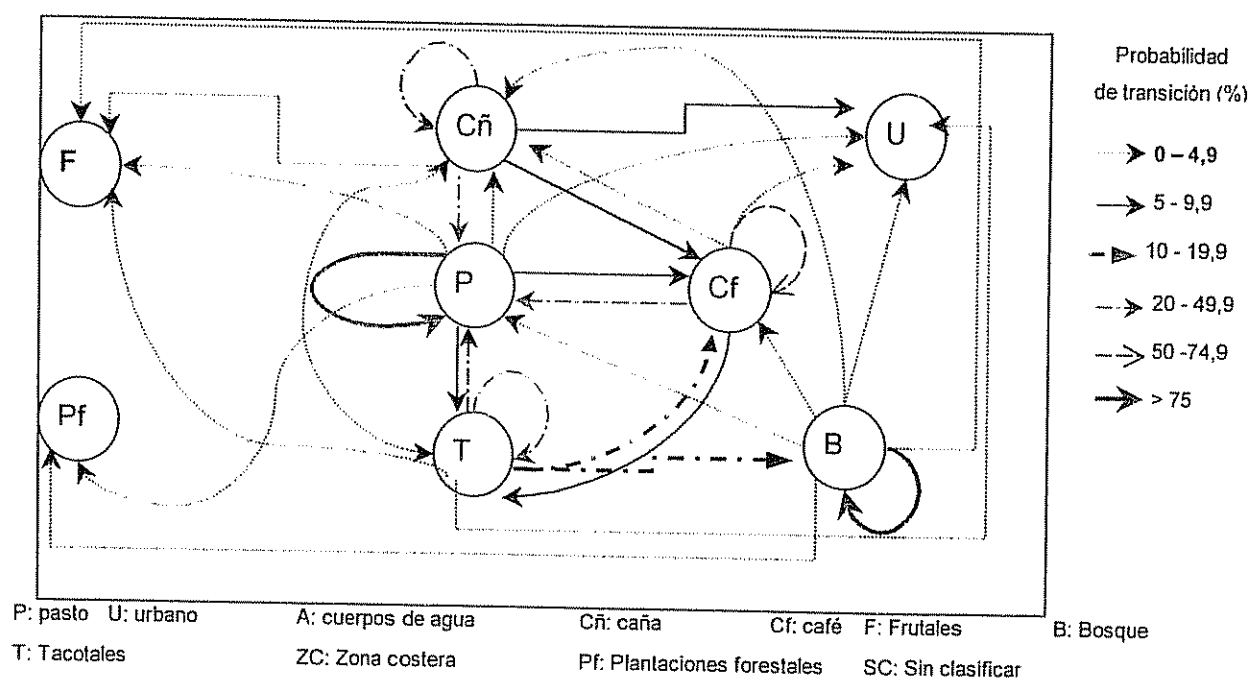


Figura 14. Patrones de cambio de uso de la tierra en la cuenca del Río Barranca, Costa Rica

Los patrones identificados, se esquematizan en la Figura 14, en la cual la dirección de cambio la indican las flechas. En esta figura se aprecia que en la categoría de pastos es más frecuente la convergencia de otras categorías mientras que en bosque es menos frecuente la convergencia y más común el origen de las flechas, debido a que únicamente los tacotales pueden pasar a dicha categoría.

#### **4.2.1 Bosques y sucesiones vegetales**

Se estima que actualmente la cobertura de bosque en la cuenca es alrededor del 33% mientras que los tacotales no superan el 6%. El área de bosque es actualmente 2% menor que la estimada en los 80. La cobertura boscosa en la cuenca tiende a estabilizarse, ya que de 1980 a 1988 disminuyó en 6% (Villa, 1989), y de esa fecha a la actualidad, se redujo en 2%, aunque Camargo (2001) en un estudio al nivel de fincas en zona oeste de la parte baja y media de la cuenca estimó que el bosque se redujo 3%.

De mantenerse la dinámica del uso de las tierras de los años 80 a la fecha, la probabilidad de mantener la cobertura es del orden del 92%, estabilidad que puede garantizarse por las normas y políticas gubernamentales, tales como el pago de servicios ambientales, la Ley Forestal 7575 y la Ley de Suelos, entre otras.

No obstante, mantener esta cobertura forestal implica una inversión económica del Estado a través de impuestos específicos, de agencias internacionales por el pago de servicios ambientales globales o de los pobladores locales por servicios ambientales locales; de lo contrario los propietarios de bosques no podrán internalizar los beneficios de los mismos y la conservación del bosque no podrá ser estimulada e incrementará la amenaza.

Actualmente en la cuenca la inversión en PSA asciende aproximadamente a US\$ 100.000 anuales para conservar 2490 ha, de las cuales, aproximadamente el 10% concluirán el contrato en este año (2002), y la posibilidad de renovarlo depende del interés del propietario y los recursos del Estado para este rubro, que cada vez es menor, aunque los propietarios cuentan con limitaciones legales para el cambio de uso. Esta situación exige alternativas que garanticen mantener el bosque por períodos prolongados y generar beneficios que permitan competir con otros usos de la tierra.

#### **4.2.2 Pastos y ganadería**

Cubren cerca del 43% del área total de la cuenca, la probabilidad de mantenerse es próxima al 82% y 72% están en zonas de alto grado vulnerabilidad a degradación; los patrones de cambio en los cuales se presentan los pastos son: pasto-tacotal, pasto-caña, pasto-café, pasto-urbano y pasto-plantaciones forestales.



Los pastos son la categoría de uso en la que más convergen otros usos (Figura 14) y cuyas probabilidades de cambio a éste son las más altas (Cuadro 23). Con estos patrones de cambio, pareciera que las actividades ganaderas (relacionadas con los pastizales) siguen siendo las preferidas por los productores o a la cual tienden a retornar las tierras, ya sea por rentabilidad, falta de alternativas o debido a las condiciones biofísicas o socioeconómicas. La tendencia de cambio de otros usos a pastos se ha ido reduciendo, ya que en los últimos cinco años Camargo (2001) estimó que en 101 fincas en la cuenca, el 1,6% cambiaron de tacotales a pastos, mientras que de los años 80 a 1998 éste fue de 3,1%.

Cultivos como el café y la caña tienden a pastizales con probabilidades de 23 a 34%, respectivamente, mientras que la probabilidad de que el bosque se elimine para establecer pastizales es del orden del 2%, situación que tiende a reducirse por las limitaciones legales que existen para el cambio de uso del bosque.

Dadas las altas probabilidades que tienen los pastos para mantener su cobertura, deben ser considerados en el manejo y conservación de los recursos naturales en la cuenca, ya que no solo son un uso al cual tienden otras categorías, sino que su área cubierta en la cuenca es significativa.

En el marco de lucha contra la pobreza, conservación de los recursos naturales, y recuperación de áreas degradadas, son las pasturas, las tierras de mayor prioridad, ya que podrían estar incrementando su degradación (Villa, 1989), derivando baja productividad (Stoorvogel y Bouma, 1996; Weems, 1990), a la vez de generar pobreza y evitar la conservación de los recursos. Esto no implica el cambio de uso, pero sí la introducción de prácticas que adapten este uso a las tierras, para mantener o recuperar la productividad, conservar los recursos naturales, evitar externalidades negativas y promover las positivas, así como contribuir a la lucha contra la pobreza rural.

#### **4.2.3 Otras categorías**

Entre las otras categorías, las más dinámicas son los tacotales, los frutales y la caña de azúcar, cuya probabilidad de estabilidad oscila entre el 40 y el 65%. En el caso de los tacotales, su dinamismo puede estar ligado a formas de recuperar la productividad de las tierras por parte de los productores, mientras que los frutales y la caña, su dinámica puede

relacionarse con aspectos socioeconómicos, como la rentabilidad, manejo del cultivo, factores biofísicos como el clima, la sequía y suelos, (Chaves *et. al.* 1998a, 1998b; Chaves *et. al.* 2001).

El café es otro tipo de uso de importancia en la cuenca, su estabilidad es probable en un 70%. La dinámica de este cultivo se ha incrementado desde años anteriores (Ramírez, 1998). En el presente estudio se estima que su incremento de los años 80 a la fecha es alrededor del 5%, tendencia que podría ser a la baja, debido a las crisis en los últimos años.

En 1997 aparecen dos alternativas para el uso de los recursos naturales, el pago de servicios ambientales y las plantaciones forestales. La primera actualmente ocupa cerca de 2.621 ha, mientras que la segunda cubre una extensión aproximada de 460 ha, de las cuales 130 están bajo el pago de servicios ambientales. Como puede observarse en el Cuadro 16 y la Figura 10 las plantaciones forestales y el pago de servicios ambientales empieza a ser parte de los patrones de uso de la tierra, no obstante, éste último depende de otros factores e instancias gubernamentales.

#### **4.3 Factores asociados al uso de la tierra**

En los Cuadros 24 y 25 se presentan los resultados de las variables evaluadas y asociadas con el cambio de uso de la tierra. La variable independiente corresponde a la probabilidad de cambio. El signo de los estimadores define el sentido de influencia en la probabilidad de cambio, por consiguiente, las variables de signo negativo son inversamente proporcional a la probabilidad de cambio. Por ejemplo, a mayor densidad de población la probabilidad de cambio es menor. Las variables asociadas al cambio son: la precipitación, altitud, densidad de población, distancia a expendio de insumos, distancia a ríos, las categorías de uso de los años 80 y las de 1998.

El bosque resulta significativo entre los factores asociados al cambio, sin embargo, el signo negativo del estimador significa que en la categoría bosque la probabilidad de cambio es menor. Esta situación que parece lógica, ya que actualmente se ha venido restringiendo el cambio de uso de bosque, la probabilidad de estabilidad es la mayor, así como también, la escasez del mismo ha dado lugar a que los cambios sean menores (Villa, 1989).

La probabilidad de cambio de uso de la tierra se incrementa a medida que se aumenta la distancia de los ríos, esta situación, parece indicar el respeto a las márgenes de los ríos, ya sea por la importancia que le confieren a las fuentes de agua o por las leyes que obligan a protegerlos.

**Cuadro 24** Variables socioeconómicas y biofísicas asociadas al cambio de la tierra entre el periodo de los años 80 y 1998, en la cuenca del Río Barranca

| Variable independiente | Tipo de variable independiente |                               | Estimador | Pr>Chi Sq | Significancia |
|------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------|-----------|---------------|
|                        | Socioeconómica                 | Biofísica                     |           |           |               |
| Probabilidad de cambio | Densidad de población          |                               | -0.00200  | 0.0045    | **            |
|                        |                                | Distancia a insumos           | -0.0249   | 0.0047    | **            |
|                        | Uso en 1980                    |                               | 0.1533    | < 0.0001  | **            |
|                        | Uso en 1998                    |                               | 0.3380    | 0.0005    | **            |
|                        |                                | Bosques                       | -4.4944   | < 0.0001  | **            |
|                        |                                | Distancia a ríos              | 0.0963    | 0.0207    | **            |
|                        |                                | Precipitación                 | -0.00049  | 0.0003    | **            |
|                        |                                | Altitud                       | 0.000436  | 0.0183    | **            |
|                        |                                | Frutales                      | 1.6117    | 0.0792    | NS            |
|                        |                                | Distancia a centros de acopio | 0.00842   | 0.4419    | NS            |
|                        |                                | Distancia a caminos           | 0.00952   | 0.6096    | NS            |
|                        |                                | Distancia a poblados          | -0.0231   | 0.1228    | NS            |
|                        |                                | Pastos                        | 0.3551    | 0.7042    | NS            |
|                        |                                | Urbano                        | 1.1327    | 0.1685    | NS            |
|                        |                                | Caña                          | 0.4901    | 0.4541    | NS            |
|                        |                                | Café                          | -0.0149   | 0.9798    | NS            |
|                        | Tacotales                      | -0.6807                       | 0.1438    | NS        |               |
|                        | Pendiente %                    |                               | -0.00189  | 0.7050    | NS            |

\*\* Significativa; ±: sentido de la influencia de la variable independiente en el cambio

La diferencia entre los resultados del Cuadro 24 y 25, es que los del último se obtuvieron mediante el comando "stepwise" en la regresión. En el cuadro 19, las variables que no mostraron significancia (uso urbano, caña, frutales y bosque) en el primer proceso, en el cual se evaluaron todas dentro del modelo, en el segundo proceso, sí fueron significativas a la probabilidad de cambio. En el Cuadro 19, de las categorías que muestran significancia, tales como, uso urbano, caña, frutales y bosque, esta última tiene signo negativo, lo cual significa que el cambio es menos probable.

**Cuadro 25 Variables socioeconómicas y biofísicas asociadas significativamente al cambio de la tierra, en la cuenca del Río Barranca**

| Parámetro             | Grados de libertad | Estimado | Error estándar | Chi cuadrado | Pr> Chi cuadrado | P<0 05 |
|-----------------------|--------------------|----------|----------------|--------------|------------------|--------|
| Intercepto            | 1                  | -0 4466  | 0 5210         | 0 7347       | 0 3914           |        |
| Precipitación         | 1                  | -0 00046 | 0 000129       | 12 4607      | 0 0004           | **     |
| Altitud               | 1                  | 0 000521 | 0 000145       | 12 8545      | 0 0003           | **     |
| Distancia a ríos      | 1                  | 0 0936   | 0 0376         | 6 1966       | 0 0128           | **     |
| Densidad de población | 1                  | -0 00209 | 0 000616       | 11 5318      | 0 0007           | **     |
| Uso de los 80         | 1                  | 0 1531   | 0 0218         | 49 2011      | < 0001           | **     |
| Uso de 1998           | 1                  | 0 2383   | 0 0199         | 143 1818     | < 0001           | **     |
| Distancia a insumos   | 1                  | -0 0269  | 0 00632        | 18 1663      | < 0001           | **     |
| Dummy urbano          | 1                  | 1 0341   | 0 3370         | 9 4160       | 0 0022           | **     |
| Dummy caña            | 1                  | 0 4996   | 0 2226         | 5 0364       | 0 0248           | **     |
| Dummy frutales        | 1                  | 1 9072   | 0 7864         | 5 8822       | 0 0153           | **     |
| Dummy bosque          | 1                  | -4 1802  | 0 2677         | 243 7689     | < 0001           | **     |

#### 4.4 Evaluación de tierras

##### 4.4.1 Conflicto de uso de la tierra

Según el Cuadro 26, el 36% de la cuenca están sobre utilizadas<sup>7</sup>, mientras que 60% mantienen uso correcto, éste último está definido por el bosque que queda en la cuenca. Las áreas en sobre uso son las que mayor atención merecen, ya que no solo degradan los suelos, sino que derivan externalidades negativas que inciden en la cantidad y calidad de otros recursos, como la calidad del agua, incrementan la vulnerabilidad a desastres naturales y baja en la productividad. El mapa 4 muestra el conflicto de uso de las tierras.

**Cuadro 26 Extensión (ha) por conflicto de uso de la tierra en la cuenca del Río Barranca**

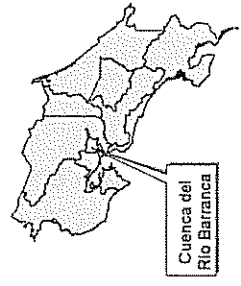
| Conflictos de uso      | Área (ha) | (%)    |
|------------------------|-----------|--------|
| Sobre uso <sup>6</sup> | 17,327 16 | 36 02  |
| Uso correcto           | 28,926 36 | 60 14  |
| Urbano y costa         | 730 52    | 1 52   |
| Sin clasificar         | 829 04    | 1 72   |
| Agua                   | 288 32    | 0 60   |
| Total                  | 48,101 40 | 100 00 |

<sup>7</sup> Sobre uso: tierras en las cuales el uso excede su capacidad

**MAPA 4.**  
**Capacidad y conflicto de uso de la tierra, Cuenca del Río Barranca**

- Capacidad de uso, clases forestales
- Clase I - V
  - ▨ Clase VI
  - ▧ Clase VII
  - ▩ Clase VIII
- Conflicto de uso
- ▨ Cuerpos de agua
  - Sin Clasificar
  - ▨ Sobre uso
  - ▩ Uso comercio
  - ▩ Zona costera
- Limite de la cuenca
- ▩ Centros poblados
  - △ Ríos

**UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO**

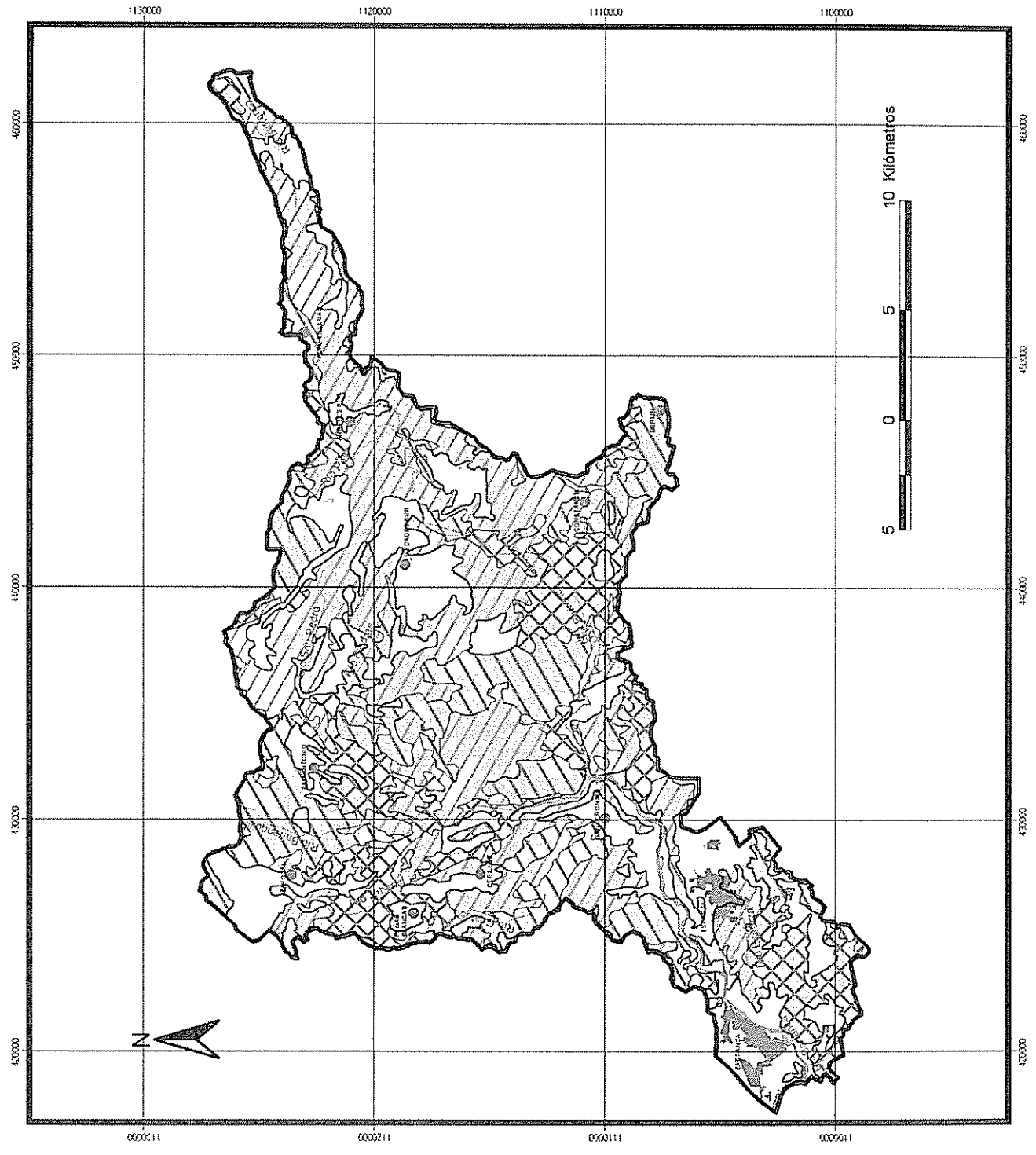


ESCALA DE PRESENTACION 1: 280.000  
 ESCALA DE TRABAJO 1: 20.000

PROTECCION COSTA RICA, INSTITUTO NACIONAL DE MERCADEROS  
 MERCADO CENTRAL, SA  
 FACTOR DE ESCALA 0,0098  
 ESTACION DE TRABAJO 000000  
 HORTICULTIVO 0

**CATIE**

**CENTRO AGRICOLA TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA**  
 Escuela de Pasadras  
 Area de Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas  
 Elaborado por: Jorge L. Cruz Bolaños  
 Numero 1, San José, Costa Rica, 2002



#### 4.4.2 Áreas Vulnerables a erosión y degradación

##### 4.4.2.1 Vulnerables a erosión

Aproximadamente 68% del área total de la cuenca está en grado de alta vulnerabilidad a erosión y 20% en vulnerabilidad media (Cuadro 27), en estas zonas predominan los pastos y bosques. Según Villa (1989) el 63% del área de la cuenca es afectada por erosión "pie de vaca con deslizamientos" y 18% por erosión laminar, situación que refleja la vulnerabilidad de la cuenca a procesos erosivos. En tal sentido, las áreas identificadas con alta vulnerabilidad a la erosión y que actualmente están cubiertas con bosque, son las que prioritariamente deben permanecer conservadas y protegidas, así como sus propietarios merecen internalizar los servicios que generan.

El Cuadro 27 relaciona las áreas vulnerables a erosión con los tipos de uso de la tierra en 1998, las celdas sombreadas corresponden a pastos y bosques que se encuentran en alta vulnerabilidad a este proceso, sin embargo, el riesgo de erosión en los bosques es menor que en las áreas de bosque, u otro tipo de uso.

**Cuadro 27 Extensión (ha) de los tipos de cobertura del año 1998 por grado de vulnerabilidad a erosión de las tierras en la cuenca del Río Barranca**

| Categorías de uso       | Vulnerabilidad a la erosión |       |         |       |                 |       | Total    |       |
|-------------------------|-----------------------------|-------|---------|-------|-----------------|-------|----------|-------|
|                         | Bajo                        |       | Media   |       | Alta            |       |          |       |
|                         | ha                          | %     | ha      | %     | ha              | %     | ha       | %     |
| Pastos                  | 2554,52                     | 5,31  | 4462,80 | 9,28  | <b>13782,64</b> | 28,65 | 20799,96 | 43,24 |
| Urbano                  | 592,76                      | 1,23  | 102,48  | 0,21  | 19,16           | 0,04  | 714,40   | 1,49  |
| Cuerpos de agua         | 283,56                      | 0,59  | 4,12    | 0,01  | 0,64            | 0,00  | 288,32   | 0,60  |
| Caña                    | 544,48                      | 1,13  | 370,76  | 0,77  | 1048,36         | 2,18  | 1963,60  | 4,08  |
| Café                    | 273,60                      | 0,57  | 723,20  | 1,50  | 3095,72         | 6,44  | 4092,52  | 8,51  |
| Frutales                | 183,08                      | 0,38  | 57,80   | 0,12  | 4,72            | 0,01  | 245,60   | 0,51  |
| Bosque                  | 866,76                      | 1,80  | 2583,56 | 5,37  | <b>12652,16</b> | 26,30 | 16102,48 | 33,48 |
| Tacotales               | 371,52                      | 0,77  | 673,56  | 1,40  | 1543,36         | 3,21  | 2588,44  | 5,38  |
| Plantaciones forestales | 127,48                      | 0,27  | 169,40  | 0,35  | 164,04          | 0,34  | 460,92   | 0,96  |
| Zona costera            | 16,12                       | 0,03  | 0,00    | 0,00  | 0,00            | 0,00  | 16,12    | 0,03  |
| Sin clasificar          | 1,40                        | 0,00  | 485,80  | 1,01  | 341,84          | 0,71  | 829,04   | 1,72  |
| Total general           | 5815,28                     | 12,09 | 9633,48 | 20,03 | 32652,64        | 67,88 | 48101,40 |       |

Las áreas vulnerables a la erosión que tienen poca o ninguna protección, se encuentran en estados erosivos más avanzados que aquellos terrenos con mejor cobertura. Esta

información se presenta en el Cuadro 28, en él se observa que aproximadamente el 50% de la cuenca se encuentra en un estado erosivo medio a grave, es en estas zonas, donde la cobertura de bosque es de gran importancia para proteger el suelo, entre otros recursos.

**Cuadro 28 Extensión de las tierras por estado erosivo en la cuenca del Río Barranca**

| Estado erosivo                            | Área (ha) | %      |
|---|-----------|--------|
| Bajo                                      | 22361,84  | 46,489 |
| Medio                                     | 9048,44   | 18,811 |
| Grave                                     | 14843,24  | 30,858 |
| Sin clasificar                            | 829,04    | 1,724  |
| Zonas urbanas, costeras y cuerpos de agua | 1018,84   | 2,118  |
| TOTAL                                     | 48101,4   | 100    |

#### **4.4.2.2 Vulnerabilidad a degradación**

Considerando como áreas vulnerables a degradación, a aquellas que se localizan en zonas de alta vulnerabilidad a erosión, con poca protección y además están siendo sobre utilizadas, en la cuenca 36% (Cuadro 29) del área total se encuentran zonas de alta vulnerabilidad a degradación. Estas tierras son prioritarias para el manejo y conservación de los recursos naturales, en las cuales es necesario la introducción de técnicas y practicas de manejo que coadyuven a reducir vulnerabilidad o recuperar a aquellas tierras que se encuentren en estados degradados. En el presente estudio, éstas no se tomaron en cuenta para los resultados de la evaluación de tierras ya que el alto grado de vulnerabilidad las hace prioritarias para PSA o recuperación de áreas degradadas. El Mapa 5 muestra la distribución espacial de estas áreas en la cuenca.

**Cuadro 29 Área (ha) por vulnerabilidad a degradación de las tierras en la cuenca del Río Barranca**

| Vulnerabilidad a degradación | Área (ha) | %      |
|------------------------------|-----------|--------|
| Urbana, agua y costa         | 1018,84   | 2,12   |
| Bajo                         | 28926,36  | 60,14  |
| Medio                        | 172,28    | 0,36   |
| Alto                         | 17154,88  | 35,66  |
| sin clasificar               | 829,04    | 1,72   |
| Total                        | 48101,4   | 100,00 |

**MAPA 5.**  
**AREAS VULNERABLES A DEGRADACION POR EROSION, CUENCA DEL RIO BARRANCA**

**Leyenda**

- Baja
- Media
- Alta
- Sin clasificar
- Limite de la cuenca
- Centros poblados
- Ríos

**UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO**

Cuenca del Rio Barranca

ESCALA DE REPRESENTACION 1:250.000  
 ESCALA DE TRABAJO 1:20.000

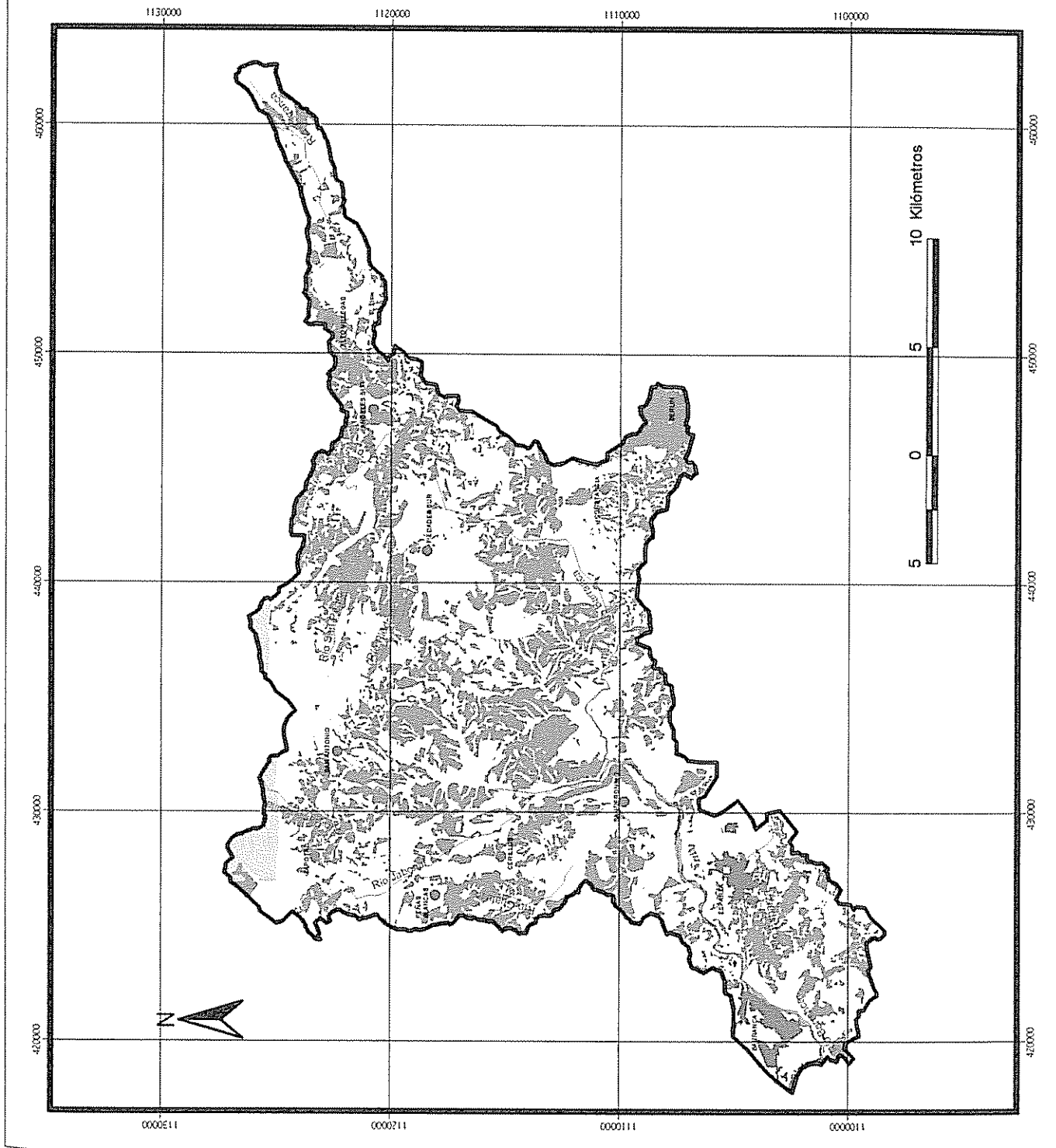
PROTECCION COSTA RICA, INSTITUCIONAL DE REPARACION  
 MERRIAM CORTALBA, RA  
 ESTEFANO VARGAS  
 FACULTAD DE CIENCIAS  
 NOROCCIDENTAL

**CATIE**

**CENTRO AUTONOMO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA**

Escuela de Postgrado  
 Area de Manejo Integrado de Cuencas Hídricas

Elaborado por: Jorge L. Cruz Bolaños  
 Turbata, Costa Rica, Diciembre 2002





El Cuadro 30 relaciona el grado de vulnerabilidad de las tierras con el uso actual, en tal sentido, en el alto grado de vulnerabilidad de las tierras predominan los pastos, cuya área es de 14.906 ha equivalente al 31% de la cuenca, 87% de las áreas altamente vulnerables y 72% de los pastos en la cuenca. Estos resultados y los presentados anteriormente, confirman que los pastos son la categoría de uso a la cual debe dedicarse mas atención.

**Cuadro 30 Tipo de cobertura por grado de vulnerabilidad a degradación de las tierras en la cuenca del Río Barranca**

| Categorías de uso       | Zona urbana, costas y agua | Grado de vulnerabilidad a degradación |        |           | Sin clasificar | Total (ha) |
|-------------------------|----------------------------|---------------------------------------|--------|-----------|----------------|------------|
|                         |                            | Bajo                                  | Medio  | Alto      |                |            |
| Pasto                   |                            | 5 685,96                              | 88,56  | 15 025,44 |                | 20 799,96  |
| Urbano                  | 714,40                     |                                       |        |           |                | 714,4      |
| Cuerpo de Agua          | 288,32                     |                                       |        |           |                | 288,32     |
| Caña                    |                            | 876,92                                | 6,24   | 1 080,44  |                | 1963,6     |
| Café                    |                            | 3 232,12                              |        | 860,40    |                | 4 092,52   |
| Frutales                |                            | 208,36                                | 2 08   | 35,16     |                | 245,6      |
| Bosque                  |                            | 16 102,48                             |        |           |                | 16 102,48  |
| Tacolales               |                            | 2 576,20                              |        |           |                | 2 588,44   |
| Plantaciones forestales |                            | 244,32                                | 75,40  | 141,20    |                | 460,92     |
| Zona costera            | 16,12                      |                                       |        |           |                | 16,12      |
| Sin clasificar          |                            |                                       |        |           | 829,04         | 829,04     |
| Total (ha)              | 1 018,84                   | 28 926,36                             | 172,28 | 17 154,88 | 829,04         | 48 101,40  |
| %                       | 2,12                       | 60,14                                 | 0,36   | 35,66     | 1,72           |            |

Camargo (2001) evaluó la degradación de pasturas al nivel de finca en la parte media-baja de la cuenca, usando cuatro niveles de degradación, esos resultados (mapas digitales) se compararon con los mapas de vulnerabilidad a degradación obtenidos en el presente estudio. No obstante, dada la diferencia del número de clases utilizadas por Camargo (2001) (cuatro clases) y el presente estudio (tres clases), se agruparon en bajo (1 y 2) y alto (3 y 4) ambas clasificaciones, las cuales no mostraron diferencia significativa ( $Pr > \text{ChiSq} = 0.11$ ) entre los niveles de vulnerabilidad a degradación de este estudio y los niveles de degradación de pasturas estimados.

Los pastos ocupan cerca del 87% de las tierras con alto grado de vulnerabilidad a degradación (Cuadro 30), situación que podría estar incidiendo en la degradación de las pasturas, las tierras y la producción de los sistemas productivos, esta relación (degradación de pasturas - vulnerabilidad a degradación) se hace sobre la base de que no

se encontró diferencia significativa ( $Pr > \text{ChiSq} = 0.11$ ) entre la degradación de pasturas Camargo (2001) y la vulnerabilidad a degradación.

#### 4.4.3 Pago de servicios ambientales

Según el Cuadro 27 aproximadamente 12.652 ha de bosque se encuentran en tierras con alta vulnerabilidad a erosión, éstos, además de brindar otros servicios, protegen el suelo contra la erosión, por lo tanto, se proponen para el pago de servicios ambientales, sin embargo conservarlos representa US\$ 0,5 millones anuales, cinco veces más la inversión actual en este rubro en la cuenca, por consiguiente, es necesario considerar otras fuentes locales para la conservación de estas áreas.

En el Cuadro 31 se compara la tarifa actual de PSA que ofrece el Estado por la protección de bosques con un monto estimado en función de fijación de CO<sub>2</sub> y regulación de agua.

**Cuadro 31** Parámetros micro-económicos por ha por pago de servicios ambientales en dos modalidades






| Parámetro Micro económico               | PSA actual |
|---|------------|
| Valor presente neto (US\$) <sup>a</sup> | 85,13      |
| Tasa Interna de retorno (%)             | 36,59      |
| Relación Beneficio-Costo                | 1,4        |

Si se comparan los parámetros microeconómicos del PSA actual (Cuadro 31) y la actividad ganadera de doble propósito con carga animal de 1UA ha<sup>-1</sup> (Cuadro 38), el valor presente neto de la actividad ganadera es mayor que el PSA que actualmente paga el Estado. Esta situación pone en riesgo la conservación de la masa boscosa remanente e incrementa la vulnerabilidad económica de sus propietarios, quienes no pueden cambiar el uso por normas legales. El Mapa 6 presenta las tierras con bosque potencial para pago de servicios ambientales y las áreas que actualmente están bajo PSA.

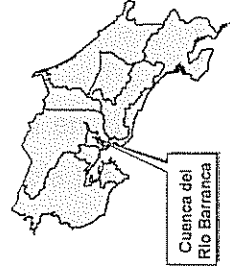
<sup>a</sup> Tipo de cambio utilizado US\$ 1 = 360 colones

# Mapa 6

## AREAS CON PSA ACTUAL Y OTRAS CUBIERTAS DE BOSQUE, PRIORITARIAS PARA PSA, CUENCA DEL RIO BARRANCA

-  Bosque
-  Areas con PSA  
de servicios ambientales
-  Limite de la cuenca
-  Centros poblados
-  Rios

### UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO



ESCALA DE PRESENTACION 1: 200 000  
ESCALA DE TRABAJO 1: 20 000

PROYECCION: COORDENADAS UTM  
ESCALA: UTM  
MERIDIANO CENTRAL: 84  
FAZCULO: 18Q  
ESTRATICO: 6000  
NORTEADA: 8

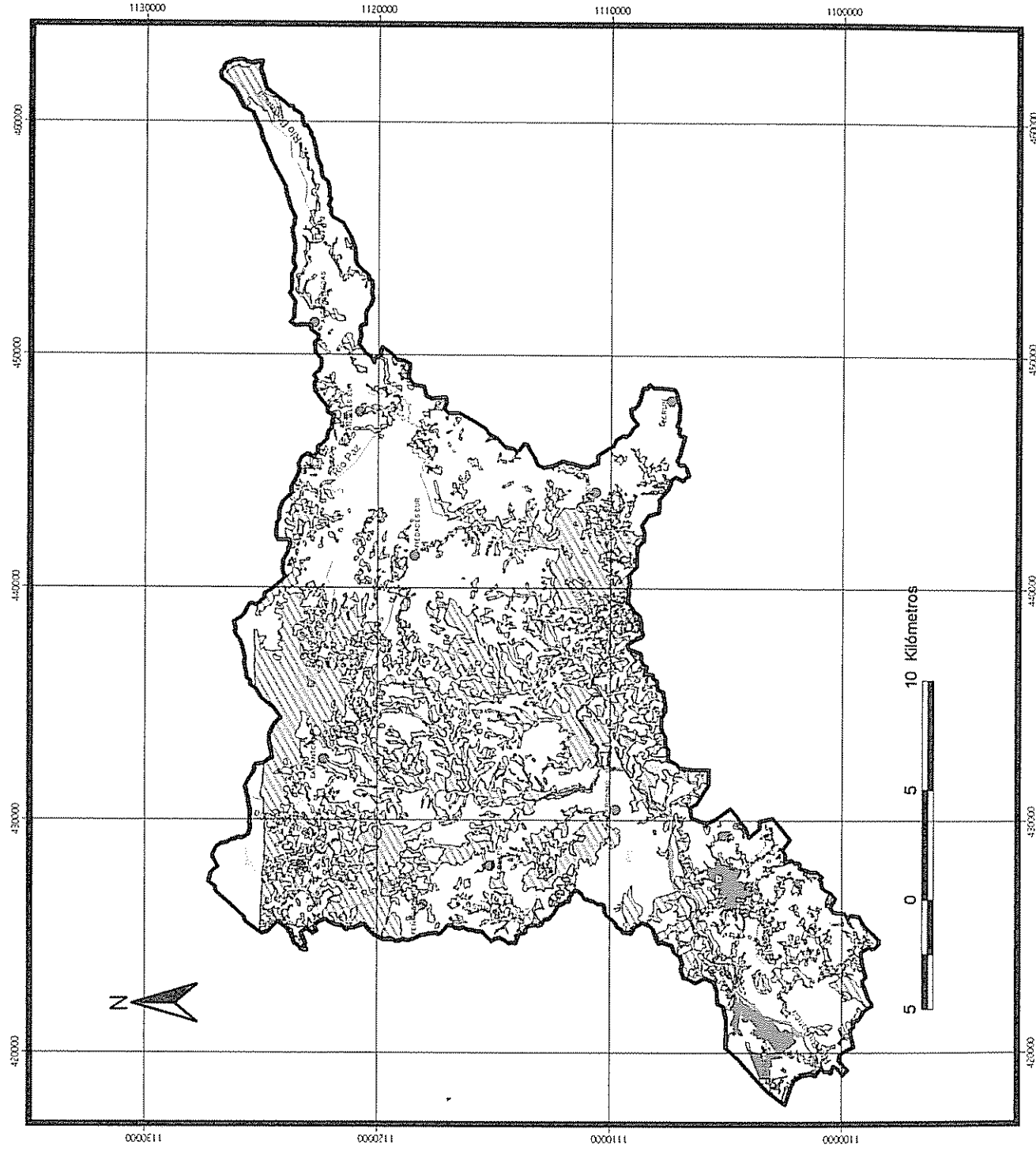
# CATIE

CENTRO AGRONOMO TROPICAL  
DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA

Escuela de Posgraduados  
Area de Manejo Integrado de Cuencas Hidrograficas

Elaborado por: Jorge L. Cruz Bolaños

Guatemala, Sept. del 2002



#### 4.4.4 Ganadería Doble propósito

##### 4.4.4.1 Aptitud física

La respuesta de las tierras a este TUT se presenta en los cuadros del 32 al 36, en los cuales se relaciona la aptitud a la ganadería de doble propósito con el uso actual, áreas vulnerables a erosión y degradación, con el objeto de estimar el área efectiva, la cual fue calculada restando del área total con aptitud las áreas aptas localizadas en alto grado de vulnerabilidad a degradación y el área con bosque. Los resultados muestran que cerca del 46% de tierras, son aptas para la ganadería de doble propósito, sin embargo, el área efectiva para esta actividad corresponde al 22% del área total de la cuenca, ya que algunas tierras que mostraron aptitud, presentan cobertura de bosque, zonas urbanas o se localizan en zonas de alta vulnerabilidad a degradación.

Del área que actualmente mantiene cobertura de pastos en la cuenca, aproximadamente el 49% mostró aptitud para desarrollar actividades ganaderas de doble propósito, estos y otros datos se presentan en el Cuadro 32, en él, se muestra el tipo de uso que actualmente tienen las tierras que mostraron aptitud a este TUT, por ejemplo de las tierras que mostraron ser aptas ( $A_1$ ) 103 ha están en uso urbano, 848 en caña, 1900 en café, etc.

**Cuadro 32 Categorías de uso al año 1998 por niveles de aptitud física para ganadería de doble propósito, en la cuenca del Río Barranca**

| Categorías de uso de 1998 | Niveles de aptitud física |          |          |           | Total<br>ha | Apta<br>ha | No Apta<br>Ha |
|---------------------------|---------------------------|----------|----------|-----------|-------------|------------|---------------|
|                           | $A_1$                     | $A_2$    | $A_3$    | $A_4$     |             |            |               |
| Pastos                    | 6 375,52                  | 3 317,36 | 654,76   | 10 452,56 | 20 799,96   | 10 347,40  | 10 442 92     |
| Urbano                    | 103,20                    | 610,64   | -        | 0,56      | 714,40      | -          | 714,40        |
| Cuerpos de agua           | 150,72                    | 137,36   | -        | 0,24      | 288,32      | -          | 288,32        |
| Caña                      | 848,52                    | 371,44   | 82,24    | 661,40    | 1 963,60    | 1 302,20   | 661,40        |
| Café                      | 1 898,08                  | 66,88    | 24,44    | 2 103,12  | 4 092,52    | 1 989,40   | 2 103,12      |
| Frutales                  | 154,44                    | 86,44    | -        | 4,72      | 245,60      | 240,88     | 4,72          |
| Bosque                    | 2 758,64                  | 1 500,84 | 423,40   | 11 419,60 | 16 102,48   | -          | 16 102,48     |
| Tacotales                 | 836,32                    | 585,32   | 5,60     | 1 161,20  | 2 5788,44   | 1 427,24   | 1 161,20      |
| Plantaciones forestales   | 393,16                    | 21,76    | -        | 46,00     | 460,92      | 414,92     | 46,00         |
| Zona costera              | -                         | 16,12    | -        | -         | 16,12       | -          | 16,12         |
| Sin clasificar            | 343,96                    | 101,96   | 38,08    | 345,04    | 829,04      | -          | 829,04        |
| Área total (ha)           | 13 862,56                 | 6 16,12  | 1 228,28 | 26 194,44 | 48 101,40   | 15 722,04  | 32 379,36     |
| Área efectiva (ha)        | 10 506,04                 | 4 449,20 | 766,80   | 42 811,36 |             | 32,69      | 67,31         |

Aptitud:  $A_1$ : Apta  $A_2$ : Moderadamente apta  $A_3$ : Marginalmente apta  $A_4$ : No apta

Las tierras que mostraron aptitud, se encuentran en diferente nivel de riesgo a erosión, estado erosivo y vulnerabilidad a degradación, como se presenta en los cuadros 33 al 35.

Aproximadamente el 24% de tierras que mostraron aptitud física para ganadería de doble propósito, se localizan en áreas alta vulnerabilidad a degradación, lo cual parece indicar que este porcentaje está siendo sobre utilizado, esto pareciera contradecir los resultados obtenidos en la evaluación, sin embargo, se debe a la diferencia de escala utilizada para identificar la vulnerabilidad a degradación (1:20.000) y para definir las unidades cartográficas en la evaluación (1:200.000 - 1:50.000). Este cotejo (aptitud tierras versus vulnerabilidad a degradación) esquematizado en la Figura 10, pretende precisar la estimación de áreas efectivas para ganadería de doble propósito, así como identificar a aquellas que merecen atención para su manejo y conservación.

**Cuadro 33 Extensiones de tierras (ha) por niveles de aptitud y riesgos de erosión en la cuenca del Río Barranca**

| Riesgo de erosión | A <sub>1</sub> | A <sub>2</sub> | A <sub>3</sub> | A <sub>4</sub> | Total (ha) |
|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------|
| Bajo              | 2870,68        | 2884,32        | 0              | 60,28          | 5815,28    |
| Medio             | 5293,76        | 3627,48        | 291,24         | 421            | 9633,48    |
| Alto              | 5698,12        | 304,32         | 937,04         | 25713,16       | 32652,64   |
| Total (ha)        | 13862,56       | 6816,12        | 1228,28        | 26194,44       | 48101,4    |

Aptitud: A<sub>1</sub>: Apta A<sub>2</sub>: Moderadamente apta A<sub>3</sub>: Marginalmente apta A<sub>4</sub>: No apta

**Cuadro 34 Niveles de aptitud física por estados erosivos de las tierras (ha)**

| Estados erosivos       | Niveles de aptitud física |                |                |                | Total por estado erosivo (ha) |
|------------------------|---------------------------|----------------|----------------|----------------|-------------------------------|
|                        | A <sub>1</sub>            | A <sub>2</sub> | A <sub>3</sub> | A <sub>4</sub> |                               |
| Urbana, agua y costa   | 253,92                    | 764,12         | 0              | 0,8            | 1018,84                       |
| Bajo                   | 5594,28                   | 3713           | 429            | 12625,6        | 22361,84                      |
| Medio                  | 4522,68                   | 2068,92        | 164,92         | 2291,92        | 9048,44                       |
| Alto                   | 3147,72                   | 168,12         | 596,28         | 10931,1        | 14843,24                      |
| Sin clasificar         | 343,96                    | 101,96         | 38,08          | 345,04         | 829,04                        |
| Total por aptitud (ha) | 13862,6                   | 6816,12        | 1228,28        | 26194,4        | 48101,4                       |
| Total (%)              | 28,82                     | 14,17          | 2,55           | 54,46          |                               |

Aptitud: A<sub>1</sub>: Apta A<sub>2</sub>: Moderadamente apta A<sub>3</sub>: Marginalmente apta A<sub>4</sub>: No apta

A pesar que el 46% (21.907 ha) del área de la cuenca es apta para explotaciones ganaderas de doble propósito, únicamente el 48% (10.436 ha) de ésta puede ser utilizada

para tal fin, ya que el resto mantiene cubierta forestal, se localiza en zonas de alta vulnerabilidad a degradación o en zonas urbanas.

Cuadro 35 Áreas (ha) de aptitud física por vulnerabilidad a degradación de tierras

| Vulnerabilidad               | Aptitud                          | Niveles de aptitud física |                |                |                | Área (ha) | Área (%) |
|------------------------------|----------------------------------|---------------------------|----------------|----------------|----------------|-----------|----------|
|                              |                                  | A <sub>1</sub>            | A <sub>2</sub> | A <sub>3</sub> | A <sub>4</sub> |           |          |
| vulnerabilidad a degradación | Cuerpos de agua y zonas Costeras | 253,92                    | 764,12         | 0              | 0,8            | 1018,84   | 2,12     |
|                              | Bajo                             | 9673,4                    | 4219,88        | 1053,68        | 13979,4        | 28926,36  | 60,14    |
|                              | Medio                            | 79,04                     | 93,24          | 0              | 0              | 172,28    | 0,36     |
|                              | Alto                             | 3512,24                   | 1636,92        | 136,52         | 11869,2        | 17154,88  | 35,66    |
|                              | Sin clasificar                   | 343,96                    | 101,96         | 38,08          | 345,04         | 829,04    | 1,72     |
|                              | Área total (ha)                  | 13862,56                  | 6816,12        | 1228,28        | 26194,44       | 48101,4   |          |
| Área total(%)                | 28,82                            | 14,17                     | 2,55           | 54,46          |                |           |          |

A<sub>1</sub>: Apto; A<sub>2</sub>: Moderadamente apto; A<sub>3</sub>: Marginalmente apto; A<sub>4</sub>: No apto

Cuadro 36. Extensión de tierras (ha) por aptitud a ganadería de doble propósito por carga animal (UA.ha<sup>-1</sup>) y vulnerabilidad a degradación

| Vulnerabilidad a Degradación           | Carga animal | Aptitud física |                |                |                | Área total general |       |
|--|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------------|-------|
|  |              | A <sub>1</sub> | A <sub>2</sub> | A <sub>3</sub> | A <sub>4</sub> | ha                 | %     |
| Zona costera, urbana y cuerpos de agua |              |                |                |                |                | 1018,84            | 2,12  |
| Bajo                                   | 0            | 344,64         | 851,12         | 34,88          | 13684,6        | 14915,24           | 31,01 |
|  | 1            | 1463,2         | 5,48           | 93,28          | 0              | 1561,96            | 3,25  |
|  | 2            | 3054,32        | 468,2          | 315,08         | 131,2          | 3968,8             | 8,25  |
|  | 3            | 1404,16        | 759,24         | 610,44         | 104,72         | 2878,56            | 5,98  |
|  | 4            | 3407,08        | 2135,84        | 0              | 58,88          | 5601,8             | 11,65 |
| Total nivel bajo                       |              | 9673,4         | 4219,88        | 1053,68        | 13979,4        | 28926,36           | 60,14 |
| Medio                                  | 3            | 78,88          | 63,28          | 0              | 0              | 142,16             | 0,30  |
|  | 4            | 0,16           | 29,96          | 0              | 0              | 30,12              | 0,06  |
| Total medio                            |              | 79,04          | 93,24          | 0              | 0              | 172,28             | 0,36  |
| Alto                                   | 0            | 172,92         | 831,56         | 40,68          | 11739,32       | 12784,48           | 26,58 |
|  | 1            | 2215,08        | 7,32           | 95,84          | 0              | 2318,24            | 4,82  |
|  | 2            | 787,64         | 798            | 0              | 0              | 1585,64            | 3,30  |
|  | 3            | 336,6          | 0,04           | 0              | 129,88         | 466,52             | 0,97  |
| Total 3                                |              | 3512,24        | 1636,92        | 136,52         | 11869,2        | 17154,88           | 35,66 |
| Sin clasificar                         |              | 343,96         | 101,96         | 38,08          | 345,04         | 829,04             | 1,72  |
| Total general                          | 0            | 13862,56       | 6816,12        | 1228,28        | 26194,44       | 48101,4            |       |

Aptitud: A<sub>1</sub>: Apta A<sub>2</sub>: Moderadamente apta A<sub>3</sub>: Marginalmente apta A<sub>4</sub>: No apta

El cuadro 36 muestra las tierras por aptitud a ganadería de doble propósito, según el grado de vulnerabilidad a degradación y carga animal. En áreas con baja vulnerabilidad a degradación, la mayor carga animal ( $4 \text{ UA} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) se presenta en tierras aptas y moderadamente aptas, mientras que en tierras no aptas la carga animal es nula. En tierras con alta vulnerabilidad, la mayor extensión corresponde a carga animal nula. Las tierras que mostraron aptitud a este tipo de uso y son altamente vulnerables a degradación, deben ser consideradas para manejo especial, dependiendo el estado de las mismas. Cabe destacar, que la carga animal a que se refieren estos resultados, corresponde a la que soportarían las tierras en función de la pendiente, según consulta a técnicos y productores.

Las áreas por niveles de aptitud a este TUT se presentan en el Mapa 7.

#### 4.4.4.2 Parámetros micro-económicos

Como puede apreciarse en el Cuadro 37 aproximadamente el 58% del área de la cuenca no permite ninguna unidad animal por ha, y aproximadamente el 54% de la extensión total no es apta físicamente para ganadería de doble propósito.

**Cuadro 37 Extensión (ha) por niveles de aptitud física y carga animal para ganadería de doble propósito en la cuenca del Río Barranca**

|                                     |       | Aptitud Física |                |                |                | Total    |       |
|-------------------------------------|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-------|
|                                     |       | A <sub>1</sub> | A <sub>2</sub> | A <sub>3</sub> | A <sub>4</sub> | ha       | %     |
| Carga Animal<br>UA ha <sup>-1</sup> | 0     | 517,76         | 1 693,92       | 75,56          | 25 756,24      | 28043,48 | 58,30 |
|                                     | 0 a 1 | 3 816,56       | 27,92          | 222,56         | 0              | 4067,04  | 8,45  |
|                                     | 1     | 3 848,44       | 1 358,44       | 315,08         | 131,2          | 5653,16  | 11,75 |
|                                     | 2     | 2030,8         | 909,52         | 615,16         | 247,76         | 3803,24  | 7,91  |
|                                     | 3     | 3649,4         | 2 826,76       | 0              | 60,32          | 6536,48  | 13,59 |
| Área<br>total                       | ha    | 13 862,96      | 6 816,56       | 1228,36        | 26 195,52      | 48103,4  |       |
|                                     | %     | 28,82          | 14,17          | 2,55           | 54,46          |          |       |

Aptitud: A<sub>1</sub>: Apta A<sub>2</sub>: Moderadamente apta A<sub>3</sub>: Marginalmente apta A<sub>4</sub>: No apta

Cerca del 46% de tierras son aptas para la ganadería de doble propósito, pero representan ingresos positivos cuando la carga animal supera  $0.5 \text{ UA} \cdot \text{ha}^{-1}$  (Cuadro 38). La carga animal que se presenta en la Figura 15 corresponde al cantón de Esparza, la cual muestra

que el 17% de productores tienen cargas menores a 0,5 mientras que el 55% están entre 0,5 a 1,5 UA ha<sup>-1</sup>.

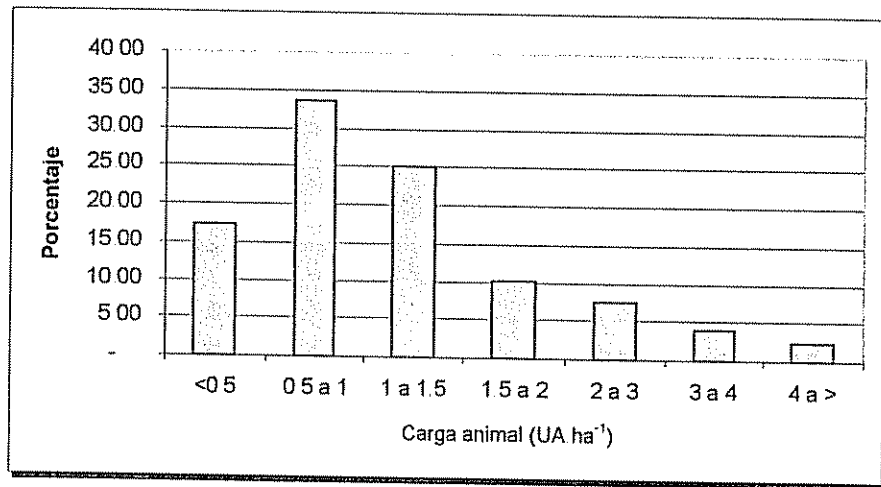


Figura 15. Comportamiento de la carga animal en el cantón de Esparza, Costa Rica (Fuente: Censo ganadero, 2000)

Cargas animales mayores de 1, representan mejores ingresos, sin embargo, la sequía, la falta de pastos mejorados, aunado a otros factores socioeconómicos, impiden incrementar la carga animal en las unidades de producción. Como se muestra en la Figura 15, las cargas iguales o mayores de 2 UA ha<sup>-1</sup>, son encontrados en menos del 15% de los productores de la zona.

Cuadro 38 Parámetros micro-económicos por carga animal en ganadería de doble propósito

| Carga animal<br>(UA ha <sup>-1</sup> ) | Parámetros microeconómicos   |                   |         |
|--|------------------------------|-------------------|---------|
|  | VPN (US\$ Ha <sup>-1</sup> ) | Beneficio - Costo | TIR (%) |
| 0                                      | 0                            | 0                 | 0       |
| 0,5                                    | -80,35                       | 0,95              | 3,63    |
| 0,75                                   | 245,64                       | 1,11              | 11,03   |
| 1                                      | 579,92                       | 1,22              | 15,09   |
| 2                                      | 1700,17                      | 1,36              | 19,86   |
| 3                                      | 2777,66                      | 1,41              | 21,31   |







VPN : Valor presente neto B/C: Relación beneficio costo TIR: Tasa interna de retorno

El Mapa 7 muestra la distribución de las áreas con aptitud para este tipo de uso en la cuenca.

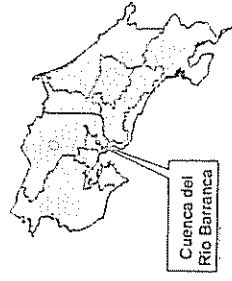


# Mapa 7

## Tierras con aptitud para ganadería de doble proposito

- Aptitud**
-  Apto
  -  Moderadamente apto
  -  Marginalmente apto
  -  No apto
- Limite de la cuenca**
-  Centros poblados
  -  Rios

### UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO



ESCALA DE PRESENTACION 1: 250 000  
ESCALA DE TRAZADO 1: 20 000

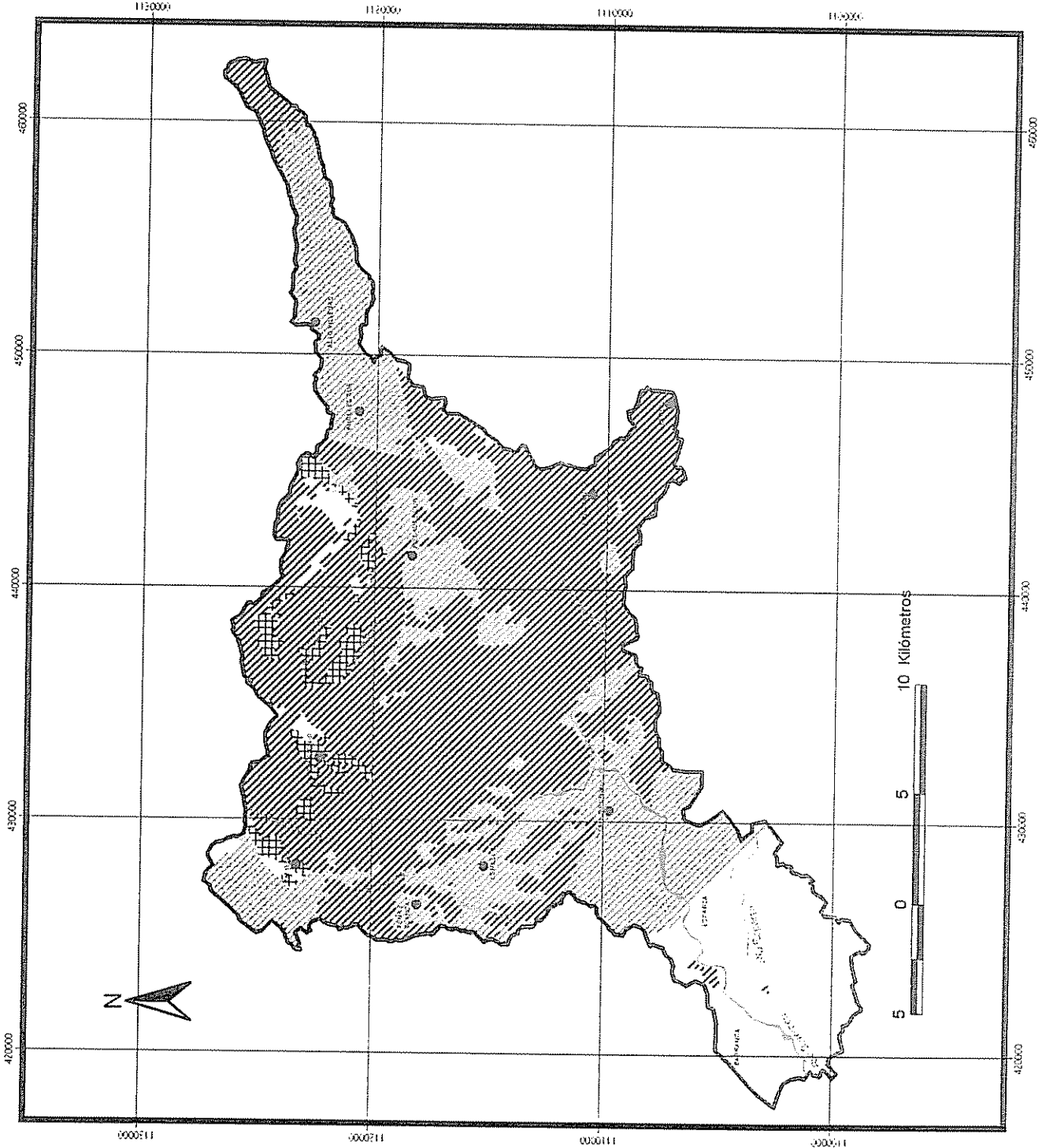
PROYECCION COORDENADA UNIVERSAL DE MERCATOR  
ELABORACION DE LA CARTA DIGITAL EN EL  
LABORATORIO CENTRAL DE SISTEMAS DE INFORMACION  
FACULTAD DE CIENCIAS Y EDUCACION  
UNIVERSIDAD DE GUATEMALA



CENTRO AMERICANO DE INVESTIGACION Y ENSeÑANZA  
Escuela de Pasagrasados

Area de Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas

Elaborado por: Jorge L. Cruz Bohales  
enero de 2008



#### 4.4.5 Ganadería de Leche

##### 4.4.5.1 Aptitud física

Aproximadamente el 21% (Cuadro 39) de las tierras de la cuenca mostraron aptitud para explotación lechera, las áreas se localizan principalmente en la parte alta y media alta de la cuenca como se muestra en el Mapa 8, no obstante, considerando las áreas con aptitud que se encuentran en zonas de alta vulnerabilidad (2194 ha = 21%), zonas urbanas y sin clasificar (499 ha = 5%) y zonas con bosque (1899 ha = 18%), las áreas efectivas para este uso son del orden de 5.653 ha equivalente al 56% del total que mostró aptitud para este tipo de explotación (Cuadro 41).

**Cuadro 39 Áreas (ha) por aptitud física a ganadería de leche en la cuenca del Río Barranca**

| Aptitud        | Vulnerabilidad a degradación |           |        |           |                | Total     |        |
|----------------|------------------------------|-----------|--------|-----------|----------------|-----------|--------|
|                | Urbano-Agua                  | Baja      | Media  | Alta      | Sin clasificar | ha        | %      |
| A <sub>1</sub> | 18,40                        | 6 034,16  | 0,08   | 2 050,64  | 358,48         | 8 461,76  | 17,59  |
| A <sub>2</sub> | 10,92                        | 644,80    | -      | 7,32      | 76,04          | 739,08    | 1,54   |
| A <sub>3</sub> | -                            | 873,60    | -      | 136,52    | 64,00          | 1,074,12  | 2,23   |
| A <sub>4</sub> | 989,52                       | 21 373,80 | 172,20 | 14 960,40 | 330,52         | 37 826,44 | 78,64  |
| Total          | 1 018,84                     | 28 926,36 | 172,28 | 17 154,88 | 829,04         | 48 101,40 | 100,00 |








Aptitud: A<sub>1</sub>: Apta A<sub>2</sub>: Moderadamente apta A<sub>3</sub>: Marginalmente apta A<sub>4</sub>: No apta

**Cuadro 40 Áreas de aptitud para ganadería lechera y uso actual en la cuenca del Río Barranca**

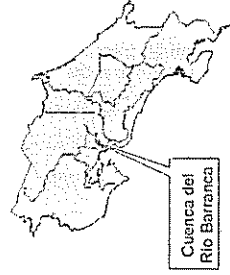
| Categorías de uso actual | Aptitud   |          | Total general (ha) |
|--------------------------|-----------|----------|--------------------|
|                          | No apto   | Apto     |                    |
| Pastos                   | 16 097,08 | 4 702,88 | 20 799,96          |
| Urbano                   | 714,40    | -        | 714,40             |
| Cuerpos de agua          | 288,32    | -        | 288,32             |
| Caña                     | 1 154,64  | 808,96   | 1 963,60           |
| Café                     | 2,054,80  | 2,037,72 | 4,092,52           |
| Frutales                 | 245,60    | -        | 245,60             |
| Bosque                   | 16 102,48 | -        | 16 102,48          |
| Tacotales                | 2 290,00  | 298,44   | 2 588,44           |
| Plantaciones forestales  | 460,72    | 0,20     | 460,92             |
| Zona costera             | 16,12     | -        | 16,12              |
| Sin clasificar           | 829,04    | -        | 829,04             |
| Área total (ha)          | 37 826,44 | 7 848,20 | 48 101,40          |

# Mapa 8

**Aptitud física de las tierras a ganadería de leche, cuenca del Río Barranca**

- Aptitud**
-  Apto
  -  Moderadamente apto
  -  Marginalmente apto
  -  No apto
  -  Limite de la cuenca
  -  Centros poblados
  -  Rios

UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO



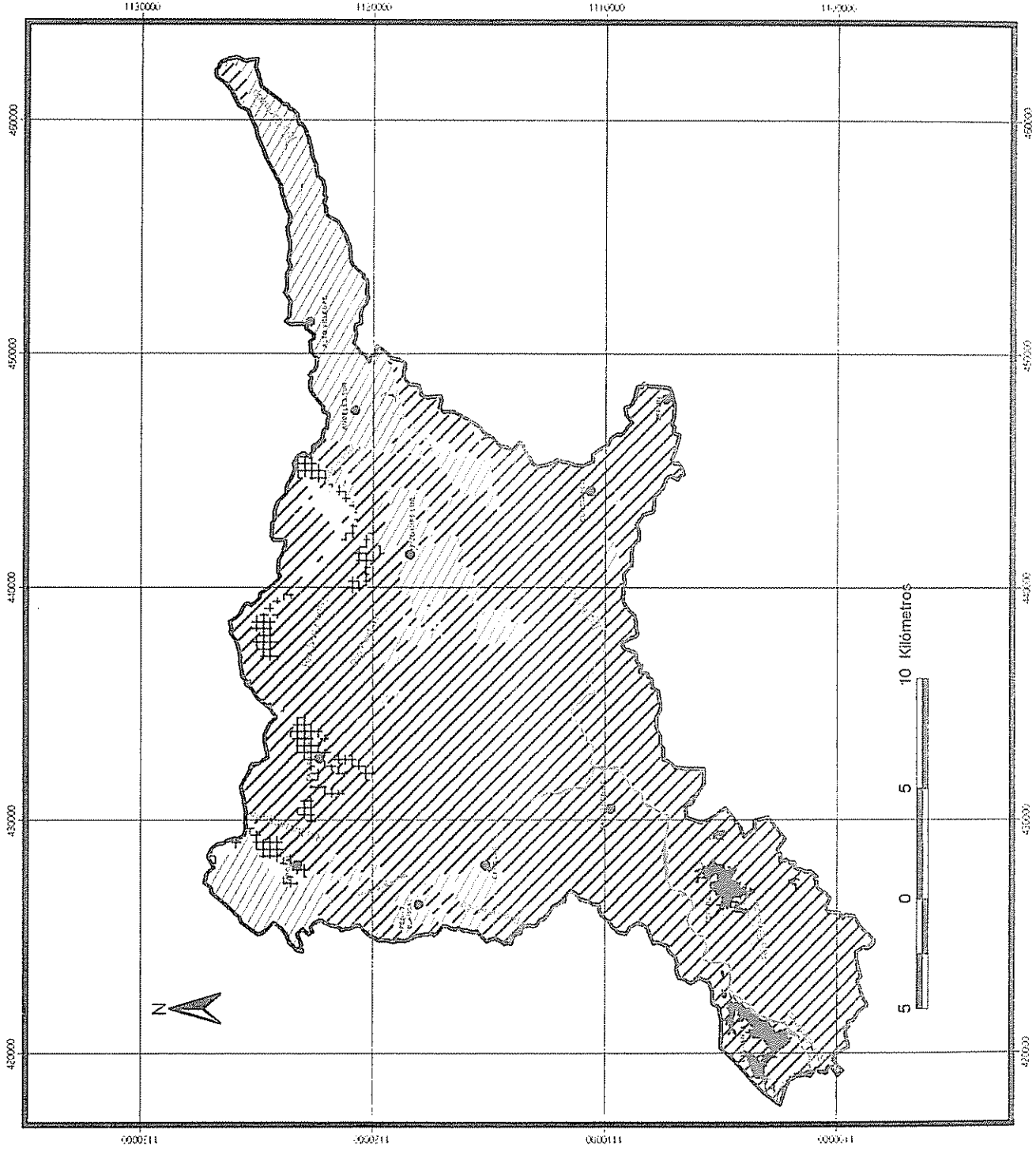
ESCALA DE PRESENTACION 1: 200 000  
ESCALA DE TRABAJO 1: 20 000

PROYECCION: COORDENADA TRANSVERSAL DE MERCATOR  
ESFERA: WGS 84  
FACTOR DE REDUCCION: 0.5  
ESPECIALIDAD: SIG  
NOVIEMBRE 2007

**CATIE**

**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y EFICIENCIA**  
Escuela de Pastoralistas

Área de Manejo Integrado de Cuenca Hidrográfica  
Elaborado por: Jorge L. Cruz Beltrán  
Lima, Perú, 2007



**Cuadro 41 Extensiones (ha) aptas para producción lechera en la cuenca del Río Barranca**

|         | Efectiva  | Degradación | En otras áreas y bosques |           |
|---------|-----------|-------------|--------------------------|-----------|
|         |           |             |                          |           |
| Apta    | 5 653,00  | 2 194,48    | 18899,64                 | 10 274,96 |
| No apta | 22 535,52 | 14 960,40   | 330,52                   | 37 826,44 |

Los parámetros microeconómicos estimados para este tipo de explotación (Cuadro 42) muestran que tanto el valor presente neto y otros indicadores aun no superan a los estimados para el cultivo de la caña de azúcar, en tanto que comparados con la ganadería de doble propósito, éstos son menores a los que se obtuvieron con 3UA ha<sup>-1</sup>. Este tipo de ganadería requiere de ganado especializado, alimentación adecuada, así como una inversión fuerte al inicio en equipo y maquinaria. El Mapa 8 muestra las tierras aptas para desarrollar este tipo de uso.

**Cuadro 42 Indicadores micro-económicos estimados para tierras muy aptas para ganadería de leche utilizando una carga animal de 3UA ha<sup>-1</sup>**

| Aptitud física | Parámetros Microeconómicos |              |                 |       |
|----------------|----------------------------|--------------|-----------------|-------|
|                | Valor presente neto        | Margen bruto | Beneficio/Costo | TIR   |
| Apta           | 1 235,00                   | 429,00       | 1,00            | 10,00 |

#### 4.4.6 Caña de azúcar

##### 4.4.6.1 Aptitud física

Aproximadamente 27% (13,138 ha) del área de la cuenca es apta para el cultivo de caña de azúcar, sin embargo, en la evaluación, ninguna unidad cartográfica mostró aptitud de primer orden ( $A_1$  = apta), debido a limitantes como: fertilidad de suelos, el clima y riesgos a erosión.

De las tierras aptas para este cultivo, aproximadamente el 5% (celdas sombreada del Cuadro 43) están siendo cultivadas actualmente con caña, y 66% (1299 ha) del cultivo de caña se encuentra en tierras no aptas, además el 26% de tierras identificadas con mediana ( $A_2$ ) y regular ( $A_3$ ) aptitud en esta evaluación, están en conflicto de uso, esto se debe a que la identificación de conflictos de uso se hizo a una mayor escala que la evaluación, por tanto, este cotejo aproxima de mejor manera la extensión de tierras aptas.

**Cuadro 43 Extensiones por aptitud para el cultivo de caña de azúcar y uso actual en la cuenca del Río Barranca**

| Categoría de Uso 1998   | Aptitud física |                |                | Total (ha) |
|-------------------------|----------------|----------------|----------------|------------|
|                         | A <sub>2</sub> | A <sub>3</sub> | A <sub>4</sub> |            |
| Pastos                  | 3 817,84       | 2 166,28       | 14 815,84      | 20 799,96  |
| Urbano                  | 295,96         | 362,64         | 55,80          | 714,40     |
| Cuerpos de agua         | 211,16         | 76,52          | 0,64           | 288,32     |
| Caña                    | 348,40         | 315,68         | 1 299,52       | 1 963,6    |
| Café                    | 206,24         | 702,76         | 3 183,52       | 4 092,52   |
| Frutales                | 232,96         | 7,92           | 4,72           | 245,60     |
| Bosque                  | 1 975,56       | 953,80         | 13 173,12      | 16 102,48  |
| Tacotales               | 841,76         | 325,00         | 1 421,68       | 2 588,44   |
| Plantaciones forestales | 296,88         | -              | 164,04         | 460,92     |
| Zona costera            | -              | 0,52           | 15,60          | 16,12      |
| Sin clasificar          | -              | -              | 829,04         | 829,04     |
| Area total (ha)         | 8 226,76       | 4 911,12       | 34 963,52      | 48 101,40  |

Aptitud: A<sub>1</sub>: Apta A<sub>2</sub>: Moderadamente apta A<sub>3</sub>: Marginalmente apta A<sub>4</sub>: No apta

**Cuadro 44 Extensiones (ha) por aptitud física al cultivo de caña de azúcar y grados de vulnerabilidad de degradación en la cuenca del Río Barranca**

| APTITUD | Vulnerabilidad a degradación |           |        |           |                | Total (Ha) |
|---------|------------------------------|-----------|--------|-----------|----------------|------------|
|         | Urbano-agua                  | Baja      | Media  | Alta      | Sin Clasificar |            |
| APTO    | 946,80                       | 8 704,28  | 166,88 | 3 319,92  | 0              | 13,137,88  |
| NO APTO | 72,04                        | 20 222,08 | 5,40   | 13 834,96 | 829,04         | 34,963,52  |
|         | 1 018,84                     | 28 926,36 | 172,28 | 17 154,88 | 829,04         | 48,101,40  |

Según los cuadros 43 y 44, del total de tierras aptas para el cultivo de caña de azúcar en la cuenca, cerca del 45% (5942 ha) podrían ser utilizadas para ese cultivo, ya que el resto se encuentran en zonas de alta vulnerabilidad a degradación, zonas urbanas y bosques.

#### 4.4.6.2 Parámetros microeconómicos

Los niveles de aptitud obtenidos en la evaluación de tierras, presentan diferentes ingresos económicos (Cuadro 45) aún para similares rendimientos, ya que el precio de la producción se fija en función del contenido de sacarosa, cuya concentración varía con la altitud sobre el nivel del mar (Chaves, *et. al.* 1998). Los resultados obtenidos en el presente (Cuadro 45), coinciden con los rendimientos e ingresos reportados para la zona por Amores, *et al.* (1998) y Chaves *et. al.* (1998).

Pese a que la zona de San Ramón y Esparza presentan los índices de productividad más bajos para el cultivo de caña a nivel nacional Chaves (1998), los indicadores microeconómicos estimados, superan a los estimados para ganadería de doble propósito con carga animal igual a 1UA ha<sup>-1</sup>.

**Cuadro 45** Parámetros microeconómicos de las tierras con aptitud para el cultivo de caña de azúcar en la cuenca del Río Barranca

| Piso altitudinal (msnm) | Parámetros microeconómicos |                |                            |                |                          |                |                             |                |
|-------------------------|----------------------------|----------------|----------------------------|----------------|--------------------------|----------------|-----------------------------|----------------|
|                         | Margen Bruto (US\$)        |                | Valor presente Neto (US\$) |                | Relación Beneficio Costo |                | Tasa Interna de Retorno (%) |                |
|                         | A <sub>2</sub>             | A <sub>3</sub> | A <sub>2</sub>             | A <sub>3</sub> | A <sub>2</sub>           | A <sub>3</sub> | A <sub>2</sub>              | A <sub>3</sub> |
| 0 a 200                 | 429,89                     | 178,48         | 2 460,46                   | 665,5          | 1,37                     | 1,10           | 27,15                       | 12,17          |
| 200 a 600               | 360,06                     |                | 1 961,90                   |                | 1,3                      |                | 23,20                       |                |
| 600 a 1000              | 625,41                     | 334,89         | 3 856,41                   | 1782,24        | 1,59                     | 1,27           | 37,45                       | 21,73          |
| 1000 a 1550             | 471,79                     | 212            | 2 759,57                   | 904,78         | 1,42                     | 1,13           | 29,45                       | 14,29          |
| > de 1550               |                            | -782,35        |                            | -6 194,51      |                          | 0,04           |                             | -              |

Aptitud: A<sub>1</sub>: Apta A<sub>2</sub>: Moderadamente apta A<sub>3</sub>: marginalmente apta A<sub>4</sub>: No apta

**Cuadro 46** Rendimientos (t) de caña de azúcar por aptitud y piso latitudinal de las tierras en la cuenca del Río Barranca

| Altitud (msnm) | Aptitud        |                |
|----------------|----------------|----------------|
|                | A <sub>2</sub> | A <sub>3</sub> |
| 0 a 200        | 66,53          | 53,23          |
| 200 a 600      | 66,60          | -              |
| 600 a 1000     | 66,30          | 53,04          |
| 1000 a 1550    | 66,03          | 52,83          |
| > de 1550      | -              | -              |

Aptitud: A<sub>2</sub>: Moderadamente apta A<sub>3</sub>: Marginalmente apta

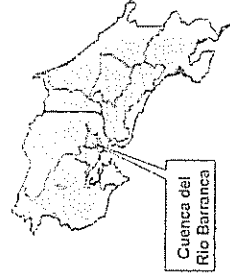
En el Mapa 9 se presenta la distribución de tierras por aptitud física a este tipo de uso en la cuenca.

# Mapa 9

Tierras con aptitud para el cultivo de caña, en la cuenca del Río Barranca

- Aptitud**
- Moderadamente apto
  - Marginalmente apto
  - No apto
- Limite de la cuenca**
- Centros poblados
  - Rios

UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO



ESCALA DE REPRESENTACION 1: 200 000  
ESCALA DE TRABAJO 1: 20.000

PROYECTOR: CENTRO TECNICO INGENIERAL DE BARRIOS  
INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES Y EXPERIMENTACION EN AGRICULTURA Y GANADERIA  
FACULTAD DE ESCUELA N. 2515  
MONTICURO, VENEZUELA

**CATIE**

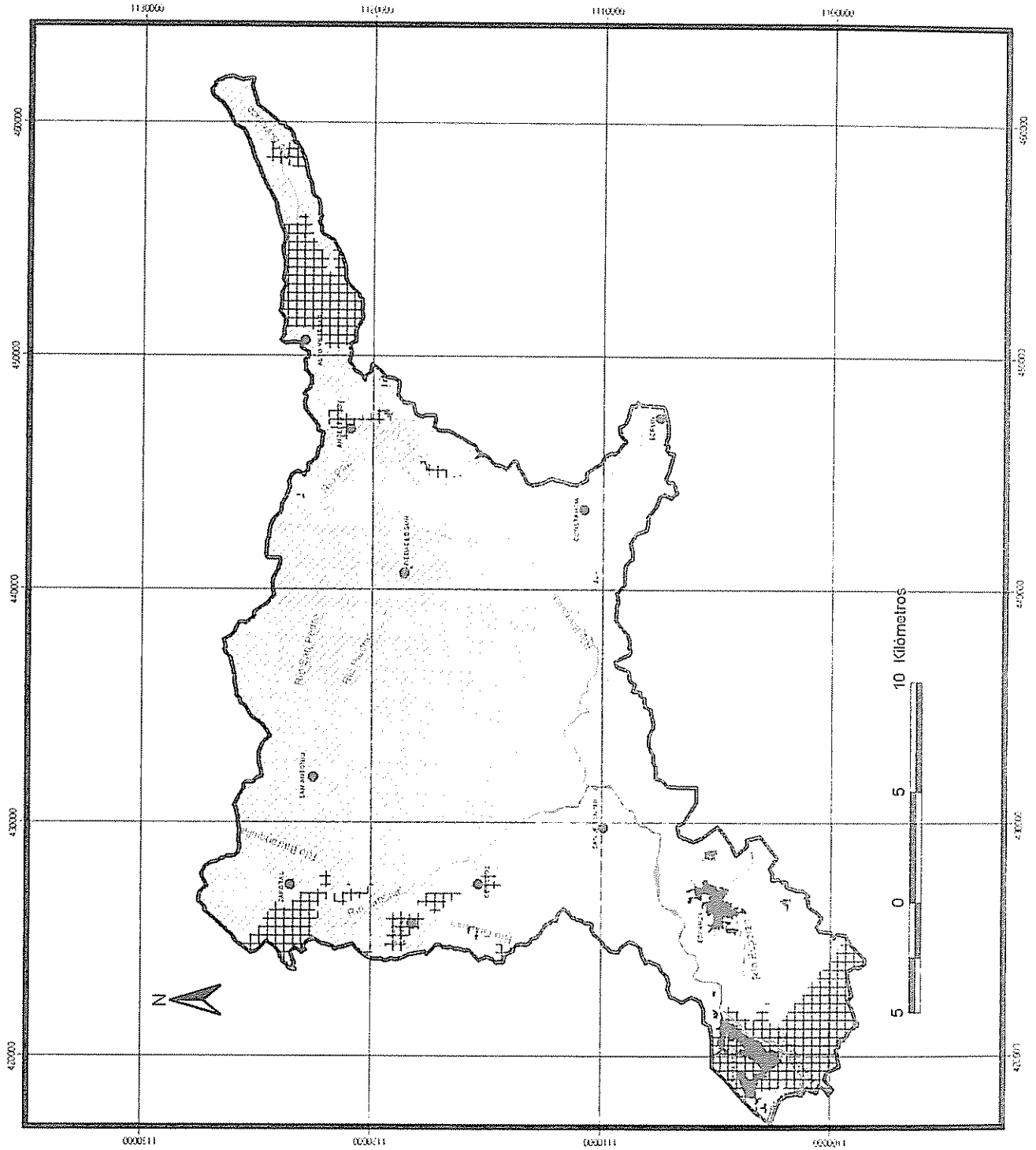
CENTRO ACADÉMICO TÉCNICO DE INVESTIGACION Y EXPERIMENTACIÓN

Escuela de Postgrado

Area de Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas

Dibujado por: Jorge L. Cruz Balmori

1978 - Octubre - Diciembre 1982



#### 4.4.7 Café

##### 4.4.7.1 Aptitud física

El cultivo del café mostró un incremento de área de los años ochenta a la fecha y se estima que el 20% del área total de la cuenca, es apta para el cultivo (Mapa 10), sin embargo, de las tierras aptas, cerca del 19% se encuentran en zonas con alta vulnerabilidad a degradación (Cuadro 47), 17% corresponden a bosques (Cuadro 48) y 5% se localizan en zonas urbanas, por lo tanto el 59% (5730 ha) de la extensión estimada como apta ( $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ ) es efectiva para dicho cultivo (Cuadro 49).

**Cuadro 47 Extensiones de tierra (ha) por nivel de aptitud para el cultivo del café por nivel de vulnerabilidad a degradación**

| Aptitud Física     | Vulnerabilidad a degradación |           |        |           |                | Total     |
|--------------------|------------------------------|-----------|--------|-----------|----------------|-----------|
|                    | Urbano-Agua                  | Baja      | Media  | Alta      | Sin clasificar |           |
| Apta               | 10,32                        | 2.116,16  | 0,08   | 327,00    | 211,60         | 2.665,16  |
| Moderadamente apta | 5,76                         | 1.966,72  | -      | 164,16    | 218,48         | 2.355,12  |
| Marginalmente apta | 11,32                        | 3.297,08  | -      | 1.355,04  | 44,00          | 4.707,44  |
| No apta            | 991,44                       | 21.546,40 | 172,20 | 15.308,68 | 354,96         | 38.373,68 |
| Total              | 1.018,84                     | 28.927,36 | 174,28 | 17.157,88 | 833,04         | 48.101,40 |

**Cuadro 48 Extensión (ha) por categoría de uso actual en tierras identificadas aptas para el cultivo del café en la cuenca del Río Barranca.**

| Categorías de Uso 1998  | Aptitud Física |          |          |           | Área total I (ha) |
|-------------------------|----------------|----------|----------|-----------|-------------------|
|                         | $A_1$          | $A_2$    | $A_3$    | $A_4$     |                   |
| Pastos                  | 1.091,24       | 1.185,68 | 2.027,40 | 16.495,64 | 20.799,96         |
| Urbano                  | 10,32          | 5,76     | 11,32    | 687,00    | 714,40            |
| Cuerpos de agua         | -              | -        | -        | 288,32    | 288,32            |
| Caña                    | 96,48          | 147,76   | 523,32   | 1.196,04  | 1.963,60          |
| Café                    | 733,88         | 389,88   | 983,64   | 1.985,12  | 4.092,52          |
| Frutales                | -              | -        | 1,20     | 244,40    | 245,60            |
| Bosque                  | 441,24         | 333,36   | 876,68   | 14.451,20 | 16.102,48         |
| Tacotales               | 80,40          | 74,20    | 239,88   | 2.193,96  | 2.588,44          |
| Plantaciones forestales | -              | -        | -        | 460,92    | 460,92            |
| Zona costera            | -              | -        | -        | 16,12     | 16,12             |
| Sin clasificar          | 211,60         | 218,48   | 44,00    | 354,96    | 829,04            |
| Total general           | 2.665,16       | 2.352,12 | 4.707,44 | 38.373,68 | 48.101,40         |

Aptitud:  $A_1$ : Apta  $A_2$ : Moderadamente apta  $A_3$ : marginalmente apta  $A_4$ : No apta



Según el Cuadro 48, el 48% de las tierras utilizadas actualmente para el cultivo de café, no mostraron aptitud en la presente evaluación, siendo la principal limitante el riesgo a erosión, por lo tanto estas pueden estar siendo sobre utilizadas.

**Cuadro 49** Área efectivas (ha) aptas para el cultivo del café en la cuenca del Río Barranca

| Aptitud | Efectivo  | Alta vulnerabilidad a degradación | Bosques | Otros    | Total (ha) |
|---------|-----------|-----------------------------------|---------|----------|------------|
| Apto    | 5 730,04  | 1 846,20                          | 1 650   | 501,48   | 9 727,72   |
| No apto | 37 027,28 | -                                 | -       | 1 346,40 | 38 373,68  |
| Total   | 44 407,32 | 1 846,20                          | -       | 1 847,88 | 48 101,40  |

#### 4.4.7.2 Parámetros micro-económicos

Los parámetros que se presentan en el Cuadro 50 se estimaron considerando un modelo de manejo emergente ante la crisis que afronta el producto de dicho cultivo en el mercado, asumiendo además, rendimientos de 22 a 45 fanegas ha<sup>-1</sup> y un precio por fanega de US\$ 41.67. Estos rendimientos no se alejan de los reportados en la zona por Amores *et al* (1998). En tal sentido, este cultivo actualmente es que el menos oportunidad económica presenta y la que más creció en área de los años 80 a la fecha.

**Cuadro 50** Parámetros microeconómicos por nivel de aptitud para el cultivo del café en la cuenca del Río Barranca

| Aptitud Física     | Parámetros microeconómicos |         |      |      |
|--------------------|----------------------------|---------|------|------|
|                    | VPN                        | MB      | B/C  | TIR  |
| Apta               | -2 262,00                  | -176,00 | 1,00 | 9,00 |
| Moderadamente apta | -3 419,00                  | -344,00 | 1,00 | -    |
| Marginalmente apta | -4 576,00                  | -511,00 | -    | -    |
| No apta            | -                          | -       | -    | -    |

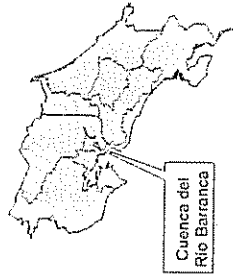
El Mapa 10 muestra las áreas con aptitud a este tipo de uso en la cuenca.

# Mapa 10

Tierras con aptitud para el cultivo de café, cuenca del Río Barranca, Costa Rica

- Aptitud**
- Apto
  - Moderadamente apto
  - Marginalmente apto
  - No apto
- Limite de la cuenca**
- Centros poblados
  - Rios

UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO



ESCALA DE PRESENTACION 1: 200 000  
ESCALA DE TRABAJO 1: 20 000

PROYECCION: COSTA RICA TRANSVERSAL DE MERCATOR  
ESFUERZO: 1000000  
MUESTRA: UTM  
FACTORES: ESCALA 0.9714  
ECEF: FALSO 100000  
NORTE: FALSO 0

**CATIE**

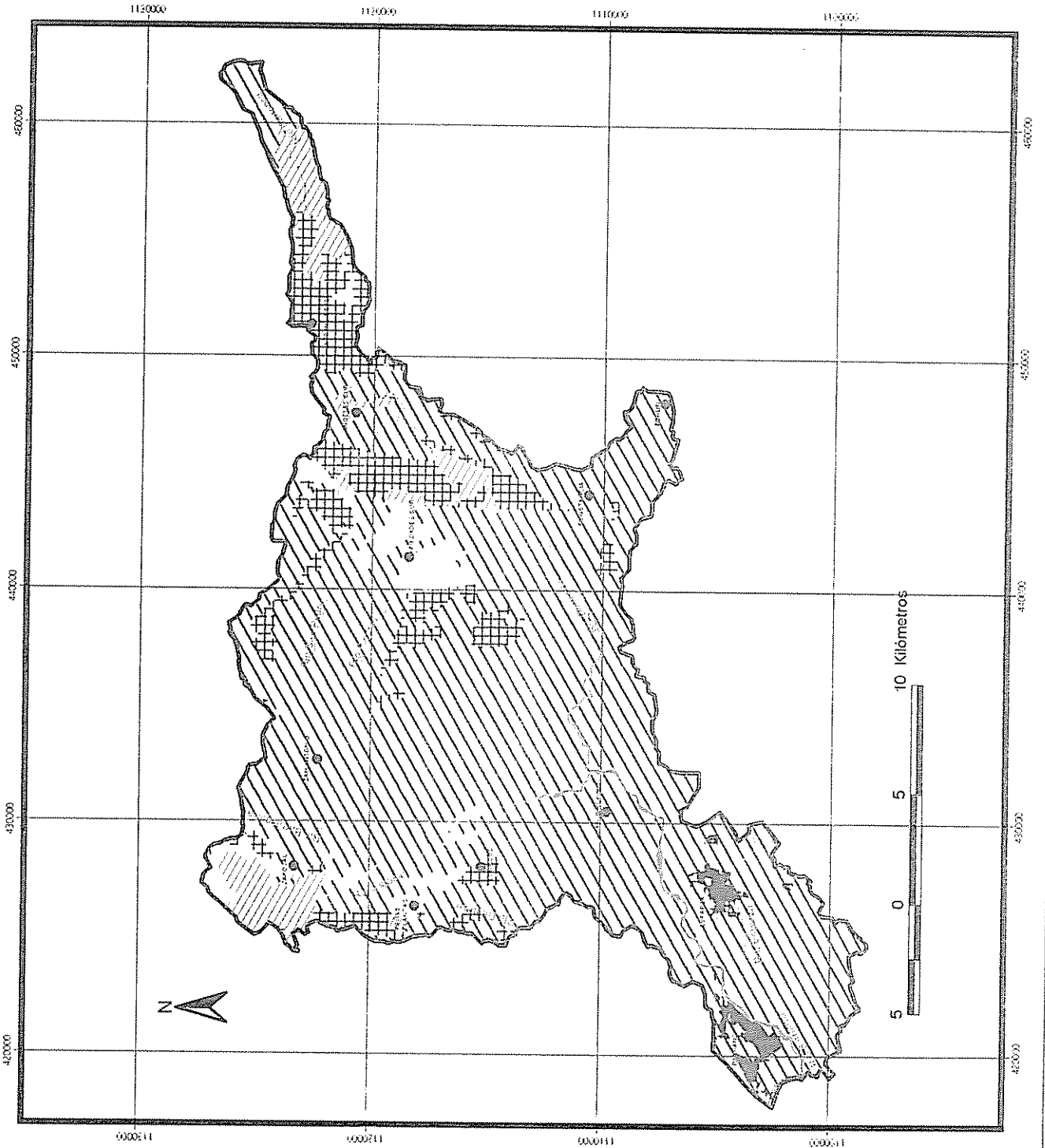
CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y EDUCACION

Escuela de Post-graduados

Area de trabajo integrada de Cuencas Hidrograficas

Elaborado por: Jorge L. Cruz Bolaños

1994/11/28/14/10/1992



#### 4.4.8 Modelación de la erosión en la dinámica de uso

Los resultados de este acápite, mas que valores absolutos, son considerados como parámetros de comparación, ya que fueron derivados de la modelación de la erosión utilizando la RUSLE, cuyo origen es la USLE, que puede sobreestimar la pérdida de suelo, principalmente en zonas con pendientes fuerte (Vahrson y Cervantes, 1991).

La dinámica de uso de la tierra de los años 80 a 1998 presentó un incremento de 39,2% en la erosión del suelo (Cuadro 51), ya que los otros factores considerados en la estimación de la erosión (suelo, lluvia, longitud de pendiente) se mantienen constantes en ambos estados temporales y el factor que fue modificado es la vegetación.

El Cuadro 51 muestra la variación del volumen de suelo erosionado dentro de cada clase, por ejemplo para los años 80 las tierras que se clasificaron como muy ligera, erosionaron 21,9 mil toneladas las cuales se incrementaron a 100 mil en 1998, dando lugar al desplazamiento de éstas tierras a otras clases, como se presenta en el Cuadro 52. La columna "cambios" en el cuadro 51 indica el incremento (+) o reducción (-) del volumen en la misma clase del 80 pero con tierras distintas en el año 1998. El Mapa 11 presenta la erosión modelada para 1998.

**Cuadro 51. Clasificación de la pérdida de suelo (t) basada en propuesta de la FAO (1980), para dos estados temporales en la cuenca del Río Barranca**

| Clasificación en 1980 |  | Pérdida de suelo (t) |            | Cambios  |
|-----------------------|--|----------------------|------------|----------|
| Nombre                | Rango de erosión (t ha <sup>-1</sup> ) | Años 80s             | Año 1998   |          |
| Muy Ligera            | 0 a 4,9                                | 21 862,04            | 100 283,36 | + 358,71 |
| Ligera                | 5 a 9,9                                | 29 283,76            | 60 842,28  | + 107,77 |
| Moderada              | 9,9 a 50                               | 65 871,40            | 93 574,84  | + 42,06  |
| Severa                | 50 a 200                               | 117 518,76           | 91 597,96  | -22,06   |
| Muy severa            | > de 200                               | 29 69,001            | 22 490,8   | -24,25   |
| Total general (t)     |  | 264 227,40           | 368 789,24 | + 39,57  |

El Cuadro 52 presenta la dinámica de las tierras en las categorías de erosión, puede notarse que el área de la primera clase (0 a 4,9 t) de los 80s se distribuye en otras de igual o mayor nivel del año 1998, dando lugar al incremento del volumen erosionado presentado en el Cuadro 51. Un ejemplo de la interpretación de este Cuadro es: en los 80

38.870 ha se clasificaban como erosión ligera (< de 5 t ha<sup>-1</sup>), sin embargo de estas tierras, 431 incrementaron su tasa de erosión entre 5 y 10 t ha<sup>-1</sup> en 1998, 1032 pasaron a la clase de 10 a 50, 484 a la clase de 50 a 200 y 29 a más de 200 t ha<sup>-1</sup>.

Cuadro 52. Dinámica de las tierras (ha) en función de la pérdida de suelo en el período evaluado en la cuenca del Río Barranca

|                              |           | Clases de erosión en 1998 |          |           |          |          | Área total (ha)<br>Años 80s |
|------------------------------|-----------|---------------------------|----------|-----------|----------|----------|-----------------------------|
|                              |           | 0 a 4,9                   | 5 a 9,9  | 10 a 49,9 | 50 a 200 | > de 200 |                             |
| Clases de erosión<br>años 80 | 0 a 4,9   | 36 891,4                  | 431,96   | 1 032,88  | 484,92   | 29,28    | 38 870,44                   |
|                              | 5 a 9,9   | 320,08                    | 3 664,56 | 22,12     | 410      | 5,16     | 4 421,92                    |
|                              | 10 a 49,9 | 499,6                     | 7,56     | 2 729,76  | 159,44   | 65,72    | 3 462,08                    |
|                              | 50 a 200  | 110,04                    | 123,68   | 58,48     | 944,4    | 1,04     | 1 237,64                    |
|                              | > de 200  | 4,64                      | 0,72     | 20,64     | 4,16     | 131      | 161,16                      |
| Área total (ha) 1998         |           | 37 825,76                 | 4 228,48 | 3 863,88  | 2 002,92 | 180,32   | 48 101,36                   |

La Figura 16 muestra los cambios de áreas totales de las categorías de erosión presentadas en el cuadro 52, puede observarse que las primeras dos clases se redujeron en 1998 mientras que las últimas tres incrementaron su área y por lo tanto el volumen total erosionado.

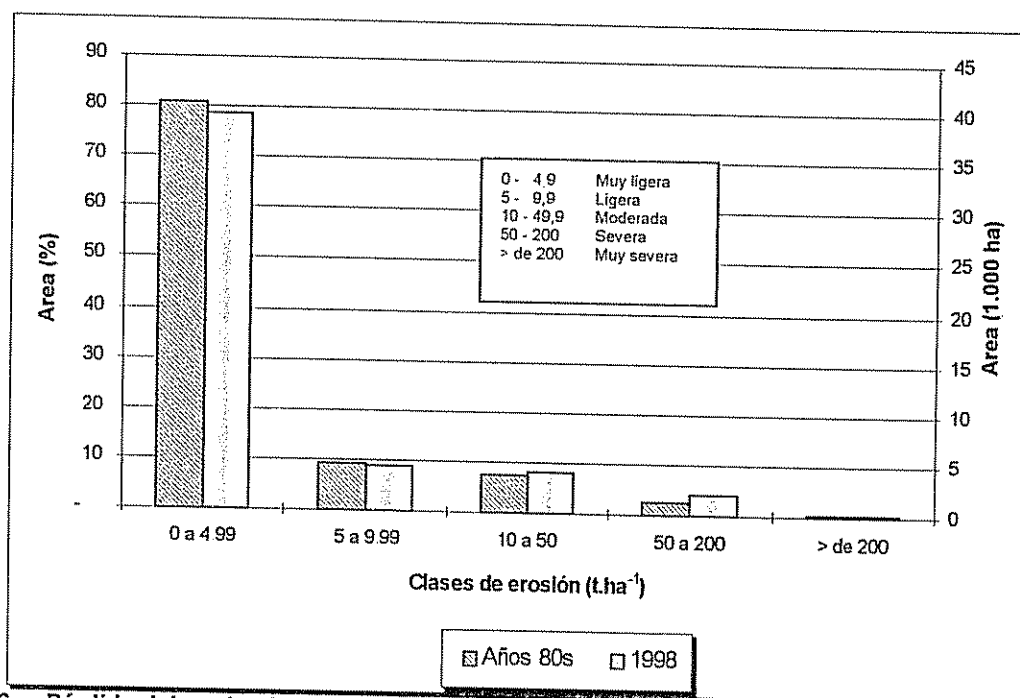


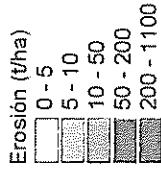
Figura 16. Pérdida del suelo simulada con la RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) para los años 80s y 1998, en la cuenca del Río Barranca, Costa Rica.

# Mapa 11

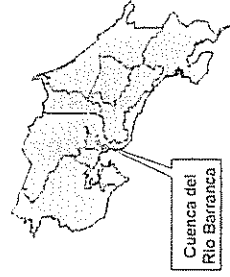
**Clasificación de tierras por erosión, estimada con RUSLE, cuenca del Río Barranca**

▭ Limite de la cuenca

Ríos



UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO



ESCALA DE PRESENTACION 1: 250 000  
ESCALA DE TRABAJO 1: 20 000

PROYECTO: COSTA RICA, TRANSVERSAL DE INFLUENCIA  
ESPECIAL: AGROPECUARIO  
INSTITUCION: CATIE  
ESTABLECIMIENTO: ESTACION EXPERIMENTAL ESTACION  
NOMBRE DEL ESTUDIANTE: JOSE LUIS Q.

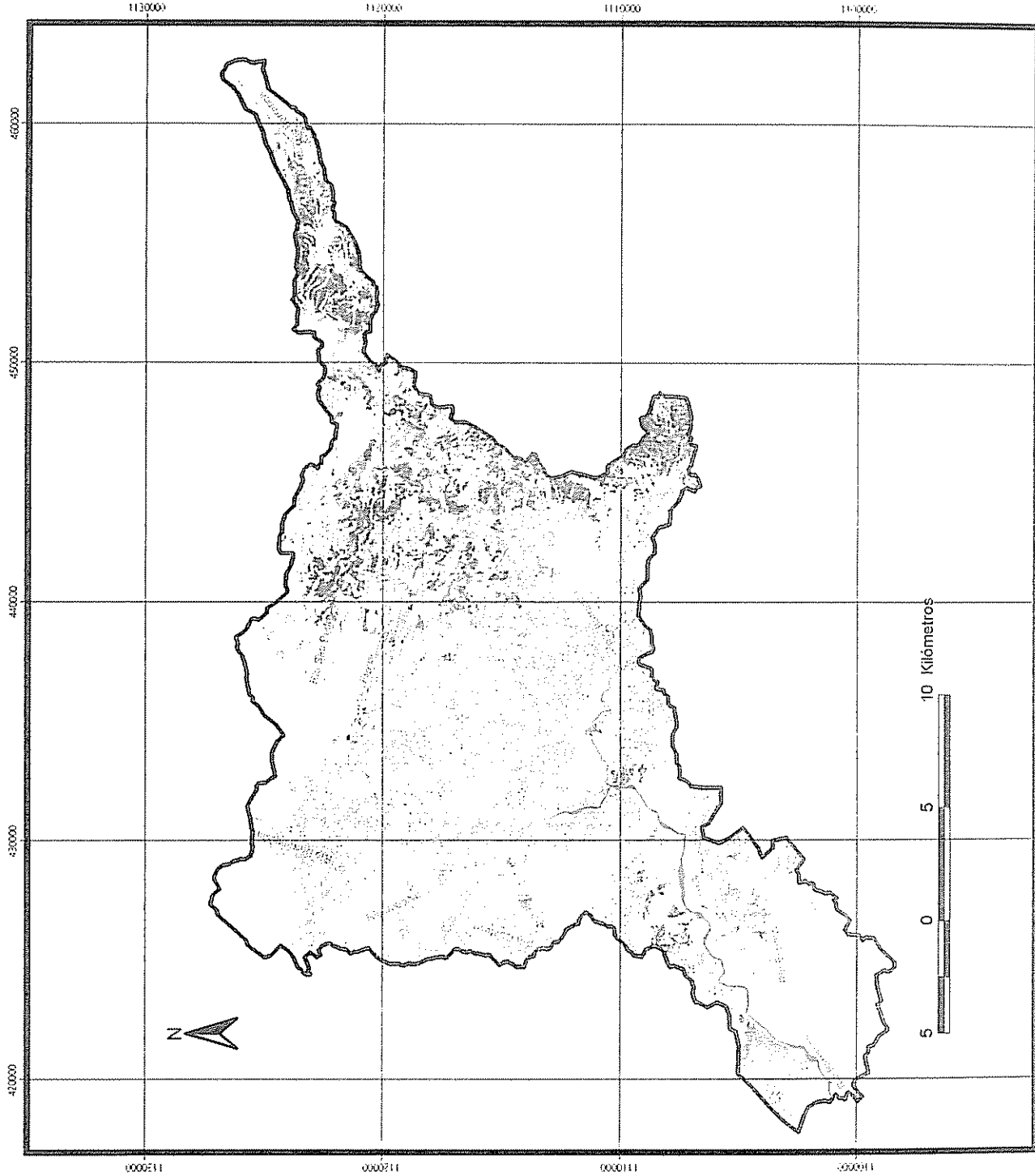
**CATIE**

**CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA**

Escuela de Posgraduados

Area de trabajo: Integración de Ciencias Hidrológicas

Elaboración por: Jorge L. Cruz Bolaños



#### 4.4.8.1 Áreas vulnerables a degradación y la erosión

Entre las características de los suelos vulnerables a degradación en la cuenca, está el bajo contenido de materia orgánica (CCT, 1994; ANCON, 1991) lo cual reduce la resistencia a la erosión.

El cuadro 53 presenta valores de erosión potencial (volumen y área) para ambos estados, en función del grado de vulnerabilidad a degradación de las tierras en la cuenca.

**Cuadro 53. Comportamiento de la erosión en las áreas vulnerables a degradación en 1998, en la cuenca del Río Barranca, Costa Rica**

| Grados de vulnerabilidad | Erosión total (t) |           | Área (ha) |        | Tasas de erosión ( $t\ ha^{-1}$ ) |       | Erosión (%) |        |
|--------------------------|-------------------|-----------|-----------|--------|-----------------------------------|-------|-------------|--------|
|                          | Años 80           | 1998      | (ha)      | %      | Años 80                           | 1998  | Años 80     | 1998   |
| Urbano, Agua             | 8056.2            | 14683.72  | 1018.84   | 2.12   | 7.91                              | 14.41 | 3.05        | 3.98   |
| Bajo                     | 128932.68         | 188338.44 | 28926.32  | 60.14  | 4.46                              | 6.51  | 48.80       | 51.07  |
| Medio                    | 218.4             | 2304.04   | 172.28    | 0.36   | 1.27                              | 13.37 | 0.08        | 0.62   |
| Alto                     | 126721.44         | 163331.68 | 17154.88  | 35.66  | 7.39                              | 9.52  | 47.96       | 44.29  |
| Sin clasificar           | 298.68            | 131.36    | 829.04    | 1.72   | 0.36                              | 0.16  | 0.11        | 0.04   |
| Total                    | 264227.4          | 368789.24 | 48101.36  | 100.00 |                                   |       | 100.00      | 100.00 |

La Figura 17 muestra los volúmenes de erosión por las categorías de vulnerabilidad a degradación identificadas en este estudio, los valores dentro de las barras corresponden al porcentaje del volumen total de pérdida de suelo en el período correspondiente y la tasa de erosión estimada, la línea y punto representa al área de cobertura del tipo de vulnerabilidad; por ejemplo, las tierras con baja vulnerabilidad aportan el 49% del volumen de erosionado en 60% del área de la cuenca, mientras que las de alta vulnerabilidad erosionan entre 44 y 48% del volumen total en 36% de extensión, esta situación da lugar a tasas de erosión ( $7$  a  $9\ t\ ha^{-1}$ ) más elevadas para estas últimas. Esta diferencia observada da mayor consistencia y confirma los resultados obtenidos en la identificación de vulnerabilidad a degradación.

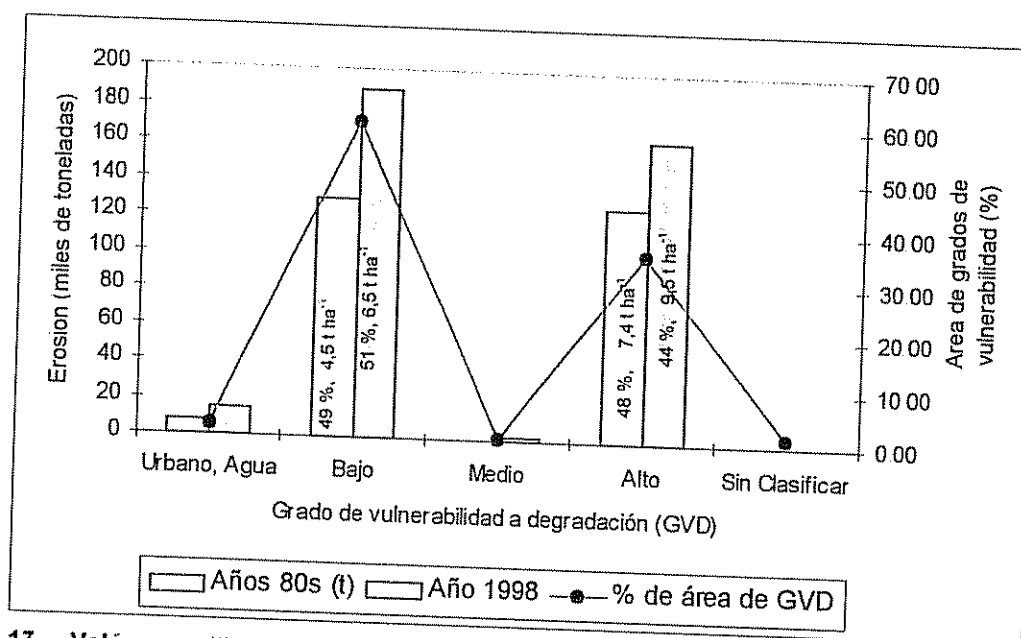


Figura 17. Volúmenes (t) de erosión en los niveles de vulnerabilidad a degradación

#### 4.4.8.2 La erosión en los tipos de uso en el área agropecuaria

El área de desarrollo agropecuario según la evaluación de tierras en el presente estudio es de 12.996 ha (27% de la cuenca), en las cuales se modeló la erosión para dos estados (80 y 1998) y tipos de uso aptos.

Se generaron dos escenarios del cotejo de la erosión potencial con los parámetros microeconómicos estimados de cada TUT evaluado. En el primero fue elegido el tipo de uso con menor tasa de erosión (Mapa 12) mientras que en el otro el tipo de uso con mayor valor actual neto fue seleccionado.

En el Cuadro 54 se presentan las variaciones de extensiones en cada clase de erosión en la zona considerada en este estudio como "desarrollo agropecuario". Un ejemplo de la interpretación del cuadro es la siguiente: la clase de 0 a 5 t.ha<sup>-1</sup> para los años 80 cubría una extensión de 8085 ha, las cuales se redujeron a 6443 en 1998, sin embargo, de considerar entre los TUT aptos el que erosione menos, el área en esta clase se incrementaría a 12322 o 11305 si se utiliza como criterio el máximo VAN de los TUT aptos.

**Cuadro 54. Dinámica de tierras (ha) en la zona de desarrollo agropecuario por clases de erosión en dos estados y TUT apto que minimice la erosión o maximice el VAN**

| Clase de erosión | Períodos |          | Tipo de usos evaluados |                |
|------------------|----------|----------|------------------------|----------------|
|                  | Años 80s | Año 1998 | TUT Mínima erosión     | TUT máximo VAN |
| 0 a 4,9          | 8085 4   | 6443 12  | 12322 84               | 11305 72       |
| 5 a 9,9          | 530 6    | 993 16   | 405 2                  | 405 2          |
| 10 a 49,9        | 4369 68  | 4647 92  | 0 2                    | 627 04         |
| 50 a 200         | 10 44    | 911 92   | 267 88                 | 658 16         |
| Total (ha)       | 12996 12 | 12996 12 |                        |                |

De considerar los resultados de la evaluación de tierras y elegir las tierras con menor tasa de erosión, la primera clase incrementaría su área y el resto se reducirían (Cuadro 54). No obstante, de elegir el tipo de uso por el máximo valor actual neto generado, la primera y tercera clase incrementaría su área (Cuadro 54) dando lugar al doble de la erosión estimada con el "tipo de uso de mínima erosión" (Cuadro 55), sin embargo, estos niveles de erosión son menores que los estimados para los años 80s y 1998.

El Cuadro 55 presenta la variación del volumen (t) erosionado por tipo de erosión. Por ejemplo la clase de 0 a 5 t.ha<sup>-1</sup> erosionó 17.354 t en los 80, mientras que en 1998 aumento a 35.000, sin embargo, de considerar el TUT apto que erosione menos este volumen será de 11.498 o de 52.503 si se elige el TUT apto con máximo VPN, en los últimos dos casos, el volumen será menor que el estimado en los dos estados.

**Cuadro 55. Volumen de erosión (t) en dos períodos y tipos de uso evaluados basados en la clasificación de la erosión de los años 84-88**

| Clases de erosión en 1984-88 | Erosión (t) en Períodos |              | Erosión (t) en Tipo de usos evaluados |                |
|------------------------------|-------------------------|--------------|---------------------------------------|----------------|
|                              | 1984-88                 | Erosión 1998 | TUT Mínima erosión                    | TUT Máximo VPN |
| 0 a 4,9                      | 17354 92                | 35300 92     | 11498 4                               | 52503 76       |
| 5 a 9,9                      | 4419 8                  | 5638 56      | 548 84                                | 548 84         |
| 10 a 49,9                    | 99471 76                | 141962 72    | 24840 84                              | 24840 84       |
| 50 a 200                     | 738 28                  | 573 96       | 6 96                                  | 6 96           |
|                              | 0                       | 0            | 0                                     | 0              |
| Total general                | 121.984 76              | 183.476,16   | 36 895 04                             | 77 900 4       |



La Figura 18 muestra una tendencia creciente en la erosión (t) de los años 80s a 1998, sin embargo, esta tendencia puede revertirse si se asignan tipos de uso de la tierra con aptitud a ésta.

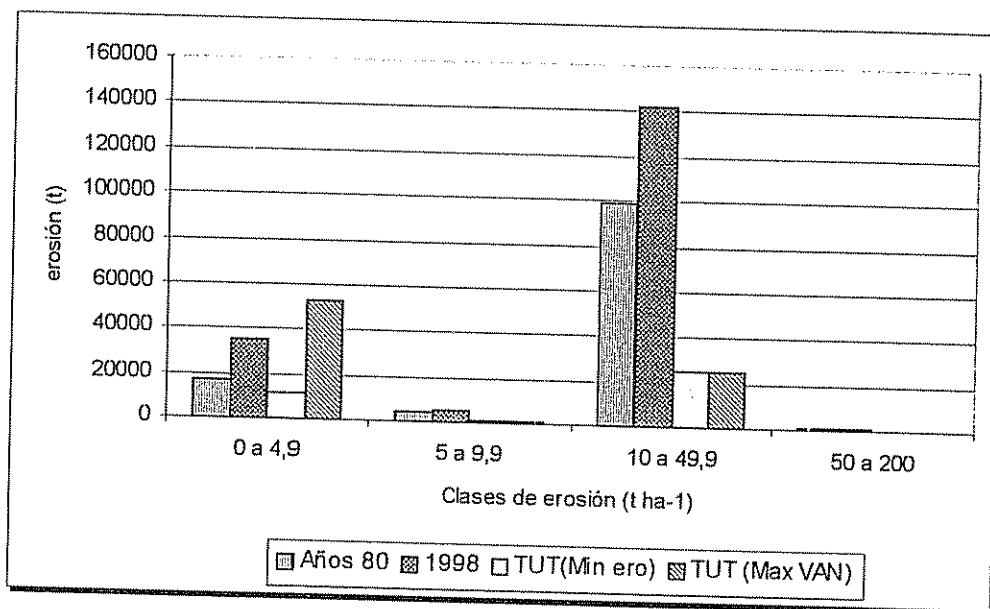


Figura 18. Volumen de erosión en dos estados y tipos de uso evaluados en clasificación de la erosión durante 1984-88

#### 4.4.9 Recapitulación

Cuadro 56 Parámetros microeconómicos por tipo de uso de la tierra evaluados en la cuenca del Río Barranca

| Tipo de uso                   | Área de aptitud Efectiva (ha) | Valor Presente Neto | Tasa Interna de Retorno | Relación Beneficio Costo |
|-------------------------------|-------------------------------|---------------------|-------------------------|--------------------------|
| PSA- MINAE                    | 12 650                        | 48,70               | 36,37                   | 1,4                      |
| PSA -recuperación             | 17 154                        |                     |                         |                          |
| G DP 0 5 UA Ha <sup>-1</sup>  | 15 720                        | -80,35              | 3,63                    | 0,95                     |
| G DP 0 75 UA Ha <sup>-1</sup> |                               | 245,64              | 11,03                   | 1,11                     |
| G DP 1 UA Ha <sup>-1</sup>    |                               | 579,92              | 15,09                   | 1,22                     |
| G DP 2 UA Ha <sup>-1</sup>    |                               | 1 700,17            | 19,86                   | 1,36                     |
| G DP 3 UA Ha <sup>-1</sup>    |                               | 2 777,66            | 21,31                   | 1,41                     |
| G leche 3 UA Ha <sup>-1</sup> | 5 653                         | 1,235               | 10                      | 1,00                     |
| Caña A <sub>2</sub>           | 5 942                         | 3856                | 37                      | 1,59                     |
| Caña A <sub>3</sub>           |                               | 1782                | 21                      | 1,27                     |
| Café                          |                               | 5 730               | -2 262,00               | 9,00                     |

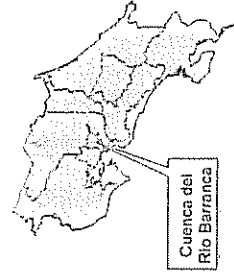
Según el Cuadro 56 los mejores parámetros estimados los presenta el cultivo de caña, aunque éste no mostró aptitud de primer orden en la cuenca, le sigue la explotación de ganado de doble propósito, tipo de uso que muestra parámetros positivos cuando la carga animal supera a  $0.5 \text{ UA ha}^{-1}$ , mientras que, los parámetros más bajos se obtienen con el cultivo del café. El PSA presenta tasa de retorno y relación beneficio costo altos, casi semejantes a los valores obtenidos por el cultivo de caña. Sin embargo, debe considerarse que el cultivo de la caña es el que mostró los niveles de erosión más altos, además de requerir mayor cantidad de mano de obra.

# Mapa 12

**Escenario en función del tipo de uso de la tierra con menos tasa de erosión**

- Zona de manejo especial
- Barrozo
- Ganadería de abate precioso
- Ganadería de leche
- Café
- Cacao
- Seda
- Silvicultura
- Límite de la cuenca
- Cuadras protegidas
- Ríos

## UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO



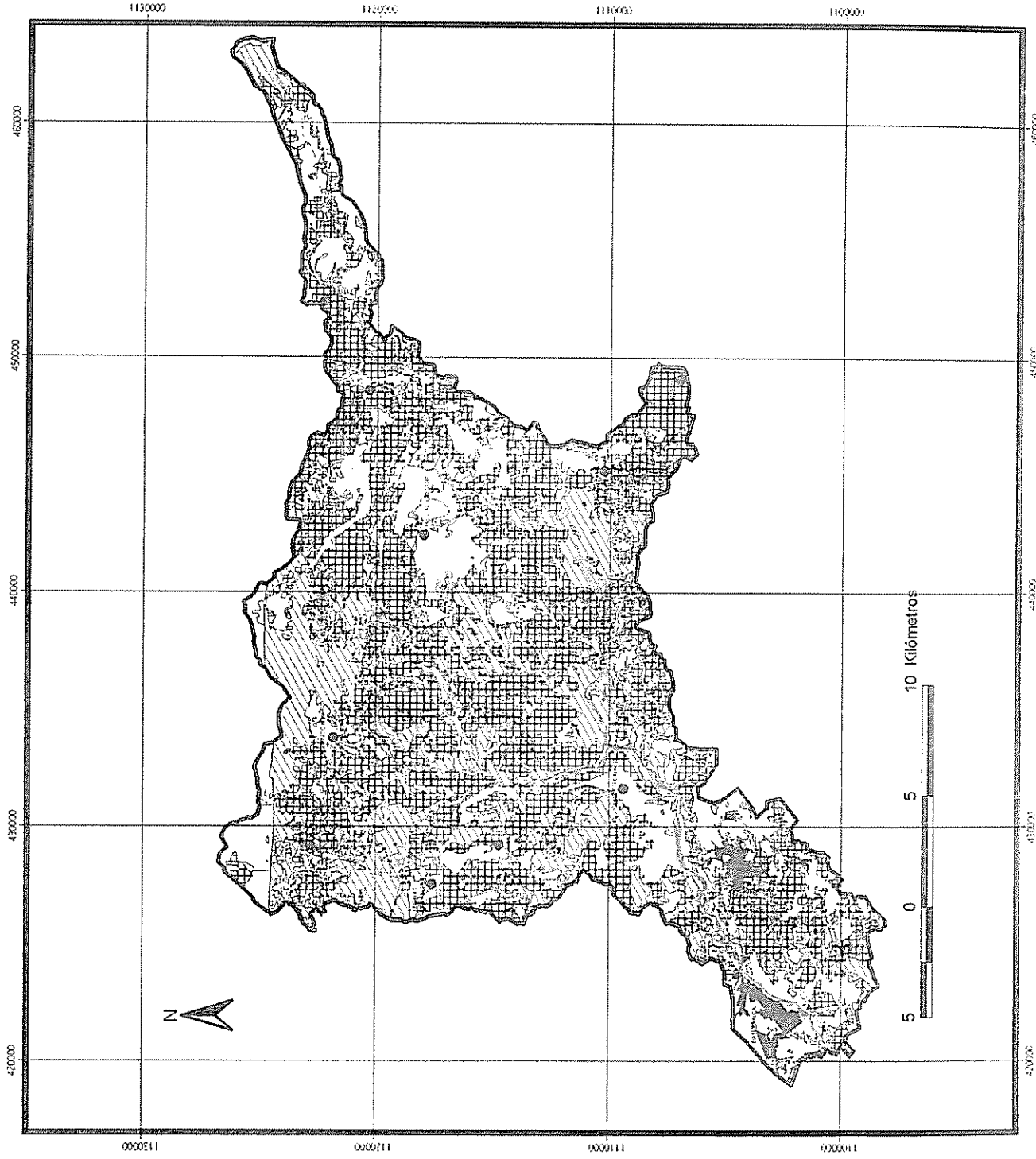
ESCALA DE PRESENTACION 1:250.000  
ESCALA DE TRABAJO 1:20.000

PROYECCION COORDENADAS UTM CUENCA DE MERCATOR  
ESFERA WGS84  
MERIDIANO CENTRAL DE AMERICA CENTRAL  
ESTADOS UNIDOS  
NOREOCCIDENTAL  
MORFOLÓGICO 2



**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA**

Escuela de Post-graduada  
Área de Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas  
Elaborado por: Jorge L. Cruz-Estades  
Lima, Perú, 1994, 2002



1130000

1150000

1170000

1190000

430000

430000

450000

450000

450000

430000

430000

450000

450000

450000

## 5 CONCLUSIONES

De los resultados en el área de estudio:

1. El área de la cuenca del Río Barranca es de aproximadamente 48 101 ha, de las cuales el 43% están cubiertas con pastos, el 38% con bosques y tacotales, 9% con café y el resto con caña, plantaciones forestales, zonas urbanas, costeras y cuerpos de agua
2. Los patrones de uso del suelo en la cuenca del Río Barranca han sido dinámicos en los últimos 15 años. Actualmente, los cambios más frecuentes tienden a explotaciones ganaderas con cubierta de pastos, de los cuales el 24% se encuentran en zonas de alta vulnerabilidad a degradación.
3. Las probabilidades de cambios de uso de la tierra están asociadas a variables como precipitación, altitud sobre el nivel del mar, densidad de población, distancia a centros de expendios de insumos, distancia a ríos y tipo de uso anterior.
4. Las principales categorías de uso en la cuenca son, las explotaciones ganaderas, el cultivo de café, caña de azúcar y plantaciones forestales, estas últimas han mostrado incremento significativo en los últimos 15 años.
5. Actualmente cerca de 2621 ha de bosque y 130 ha de plantaciones forestales se encuentran bajo el pago de servicios ambientales. Mantener esta cobertura que equivale al 22% del área que debería protegerse, requiere de al menos US\$ 100 mil anuales. No obstante, la probabilidad de mantener la cobertura de bosque es de 92%, la cual puede garantizarse por normas y políticas gubernamentales como la Ley Forestal 7575 y Ley de Suelos, aunque el mantener la cobertura no implica internalizar los beneficios derivados de los bosques a los propietarios.
6. Cerca del 36% del área se localiza en zonas de alta vulnerabilidad a degradación, considerando como áreas vulnerables a degradación, a aquellas que se localizan en zonas de alta vulnerabilidad a erosión, que poseen poca protección y además están siendo sobre utilizadas. Estas tierras son prioritarias dentro del manejo y la

conservación de recursos, así como la introducción de técnicas y prácticas de manejo que coadyuven a reducir o mitigar esta vulnerabilidad.

7. Tomando en cuenta, la cobertura de pastos en la cuenca (43%) la probabilidad de estabilidad (82%) y el área que mantienen en zonas de alta vulnerabilidad a degradación (24%), son las tierras de mayor prioridad, en cuanto a conservación de los recursos naturales, recuperación de áreas degradadas y lucha contra la pobreza.
8. En cuanto a las aptitudes de las tierras en la cuenca, aproximadamente el 36% del área corresponde a áreas con alta vulnerabilidad a degradación, las cuales se proponen en el presente estudio para conservación y recuperación; 22% mostraron aptitud para desarrollar actividades ganaderas de doble propósito, 27% son aptas físicamente para la conservación de bosques con pago de servicios ambientales y 12% reúnen condiciones para desarrollar cultivos de caña, café y ganadería de leche. Estos porcentajes, muestran un traslape de áreas entre si, exceptuando las áreas de alta vulnerabilidad, ya que una unidad de tierra puede mostrar aptitud para mas de un tipo de uso. En tal sentido, el área que efectivamente es apta para desarrollo de actividades agropecuarias (ganadería, caña, café) es del orden de 11254 ha.
9. Los mejores parámetros micro-económicos estimados los presenta el cultivo de caña, sin embargo, problemas de mano de obra, uso de agroquímicos, la quema para la cosecha y los niveles de erosión son las principales limitantes; le sigue en importancia la explotación de ganado de doble propósito, el cual muestra parámetros positivos cuando la carga animal supera  $0.5 \text{ UA ha}^{-1}$ , mientras que los parámetros más bajos se obtienen con el cultivo del café. No obstante, deben evaluarse otros tipos de uso en la cuenca.
10. Las áreas con alto grado de vulnerabilidad a degradación cuya área es del 36% de la cuenca, aportan entre 44 y 48% del volumen total que se erosionó en los últimos 15 años.

11. La dinámica de uso de la tierra de los años 80s a 1998 presentó un incremento de 39,2% en la erosión del suelo.
12. La tendencia creciente de la erosión que se viene dando en los últimos 15 años en el área denominada de "*desarrollo agropecuario*", puede reducirse entre 60 a 80% respecto al volumen de 1998 si se asignan usos con aptitud a las condiciones de la tierra.

#### Respecto a la metodología

13. El uso de las cadenas Markovianas son buenas estimadoras de las probabilidades de cambio y área de cobertura de las categorías de uso, sin embargo, categorías con extensiones pequeñas pueden subestimarse, por lo que el tamaño de la muestra debe estimarse en función de la variabilidad de cambio en categorías de cobertura promedio.
14. Las probabilidades de cambio de uso de la tierra, son mejor estimadas considerando el total de píxeles o la población de píxeles que utilizando una muestra, sin embargo, la muestra estimada (de píxeles o parcelas) juega un papel muy importante para modelar los factores asociados a los cambios de uso de la tierra.
15. Esta metodología, compuesta de información a diferente nivel de detalle, con herramientas y métodos accesibles, muestra un recurso más para la planificación del uso de la tierra y la conservación de los recursos naturales.
16. El considerar el proceso histórico y dinámico de los sistemas de productivos permite visualizar y estimar los beneficios e impactos en la planificación del uso de los recursos naturales. Sin embargo, es un proceso que requiere de tiempo y recursos económico para su desarrollo.
17. Entre los problemas y limitantes encontrados en el presente estudio, están, acceso a la información existente o bien ésta no se encuentra en formatos digitales y falta de recursos económicos.

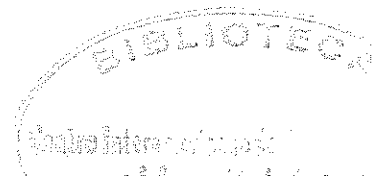
## 6 RECOMENDACIONES

Tomando en cuenta que los resultados del presente estudio son una aproximación a la situación de la cuenca, es necesario evaluar otros tipos de uso al nivel de cuenca, así como realizar estudios a mayor detalle en zonas prioritarias.

Es necesario crear fuentes de financiamiento local para proteger los bosques en zonas vulnerables a erosión, como también para recuperar las degradadas y evitar continuar degradando las vulnerables. Estas fuentes de financiamiento local pueden complementarse con las fuentes externas. Además, es necesario el pago de servicios ambientales a sistemas productivos sostenibles, ya que combinan producción y conservación a la vez.

Los factores asociados al cambio de uso de la tierra deben ser considerados en la planificación del uso de la tierra de la cuenca, por ejemplo la densidad de población, puede facilitar, intensificar o hacer el manejo de las tierras extensivo.

Con relación a la metodología, ésta demanda gran cantidad de información, la cual para su proceso se requiere espacializarla, así como de recursos económicos y tiempo.



## 7 BIBLIOGRAFIA

- Abarca G, J. 2001. Sistemas integrados de tratamiento y uso de aguas residuales en América Latina: realidad y potencial, estudio general del caso Puntarenas, Costa Rica. San José, CR. IDRC-OPS/HEP/CEPIS 2000-2002. 93p
- Ago, H; Kessler, A. 1996. El enfoque de la planificación participativa para enfrentar la degradación de tierras, en América latina. (en línea). Santiago, CL. FAO. Consultado oct. 2001. Disponible en <http://www.rlc.fao.org/redes/redlach/bol3.htm>. (Boletín no. 1).
- Alves, FSM; Fish, G; Vendrame, IF. 1,999. Modificações do microclima e regime hidrológico devido ao desmantamento na Amazônia: Estudio de um caso em rondônia (RO), Brazil. Acta Amazonica: 29 (3): 395 – 409.
- Amézquita C, E; Forsythe, W. 1975. Aplicación de la ecuación universal de pérdida de suelo en Turrialba, Costa Rica. s.l., s.e., 30p. (mimeografiado) presentado en: Congreso Latinoamericano de la ciencia y del suelo (5, 1979, Medellín, CO).
- Amores, H; Bautista, F; Azofeifa, R; Deugd, M; Palacios, G. 1998. Diagnóstico agrosocioeconómico y plan de acción participativo de la comunidad de Agrivolio, cuenca del Río Barranca. San Ramón, CR. MAG. 38p.
- \_\_\_\_\_; Deugd, M; Azofeifa, R. 1997. Diagnóstico agrosocioeconómico: comunidad de Alto Villegas. San Ramón, CR. MAG. 28p.
- ANCON, 1991. Manual descriptivo de la leyenda del mapa de asociación de subgrupos de suelos de Costa Rica, escala 1:200,000. San José, CR. MAG/SEPSA –MIDEPLAN.
- Apolo B, W. 1980. Evaluación de la escorrentía superficial y la erosión en un pastizal con árboles aislados en la Suiza, Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 69p.
- Arana L, G A. 1992. Análisis espacial para evaluar la erosión hídrica en la subcuenca del Río Pensativo, Guatemala. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 118p.
- Avila V, G. 2000. Fijación y almacenamiento de carbono en sistemas de café bajo sombra, café a pleno sol, sistemas silvopastoriles y pasturas a pleno sol. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 118p.
- Bacchi, O; Reichard, K; Spavorek, G; Raneiri S; 2000. Soil erosion evaluation in a small watershed in Brazil trough <sup>137</sup>Cs fallout redistribution analysis and conventional models. Acta geológica hispánica 35(3-4):251-259.
- Barito, F. 2000. Dinámica de factores asociados al uso de la tierra e implicaciones sobre el colapso ambiental de 1999 en la Costa Norte de Venezuela. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 104p.



- Barrantes, G; Romero, M; Díaz, J. 1997. Tasa de erosión y productividad en un sistema agrícola. *In* Perez, L. ed. Desarrollo rural sostenible en Costa Rica, avances y perspectivas. San José, CR, Porvenir. 269p.
- Barrantes, G; Vega, M. 2000. Evaluación del servicio hídrico en la cuenca del Río Savegre con fines de ordenamiento territorial (avance de informe). Costa Rica, Instituto de Políticas para la Sostenibilidad. 32p.
- Barrios R, A G. 2000. Distribución espacial del factor LS (RUSLE) usando procedimientos SIG compatibles con IDRISI: aplicación en una microcuenca andina. *Revista forestal Venezuela* 44(1):57 – 64.
- \_\_\_\_\_; Quiñónez, E. 2000. Evaluación de la erosión utilizando el modelo RUSLE, con apoyo de SIG. Aplicación en una microcuenca de los andes venezolanos. *Revista forestal venezolana* 44 (1): 65-71.
- Benites J,R; Saintraint D; Morimoto K. 1993. Degradación de suelos y producción agrícola en Argentina, Bolivia, Brasil, Chile y Paraguay. *In*. FAO. Erosión de suelos en América Latina. Santiago de Chile. p 83 – 116.
- Bermúdez M, M. 1980. Escorrentía superficial en el sistema de café [*Coffea arabica* L] poró [*Eritrina pueppigiana* (Walpers) O. F. Cook] y laurel [*Cordia alliodora* (R.&P) Cham] en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, UCR-CATIE. 74p.
- Bernal E, J. 1984. Manual de pastos y forrajes para Colombia. 4ª edición. Publicado por Federación Antioqueña de ganaderos (FEDEGAN). Bogotá, Colombia. 273 p.
- Camargo G, JC. 2001. Cobertura y uso de la tierra en la zona piloto de Costa Rica, Proyecto sistemas silvopastoriles integrados al manejo de ecosistemas, GEF-CATIE-BANCO MUNDIAL. Turrialba, CR. 19p.
- Carmona A, H. 1996. Planificación de cuencas hidrográficas: conceptualización sistemática de las cuencas hidrográficas. *In* FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Planificación y manejo integrado de cuencas hidrográficas en zonas áridas y semiáridas de América Latina. Santiago de Chile, 27-31p. (Serie Zonas áridas y semiáridas no.7).
- Casey L; Paolisso, M. 1996. Household response to soil degradation: a case study of gender and demographic dynamics in Honduras. Washington, DC. International Center for Ressearch Women. 47p.
- Castillo A, V. 1992. Estimación de la erosión del suelo a nivel de cuenca utilizando análisis espacial y percepción remota en El Salvador. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 70p.
- Castillo, E; Merlet, H; Janssen, P; Van Leeuwen, A. 2000. Sistema de información de recursos de tierras para la planificación: una herramienta de apoyo para la planificación y ordenamiento del uso del territorio. Santiago de Chile, FAO. 76p. (Informe Técnico no. 1).

- Caviglia, JL. 1999. Sustainable agriculture in Brazil: economic development and deforestation. Massachusetts, US, Edward Elgar. 160p. (New horizons in environmental economics).
- CENICAFE (Centro Nacional de Investigación de Café, CO). 1990. 50 años de CENICAFE 1938-1988. Conferencias conmemorativas. Chinchina, CO. 255p.
- Centro Científico Tropical. 1996. Valoración de los Servicios Ambientales de los Bosques de Costa Rica, San José, ODA, MINAE.
- Centro Científico Tropical. 1994. Estudio de zonificación agropecuaria en la región Pacífico Central. San José. CR. MAG-MIDEPLAN. p. irr.
- CEPAL (Comisión Económica Para América Latina y el Caribe). 1994. Políticas públicas para el desarrollo sustentable: la gestión integrada de cuencas. Santiago de Chile. 231p.
- Chaves A, E; Ramírez V, G; Zeledón U, R. 1991. Diagnóstico de los recursos naturales de la cuenca del Río Barranca, Costa Rica. Tesis Lic. Geo. Costa Rica, UCR. 338 p
- Chaves S; M; Angulo M, A; Barrantes M, J; Calderón A, G; Alfaro P, R; Chavarría S, E; Rodríguez F, J. 1998a. Opinión del productor respecto a los principales problemas y limitantes que afectan la agricultura de la caña de azúcar en Costa Rica. San José, CR, DIECA. 29p.
- \_\_\_\_\_. 1998b. Estimación del área cultivada con caña de azúcar en Costa Rica y determinación del índice de rendimiento agrícola, según región y rango de entrega de materia prima al ingenio. San José, CR, DIECA. 49p
- \_\_\_\_\_; Barrantes M, J; Villalobos M, C; Angulo M, A; Rodríguez R, M; Calderón A, G; Rodríguez F, J; Alfaro P, R. 2001. Estimación del área sembrada con caña de azúcar en Costa Rica, durante el año 2000, según región productora. San José, CR, DIECA. 125p
- Chaves, JC; Leopoldo, PR. 1991. Evaporação em solos nus da amazonia central. *Energía na Agricultura* 6(2):35-41
- CIDIAT (Centro Interamericano de desarrollo Integral de Aguas y Tierras). 1980. Diagnóstico físico conservacionista. Mérida, VE. 57p.
- \_\_\_\_\_. 1984. Metodología para determinación de prioridades en cuencas hidrográficas. Mérida, VE. 38p.
- Comerma, J. 1997. Directivas del proceso de evaluación de tierras y premisas para la descripción de unidades de tierras, y tipos de utilización de la tierras (TUT). *In Curso Evaluación de tierras y sostenibilidad de la agricultura en la región andina (1997, Tachira, VE) 1997 (Trabajos presentados)* Eds. F Chirinos; E Perez. Maracay, VE. IICA/CreA. 97p.
- Cordero C, D. sf. PROCUENCAS: un esquema de cobro y pago de servicio ambiental hídrico en la provincia de Heredia, Costa Rica. s.p.

- De Maria, IC; Lombardi Neto, F; Dechen, SCF; Castro, O.M. 1994. Fator da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) para a cultura de cana-de-açúcar. In: Resumos da X Reunião Brasileira de manejo e conservação do solo e da água, Florianópolis, p.148-149.
- Dengo J,M; Cotera J; Lücke O; Orlich D. 1999. Escenarios de uso del territorio para Costa Rica en el año 2025. In: Rodríguez A. Ed. Escenarios de uso del territorio para Costa Rica en el año 2025. SINADES. CR.
- Derksen, P; Azofeifa, R. 1997. Cuenca del Río Barranca; metodología para producir y conservar. Aqua internacional no.14:10-11.
- DI GREGORIO, A; JANSEN, L. 2000. Land cover classification system. Classification concepts and user manual, for software version 1.0. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. 179 p.
- Dossman G, M. 1996. Vademécum de campo: una herramienta guía para la recolección de información de cuencas hidrográficas (en línea). Santiago, CL. FAO. Consultado oct. 2001. Disponible en <http://www.rlc.fao.org/redes/redlach/bol3.htm>. (Boletín no. 1).
- Dourojeanni R, A; Paulet I, M. 1967. La ecuación universal de pérdida de suelo y su aplicación al planteamiento del uso de las tierras agrícolas: estudio del factor de las lluvias en el Perú. Lima, PE, Universidad Agraria. 78p. (Publicación no. 2)
- Dourojeanni, A; Jouravlev, A. 1999. Gestión de cuencas y ríos vinculados a centros urbanos. Santiago de Chile. CEPAL. p 176.
- Engel, B. 1999. Estimating soil erosion using RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) using Arc View. Purdue University. 10 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 1976. Esquema para la evaluación de tierras. Roma, IT, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 66 p. (Boletín de suelos no. 32)
- \_\_\_\_\_. 1985a. Directivas: evaluación de tierras para la agricultura de secano. Roma, IT, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 66 p. (Boletín de suelos no. 52)
- \_\_\_\_\_. 1985b. Guidelines: land evaluation for irrigated agriculture. Rome, IT, Food and Agriculture Organization of the United Nations. 66 p. (FAO Soils bulletin no. 55).
- \_\_\_\_\_. 1996. Planificación y manejo integrado de cuencas hidrográficas en zonas áridas y semiáridas. Santiago de Chile. 321 p. (Serie zonas áridas y semiáridas no. 7).
- \_\_\_\_\_. 2000. Estado mundial de la agricultura y la alimentación 2000. Roma.

- Feller, W. 1991. Introducción a la teoría de probabilidades y sus aplicaciones, México, DF, LIMUSA. 504p, Vol 1.
- Fundación Neotrópica-CEAP. 1995. Capacidad de uso de la tierra, clases forestales Costa Rica. Instituto Geográfico Nacional. Es. 1:50.000. 5h. Color.
- García P, JM. 2001. Análisis de los patrones espaciales de la vegetación en Extremadura mediante técnicas basadas en probabilidades de transición. Extremadura, ES, Universidad de Extremadura. 365p.
- García S, A. s.f. Tres pastos importantes. Guatemala, DIGESA. s.p.
- Guzmán L, P; Marín C, M. 1998. Estudio semidetallado de suelos, Cuenca alta del Río Barranca; Cantones de Naranjo y San Ramón. MAG, CR. 46 p.
- Herrera S, W; Gómez P, LD. 1993. Mapa de unidades bióticas de Costa Rica. Esc. 1:685.000. Color.
- ICAA (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados). 1990. Plan maestro de abastecimiento de agua potable de la Gran Área Metropolitana. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (Informe final. Tomo I).
- ICAFE (Instituto del Café de Costa Rica) - MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 1989. Manual de recomendaciones para el cultivo del café. 6 ed. San José, CR. 122p.
- IHCAFE (Instituto Hondureño del café). 1991. Guía técnica para el cultivo del café. Eds. MR Palma; FO Osorio. Tegucigalpa, HN. 52p.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS. 2001. IX Censo nacional de población y V de vivienda, Resultados generales, Costa Rica. 80p.
- ITCR (Instituto Tecnológico de Costa Rica). Atlas 200 de Costa Rica (Disco compacto).
- Jenness J. 2001. Random point generator, v 1.1. (en línea). Consultado ene. 2002. disponible en <http://arcscripts.esri.com/scripts.asp?eQuery=random+point&eLang=&eProd=&eRecs=10>.
- Kuntschik, G. 1996. Aplicacao da equacao universal de perdas de solo na microbacia do Ribero das Araras, atraves de tecnicas de sensoramento remoto e geoprocessamento. (en línea). Sao Jose dos Campos, BR. Instituto de Pesquisas Espaciais. Consultado 10 set. Disponible en <http://members.tripod.com/~GerardoKuntschik/index-5.html>
- Lambin, E. 1994. Modelling deforestation processes; a review. Luxembuorg, BE. European Commission. 112p. (Research report no 1).
- León P, C. Evaluación de tierras en la cuenca superior del Río Reventazón, Costa Rica: aplicación de un sistema automatizado -ALES- y un sistema de información geográfica -IDRISI. Tesis Mag Sc. Turrialba, CR, CATIE. 240p.

- Leopoldo, PR; Franken, WK; Villa Nova, NA. 1,995. Real evapotranspiration and transpiration through a tropical rain forest in central Amazonia as estimated by the water balance method. *Forest Ecology and Management*: 73 185 – 195.
- Luvall, Jeffrey C; Uhl, Christopher. 1990. Transpiration rates for several woody successional species and for a pasture in the upper Amazon basin in Venezuela. *Acta Amazónica* 20(único):29-38.
- MacVay, K. 1999. Image Warp v 2.0. (en línea). Consultado ene. 2002. disponible en <http://arcscripts.esri.com/details.asp?dbid=10118>.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, CR). 1997a. Diagnostico socioeconómico y plan de acción participativo de la comunidad de Llano Bonito, cuenca del Río Barranca Naranjo, CR. p. irr.
- \_\_\_\_\_. 1997b. Diagnostico socioeconómico y plan de acción participativo de la comunidad de Cañuela, cuenca del Río Barranca. Naranjo, CR. p. irr.
- MAG/MINAE/ODA. s.f. Pastos y Leguminosas en el Pacifico Central de Costa Rica. Proyecto de Fincas Ganaderas. Costa Rica. 35p.
- Mazier, D; Baumgartner, F; Lpetire, C. 1976. Clasificación de terrenos para la explotación de bosques tropicales. *Unasyuva* 28 (114):10-19.
- Mejías, E; Segura, B. 2001. Pago de Servicios ambientales en Centroamérica. Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible, Heredia. Costa Rica. 90 p.
- MINAE (Ministerio de ambiente y Energía, CR); PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). 2002. Geo Costa Rica: Una perspectiva sobre el medio ambiente, 2002. Observatorio del desarrollo, Universidad de Costa Rica, San José. 162p.
- Moore, ID; Burch, GJ. 1986. Physical basis of the length-slope factor in the universal soil loss equation. *Soil Science Society of America Journal* 50:1294-1298.
- Mora C, I. 1987. Evaluación de la pérdida de suelo mediante la ecuación universal (EUPS): aplicación para definir acciones de manejo en la cuenca del Río Pejibaye, vertiente atlántica, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 104p.
- Nearing, MA. 1997. A single, continuous function for slope steepness influence on soil loss. *Soil Science Society of American Journal*. 61:917-919.
- OEA. 1993. Manual sobre manejo de peligros naturales en la planificación para el desarrollo integrado. Washington, D.C.
- OFICINA DEL CAFÉ (CR). 1983. Manual de recomendaciones para el cultivo del café. 5 ed. San José, CR, MAG. 86p.

- Palacios A, G; Alfaro S, M. 1993. El modelo USLE en Costa Rica. *In*. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, CL). Erosión de suelos en América Latina (en línea). Santiago de Chile. Consultado 10 ene. 2001. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/t2351s/T2351S00.htm#Contents>
- Palencia O, A. 1990. Caracterización de sistemas agrícolas para efectos de generación – transferencia de tecnología apropiada: Conceptos, terminología y elementos para la caracterización. San José, CR, CORECA-CEE/IICA ALA 88 /23. 27 p. (Documento técnico no. 3)
- Pastor, J; Wolter, P. 2001. Mapping and modelling forest change in a boreal landscape. Natural Resources Research Institute.
- Pivello, V R; Coutinho, L M; 1996. A qualitative successional model to assist in the management of Brazilian cerrados. *Forest Ecology and Management*, 87, 127-138.
- Prado W, L do; Veiga, M da. 1993. Relación entre erosión y pérdida de fertilidad del suelo. *In* FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, CL) Erosión de suelos en América Latina (en línea). Santiago de Chile. Consultado 10 ene. 2001. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/t2351s/T2351S00.htm#Contents>
- Pujols C, E. 1988. Análisis de la disponibilidad y las demandas de agua para la planificación de los recursos hídricos de la cuenca del Río Barranca, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba. Costa Rica. 193 p
- Quiroz, R. A. 1994. Metodología de sistemas: Una herramienta para la solución de problemas productivos de pequeños agricultores. *In*: Producción de rumiantes menores en los valles interandinos de Sudamérica. (1993. Tarija, BO). 1994. Metodologías de investigación: memorias. Eds. Iñiguez y Tejada. Bolivia.
- Ramírez, S. 1999. La deforestación genera pobreza. *Revista forestal centroamericana* no. 25:42
- Ramírez V, G. 1998. Diagnóstico general de la situación ambiental actual de la cuenca del Río Barranca. Puntarenas, CR. A y A 19p.
- Renard, K; Foster, G; Weesies, G; McCool D; Yoder, D. 1996. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE). United States Department of Agriculture. 384p (Agriculture Handbook no. 703).
- Richters, E. 1987a. Manejo del uso de la tierra: El aspecto institucional. ABRA-UNA, no. 7-8: 341-353.
- \_\_\_\_\_. 1987b. Manejo del uso de la tierra en cuencas hidrográficas. *Revista del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica*. 32(1):20-31.
- \_\_\_\_\_. 1995. Manejo del uso de la tierra en América Central: Hacia el aprovechamiento sostenible del recurso tierra. San José, CR, IICA. 440 p.

- Rocha , J A. 1977. Erosion de suelos de pendientes cultivadas con maíz y frijol con diferentes grados de cobertura viva dentro de una plantación forestal. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, UCR-CATIE. 182p.
- Rodríguez L, R. 1996. Sistemas integrados de protección y producción: restauración hidrológica de cuencas hidrográficas. *In* FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Planificación y manejo integrado de cuencas hidrográficas en zonas áridas y semiáridas de América Latina. Santiago de Chile, 75-114p. (Serie Zonas áridas y semiáridas no. 7).
- Rossiter, D; Van Wambeke, A. 1991. ALES Version 3 User's manual. New York, US, Cornell University. s n.p
- \_\_\_\_\_; Jiménez, T; Van Wambeke, A. 1995 Sistema Automatizado para la evaluación de tierras ALES, Versión 4.5 en español, manual para usuarios. New York, Cornell University. 5 p.
- Saenz S, F. 1995. Identificación de áreas críticas para el manejo de un sector de la cuenca del Río Pacuare, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 145p.
- \_\_\_\_\_; Shultz, S; Hyman, G. 1997. Uso de un sistema de información (SIG) en la identificación de degradación de tierras y recursos hídricos. *Comunicación técnica* 6(18):18-22.
- Sancho V, F; Pratt, L. 1999. Estimación del Costo Marginal de los Servicios de Fijación de Carbono en Costa Rica. San José, CR. CLACDS. 31p
- Segura, M. 1999. Valoración del servicio de fijación y almacenamiento de carbono en bosques privados en el Area de Conservación Cordillera Volcánica Central, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 118p.
- Shaxson F. 2000. Nuevos Conceptos y enfoques para el manejo de suelos en los trópicos con énfasis en las zonas de ladera. Roma, IT, FAO. (Boletín de suelos no. 75).
- Sheaffer, R; Mendenhall, W; Ott, L. 1987. Elementos de muestreo. Trad. G Rendon, JR Gómez. Mexico, D.F., Grupo Editorial Iberoamérica. 321p.
- Stoorvogel, J; Bouma, J. 1996. Processes of soil degradation. *In* Castro, E; Kruseman, G, eds. Policies for sustainable land use in Costa Rica. San José, CR, Guayacán. P 31-38.
- Stoorvogel, J.J. 1995. Geographical information systems as a tool to explore land characteristics and land use; with reference to Costa Rica. Ph.D. Thesis. Wageningen, Wageningen Agricultural University. 151 p.
- Turner, D; Wear, D; Flamm, R. 1996. Land ownership and land-cover change in the southern Appalachian Highlands and the Olympic Peninsula. *Ecological Applications*. 6(4). 1996 1150-1172.

- Vahrson , W. 1990. El Potencial erosivo de la lluvia en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 14(1): 15-24.
- \_\_\_\_\_ ; Cervantes, C. 1991. Tasas de escorrentía superficial y erosión laminar en Puriscal, Costa Rica. Heredia, CR. Universidad Nacional. 27 p.
- \_\_\_\_\_. 1992. Problemas de la erosión hídrica en Costa Rica. *Biocenosis* 8(1 y 2): 41-51.
- \_\_\_\_\_ ; Palacios, G. 1993. Datos complementarios de erosión, escorrentía y pérdida de nutrientes en Cerbatana de Puriscal: resultados 1991. *Agronomía Costarricense* 17(2): 95-98.
- Villa C, A. 1989. Identificación de áreas críticas según tipos de erosión en la cuenca del Río Barranca, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 124 p.
- Villa Nova, NA; Salati, E; Matsui, E. 1976. Estimativa da evapotranspiracao na Bacia Amazonica. *Acta Amazonica* 6 (2):215-228.
- Weems, H E. 1990. The history and implications of soil degradation for the small agriculturalist: Lanas de Puriscal. Spring Associated College of the Midwest. 48p.
- Wischmeier, W; Smith D. 1978. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington DC, United States Department of Agriculture. 58p (Agriculture Handbook no. 537).



## 8 ANEXOS

Anexo 1A. Características de las unidades cartográficas, utilizadas en la evaluación de tierras de la cuenca del Río Barranca

| No. UC | BITp | PrPI | EvTp | pH | FeSu | PrSu | MtOg | PdTe | Text | Drnj | MeSe | AICñ | AICf | Erpp | CA_ha | Alpa  |
|--------|------|------|------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| 1      | Me   | Al   | Me   | MA | Ba   | PP   | Al   | PM   | MF   | Ex   | Mo   | Al   | Me   | Al   | Me    | Medio |
| 2      | Me   | Al   | Me   | MA | Ba   | PP   | Al   | PM   | MF   | Ex   | Mo   | Al   | Me   | Al   | Me    | Medio |
| 3      | Me   | Me   | Me   | Ne | Ba   | Pr   | MA   | PM   | Me   | Me   | Mo   | Al   | Me   | Al   | Me    | Medio |
| 4      | Me   | Al   | Me   | Ne | Ba   | Pr   | MA   | PM   | Me   | Me   | Mo   | Al   | Me   | Al   | Me    | Medio |
| 5      | Me   | Al   | Me   | MA | Ba   | MP   | Me   | PM   | Fi   | Me   | Mo   | Al   | Ba   | Al   | Me    | Medio |
| 6      | Me   | MA   | Me   | MA | Ba   | MP   | Me   | PM   | Fi   | Me   | Mo   | Al   | Me   | MA   | Ba    | Medio |
| 7      | Me   | Me   | Me   | Ac | Ba   | Pr   | Al   | PM   | Me   | Me   | Mo   | Al   | Ba   | Me   | Al    | Medio |
| 8      | Me   | Al   | Me   | Ac | Ba   | Pr   | Al   | PM   | Me   | Me   | Mo   | Al   | Ba   | Al   | Me    | Medio |
| 9      | Me   | MA   | Me   | Ac | Ba   | Pr   | Al   | PM   | Me   | Me   | Mo   | Al   | Ba   | Al   | Me    | Medio |
| 10     | Me   | Me   | Me   | Ac | Me   | Pr   | Me   | PM   | MF   | Me   | Mo   | Al   | Ba   | Al   | Me    | Medio |
| 11     | Me   | Al   | Me   | Ac | Me   | Pr   | Me   | PM   | MF   | Me   | Mo   | Al   | Ba   | Al   | Me    | Medio |
| 12     | Me   | Me   | Me   | Ne | Ba   | Pr   | MA   | PM   | Me   | Me   | Se   | Al   | Me   | Al   | Me    | Medio |
| 13     | Me   | Me   | Me   | MA | Ba   | MP   | Me   | PM   | Fi   | Me   | Se   | Me   | Ba   | Me   | Al    | Bajo  |
| 14     | Me   | Al   | Me   | MA | Ba   | MP   | Me   | PM   | Fi   | Me   | Se   | Al   | Ba   | MA   | Ba    | Medio |
| 15     | Me   | MA   | Me   | MA | Ba   | MP   | Me   | PM   | Fi   | Me   | Se   | Al   | Ba   | MA   | Ba    | Medio |
| 16     | Me   | MB   | Me   | MA | Ba   | Pr   | Al   | PM   | FM   | Me   | Se   | Al   | Me   | Mo   | Al    | Medio |
| 17     | Me   | Ba   | Me   | MA | Ba   | Pr   | Al   | PM   | FM   | Me   | Se   | Al   | Ba   | Mo   | Al    | Medio |
| 18     | Me   | MB   | Me   | Ac | Me   | Pr   | Me   | PM   | Me   | Me   | Se   | Al   | Me   | Mo   | Al    | Medio |
| 19     | Me   | Ba   | Me   | Ac | Me   | Pr   | Me   | PM   | MF   | Me   | Se   | Al   | Ba   | Me   | Al    | Medio |
| 20     | Me   | Me   | Me   | Ac | Me   | Pr   | Me   | PM   | MF   | Me   | Se   | Me   | Ba   | MA   | Ba    | Bajo  |
| 21     | Me   | Al   | Me   | Ac | Me   | Pr   | Me   | PM   | MF   | Me   | Se   | Al   | Ba   | MA   | Ba    | Medio |
| 22     | Me   | Me   | Me   | LA | Me   | Pr   | MA   | PM   | Me   | Me   | MS   | Me   | Ba   | MA   | Ba    | Bajo  |
| 23     | Me   | Al   | Me   | LA | Me   | Pr   | MA   | PM   | Me   | Me   | MS   | Me   | Ba   | MA   | Ba    | Bajo  |
| 24     | Me   | MA   | Me   | LA | Me   | Pr   | MA   | PM   | Me   | Me   | MS   | Me   | Ba   | MA   | Ba    | Bajo  |
| 25     | Me   | Me   | Me   | MA | Ba   | MP   | Me   | PM   | Fi   | Me   | MS   | Me   | Ba   | Me   | Al    | Bajo  |
| 26     | Me   | Ba   | Me   | MA | Ba   | Pr   | Al   | PM   | FM   | Me   | MS   | Al   | Ba   | Mo   | Al    | Medio |
| 27     | Me   | Ba   | Me   | Ac | Ba   | Pr   | Me   | PM   | Me   | Me   | MS   | Al   | Ba   | Me   | Al    | Medio |
| 28     | Me   | Ba   | Me   | Ac | Me   | Pr   | Me   | PM   | MF   | Me   | MS   | Al   | Ba   | Al   | Me    | Medio |
| 29     | Me   | Me   | Me   | Ac | Me   | Pr   | Me   | PM   | MF   | Me   | MS   | Me   | Ba   | MA   | Ba    | Bajo  |
| 30     | Me   | Ba   | Me   | Ac | Ba   | Pr   | Me   | PM   | Me   | Me   | MS   | Al   | Ba   | Me   | Al    | Medio |
| 31     | Me   | Ba   | Me   | Ac | Me   | Pr   | Me   | PM   | MF   | Me   | MS   | Al   | Ba   | Al   | Me    | Medio |
| 32     | Al   | Al   | Al   | LA | Me   | Pr   | MA   | PM   | Me   | Me   | Se   | Me   | Ba   | MA   | Ba    | Bajo  |
| 33     | Al   | MA   | Al   | LA | Me   | Pr   | MA   | PM   | Me   | Me   | Se   | Me   | Ba   | MA   | Ba    | Bajo  |
| 34     | Al   | Me   | Al   | MA | Ba   | MP   | Me   | PM   | Fi   | Me   | Se   | Me   | Ba   | Me   | Al    | Bajo  |
| 35     | Al   | Al   | Al   | MA | Ba   | MP   | Me   | PM   | Fi   | Me   | Se   | Ba   | Ba   | Al   | Me    | Bajo  |
| 36     | Al   | Al   | Al   | LA | Me   | Pr   | Al   | PM   | MF   | Me   | MS   | MB   | MB   | Me   | Al    | Bajo  |
| 37     | Al   | MA   | Al   | LA | Me   | Pr   | Al   | PM   | MF   | Me   | MS   | Ba   | MB   | MA   | Ba    | Bajo  |
| 38     | Al   | Ba   | Al   | Ne | MA   | Pr   | MA   | PM   | Fi   | Me   | MS   | MB   | MB   | Mo   | Al    | Bajo  |

| No. UC | BiTp | PrPl | EvTp | pH | FeSu | PrSu | MtOg | PdTe | Text | Drnj | MeSe | AICfi | AICf | Erpp | CA_ha | Alpa  |
|--------|------|------|------|----|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|
| 39     | Al   | Ba   | Al   | Ne | MA   | Pr   | MA   | PM   | Fi   | Me   | MS   | MB    | MB   | Mo   | Al    | Bajo  |
| 40     | Al   | Me   | Al   | Ne | MA   | Pr   | MA   | PM   | Fi   | Me   | MS   | MB    | MB   | Mo   | Al    | Bajo  |
| 41     | Al   | Al   | Al   | Ne | MA   | Pr   | MA   | PM   | Fi   | Me   | MS   | Ba    | MB   | Me   | Al    | Bajo  |
| 42     | Al   | MA   | Al   | LA | Me   | Pr   | MA   | PM   | Me   | Me   | MS   | Ba    | Ba   | MA   | Ba    | Bajo  |
| 43     | Al   | Me   | Al   | MA | Ba   | MP   | Me   | PM   | Fi   | Me   | MS   | Me    | Ba   | Me   | Al    | Bajo  |
| 44     | Al   | Al   | Al   | MA | Ba   | MP   | Me   | PM   | Fi   | Me   | MS   | Ba    | MB   | Al   | Me    | Bajo  |
| 45     | Al   | MA   | Al   | MA | Ba   | MP   | Me   | PM   | Fi   | Me   | MS   | Ba    | MB   | MA   | Ba    | Bajo  |
| 46     | Al   | Ba   | Al   | Ne | MA   | Pr   | MA   | PM   | Fi   | Me   | MS   | MB    | MB   | Mo   | Al    | Bajo  |
| 47     | Al   | MB   | Al   | Ac | MB   | Su   | Me   | PM   | Me   | De   | MS   | MB    | MB   | Mo   | Al    | Bajo  |
| 48     | Al   | Ba   | Al   | Ne | MA   | Pr   | MA   | PM   | Fi   | Me   | MS   | MB    | MB   | Mo   | Al    | Bajo  |
| 49     | Al   | MB   | Al   | Ne | MA   | Pr   | MA   | PM   | Fi   | Me   | MS   | MB    | MB   | Mo   | Al    | Bajo  |
| 50     | Al   | Ba   | Al   | Ne | MA   | Pr   | MA   | PM   | Fi   | Me   | MS   | MB    | MB   | Mo   | Al    | Bajo  |
| 51     | Al   | MB   | Al   | Ac | MB   | Su   | Me   | PM   | Me   | De   | MS   | MB    | MB   | Mo   | Al    | Bajo  |
| 52     | Al   | MB   | Al   | Ac | Ba   | Su   | Me   | PM   | MG   | Ex   | MS   | MB    | MB   | Mo   | Al    | Bajo  |
| 53     | Al   | Ba   | Al   | Ac | Ba   | Su   | Me   | PM   | MG   | Ex   | MS   | MB    | MB   | Mo   | Al    | Bajo  |
| 54     | Ba   | Al   | Ba   | MA | Ba   | PP   | Al   | PM   | MF   | Ex   | Mo   | Al    | Me   | Al   | Me    | Medio |
| 55     | Ba   | MA   | Ba   | MA | Ba   | PP   | Al   | PM   | MF   | Ex   | Mo   | Al    | Me   | Al   | Me    | Medio |
| 56     | Ba   | Al   | Ba   | MA | Ba   | MP   | Me   | PM   | Fi   | Me   | Mo   | Al    | Ba   | Al   | Me    | Medio |
| 57     | Ba   | MA   | Ba   | MA | Ba   | MP   | Me   | PM   | Fi   | Me   | Mo   | Al    | Me   | MA   | Ba    | Medio |
| 58     | Ba   | Al   | Ba   | Ac | Ba   | Pr   | Al   | PM   | Me   | Me   | Mo   | Al    | Ba   | Al   | Me    | Medio |
| 59     | Ba   | MA   | Ba   | Ac | Ba   | Pr   | Al   | PM   | Me   | Me   | Mo   | Al    | Me   | Al   | Me    | Medio |
| 60     | Ba   | Al   | Ba   | Ac | Me   | Pr   | Me   | PM   | MF   | Me   | Mo   | Al    | Ba   | MA   | Ba    | Medio |
| 61     | Ba   | Me   | Ba   | Ne | Ba   | Pr   | MA   | PM   | Me   | Me   | Se   | Al    | Me   | Me   | Al    | Medio |
| 62     | Ba   | Al   | Ba   | Ne | Ba   | Pr   | MA   | PM   | Me   | Me   | Se   | Al    | Me   | Al   | Me    | Medio |
| 63     | Ba   | Me   | Ba   | MA | Ba   | MP   | Me   | PM   | Fi   | Me   | Se   | Al    | Me   | Me   | Al    | Medio |
| 64     | Ba   | MB   | Ba   | MA | Me   | Pr   | MA   | PM   | MF   | Me   | Se   | MA    | Me   | Ba   | Al    | Medio |
| 65     | Ba   | Ba   | Ba   | MA | Me   | Pr   | MA   | PM   | MF   | Me   | Se   | MA    | Me   | Ba   | Al    | Medio |
| 66     | Ba   | Me   | Ba   | MA | Me   | Pr   | MA   | PM   | MF   | Me   | Se   | MA    | Me   | Ba   | Al    | Medio |
| 67     | Ba   | MB   | Ba   | Ac | Me   | Pr   | Me   | PM   | Me   | Me   | Se   | Al    | Me   | Ba   | Al    | Medio |
| 68     | Ba   | Ba   | Ba   | Ac | Me   | Pr   | Me   | PM   | Me   | Me   | Se   | MA    | Me   | Ba   | Al    | Medio |
| 69     | Ba   | Ba   | Ba   | MA | Ba   | Pr   | MA   | PM   | MG   | Me   | Se   | MA    | Al   | Ba   | Al    | Alto  |
| 70     | Ba   | Me   | Ba   | MA | Ba   | Pr   | MA   | PM   | MG   | Me   | Se   | MA    | Al   | Ba   | Al    | Alto  |
| 71     | Ba   | Al   | Ba   | MA | Ba   | PP   | Al   | PM   | MF   | Ex   | Mo   | Al    | Me   | Al   | Me    | Medio |
| 72     | Ba   | MA   | Ba   | MA | Ba   | PP   | Al   | PM   | MF   | Ex   | Mo   | Al    | Me   | Al   | Me    | Medio |
| 73     | Ba   | Al   | Ba   | Ne | Ba   | Pr   | MA   | PM   | Me   | Me   | Mo   | Al    | Me   | Al   | Me    | Medio |
| 74     | Me   | Al   | Me   | MA | Ba   | PP   | Al   | On   | MF   | Ex   | Mo   | Al    | Me   | Al   | MB    | Medio |
| 75     | Me   | Al   | Me   | MA | Ba   | PP   | Al   | On   | MF   | Ex   | Mo   | Al    | Me   | Al   | MB    | Medio |
| 76     | Me   | Al   | Me   | Ne | Ba   | Pr   | MA   | On   | Me   | Me   | Mo   | Al    | Me   | Al   | MB    | Medio |
| 77     | Me   | Al   | Me   | MA | Ba   | MP   | Me   | On   | Fi   | Me   | Mo   | Al    | Me   | Al   | MB    | Medio |
| 78     | Al   | Ba   | Al   | Ne | MA   | Pr   | MA   | On   | Fi   | Me   | MS   | Ba    | MB   | Mo   | Me    | Bajo  |
| 79     | Al   | Me   | Al   | Ne | MA   | Pr   | MA   | On   | Fi   | Me   | MS   | Ba    | MB   | Mo   | Me    | Bajo  |
| 80     | Al   | MB   | Al   | Ne | MA   | Pr   | MA   | On   | Fi   | Me   | MS   | MB    | MB   | Mo   | Me    | Bajo  |

| No. UC | BITp | PrPI | EvTp | pH | FeSu | PrSu | MtOg | PdTe | Text | Drnj | MeSe | AICñ | AICf | Erpp | CA_ha | Alpa  |
|--------|------|------|------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| 81     | Al   | Ba   | Al   | Ne | MA   | Pr   | MA   | On   | Fi   | Me   | MS   | Ba   | MB   | Mo   | Me    | Bajo  |
| 82     | Ba   | Al   | Ba   | MA | Ba   | PP   | Al   | On   | MF   | Ex   | Se   | Al   | Me   | Al   | MB    | Medio |
| 83     | Ba   | Al   | Ba   | Ne | Ba   | Pr   | MA   | On   | Me   | Me   | Se   | Al   | Me   | Al   | MB    | Medio |
| 84     | Ba   | Al   | Ba   | MA | Ba   | PP   | Al   | On   | MF   | Ex   | Mo   | Al   | Me   | Al   | MB    | Medio |
| 85     | Ba   | Al   | Ba   | Ne | Ba   | Pr   | MA   | On   | Me   | Me   | Mo   | Al   | Me   | Al   | MB    | Medio |
| 86     | Me   | Al   | Me   | MA | Ba   | PP   | Al   | FO   | MF   | Ex   | Mo   | Al   | Me   | Al   | Nu    | Medio |
| 87     | Me   | Me   | Me   | Ne | Ba   | Pr   | MA   | FO   | Me   | Me   | Mo   | Al   | Me   | Al   | Nu    | Medio |
| 88     | Me   | Al   | Me   | Ne | Ba   | Pr   | MA   | FO   | Me   | Me   | Mo   | Al   | Me   | Al   | Nu    | Medio |
| 89     | Me   | Al   | Me   | MA | Ba   | MP   | Me   | FO   | Fi   | Me   | Mo   | Al   | Ba   | Al   | Nu    | Medio |
| 90     | Me   | MA   | Me   | MA | Ba   | MP   | Me   | FO   | Fi   | Me   | Mo   | Al   | Me   | MA   | Nu    | Medio |
| 91     | Me   | Me   | Me   | Ac | Ba   | Pr   | Al   | FO   | Me   | Me   | Mo   | Al   | Ba   | Me   | MB    | Medio |
| 92     | Me   | Al   | Me   | Ac | Ba   | Pr   | Al   | FO   | Me   | Me   | Mo   | Al   | Ba   | Al   | Nu    | Medio |
| 93     | Me   | MA   | Me   | Ac | Ba   | Pr   | Al   | FO   | Me   | Me   | Mo   | Al   | Me   | Al   | Nu    | Medio |
| 94     | Me   | Me   | Me   | Ac | Me   | Pr   | Me   | FO   | MF   | Me   | Mo   | Al   | Ba   | Me   | MB    | Medio |
| 95     | Me   | Al   | Me   | Ac | Me   | Pr   | Me   | FO   | MF   | Me   | Mo   | Al   | Ba   | MA   | Nu    | Medio |
| 96     | Me   | Me   | Me   | Ne | Ba   | Pr   | MA   | FO   | Me   | Me   | Se   | Al   | Me   | Me   | MB    | Medio |
| 97     | Me   | Me   | Me   | MA | Ba   | MP   | Me   | FO   | Fi   | Me   | Se   | Al   | Ba   | Al   | Nu    | Medio |
| 98     | Me   | Al   | Me   | MA | Ba   | MP   | Me   | FO   | Fi   | Me   | Se   | Me   | Ba   | MA   | Nu    | Bajo  |
| 99     | Me   | MA   | Me   | MA | Ba   | MP   | Me   | FO   | Fi   | Me   | Se   | Me   | Ba   | MA   | Nu    | Bajo  |
| 100    | Me   | MB   | Me   | MA | Ba   | Pr   | Al   | FO   | FM   | Me   | Se   | Al   | Me   | Mo   | Ba    | Medio |
| 101    | Me   | Ba   | Me   | MA | Ba   | Pr   | Al   | FO   | FM   | Me   | Se   | Al   | Ba   | Mo   | Ba    | Medio |
| 102    | Me   | MB   | Me   | Ac | Me   | Pr   | Me   | FO   | Me   | Me   | Se   | Al   | Me   | Mo   | Ba    | Medio |
| 103    | Me   | Ba   | Me   | Ac | Me   | Pr   | Me   | FO   | MF   | Me   | Se   | Al   | Ba   | Me   | MB    | Medio |
| 104    | Me   | Me   | Me   | Ac | Me   | Pr   | Me   | FO   | MF   | Me   | Se   | Al   | Ba   | Al   | Nu    | Medio |
| 105    | Al   | Me   | Me   | Ac | Me   | Pr   | Me   | FO   | MF   | Me   | Se   | Me   | Ba   | MA   | Nu    | Bajo  |
| 106    | Me   | MA   | Me   | Ac | Me   | Pr   | Me   | FO   | MF   | Me   | Se   | Me   | Ba   | MA   | Nu    | Bajo  |
| 107    | Me   | Me   | Me   | LA | Me   | Pr   | MA   | FO   | Me   | Me   | MS   | Al   | Ba   | MA   | Nu    | Medio |
| 108    | Me   | Al   | Me   | LA | Me   | Pr   | MA   | FO   | Me   | Me   | MS   | Me   | Ba   | MA   | Nu    | Bajo  |
| 109    | Me   | MA   | Me   | LA | Me   | Pr   | MA   | FO   | Me   | Me   | MS   | Me   | Ba   | MA   | Nu    | Bajo  |
| 110    | Me   | Me   | Me   | Ne | Ba   | Pr   | MA   | FO   | Me   | Me   | MS   | Me   | Ba   | Me   | MB    | Bajo  |
| 111    | Me   | Me   | Me   | MA | Ba   | MP   | Me   | FO   | Fi   | Me   | MS   | Me   | Ba   | Me   | MB    | Bajo  |
| 112    | Me   | Al   | Me   | MA | Ba   | MP   | Me   | FO   | Fi   | Me   | MS   | Al   | Ba   | MA   | Nu    | Medio |
| 113    | Me   | Ba   | Me   | Ac | Ba   | Pr   | Me   | FO   | Me   | Me   | MS   | Al   | Ba   | Me   | MB    | Medio |
| 114    | Me   | Ba   | Me   | Ac | Me   | Pr   | Me   | FO   | MF   | Me   | MS   | Al   | Ba   | Al   | Nu    | Medio |
| 115    | Me   | Me   | Me   | Ac | Me   | Pr   | Me   | FO   | MF   | Me   | MS   | Al   | Ba   | MA   | Nu    | Medio |
| 116    | Me   | Al   | Me   | Ac | Me   | Pr   | Me   | FO   | MF   | Me   | MS   | Al   | Ba   | MA   | Nu    | Medio |
| 117    | Me   | Ba   | Me   | Ac | Me   | Pr   | Me   | FO   | MF   | Me   | MS   | Al   | Ba   | Al   | Nu    | Medio |
| 118    | Al   | Me   | Al   | MA | Ba   | MP   | Me   | FO   | Fi   | Me   | Se   | Me   | Ba   | Me   | MB    | Bajo  |
| 119    | Al   | Al   | Al   | MA | Ba   | MP   | Me   | FO   | Fi   | Me   | Se   | Ba   | Ba   | Al   | Nu    | Bajo  |
| 120    | Al   | MA   | Al   | MA | Ba   | MP   | Me   | FO   | Fi   | Me   | Se   | Ba   | Ba   | MA   | Nu    | Bajo  |
| 121    | Al   | Al   | Al   | Ac | Me   | Pr   | Me   | FO   | MF   | Me   | Se   | Me   | Ba   | MA   | Nu    | Bajo  |
| 122    | Al   | Al   | Al   | LA | Me   | Pr   | Al   | FO   | MF   | Me   | MS   | Ba   | MB   | Me   | MB    | Bajo  |

| No. UC | BIp | PrPI | EvTp | pH | FeSu | PrSu | MtOg | PdTe | Text | Drnj | MeSe | AICñ | AICf | Erpp | CA_ha | Alpa  |
|--------|-----|------|------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| 123    | AI  | MA   | AI   | LA | Me   | Pr   | AI   | FO   | MF   | Me   | MS   | Ba   | MB   | AI   | Nu    | Bajo  |
| 124    | AI  | Ba   | AI   | Ne | MA   | Pr   | MA   | FO   | Fi   | Me   | MS   | MB   | MB   | Mo   | Ba    | Bajo  |
| 125    | AI  | Ba   | AI   | Ne | MA   | Pr   | MA   | FO   | Fi   | Me   | MS   | MB   | MB   | Mo   | Ba    | Bajo  |
| 126    | AI  | Me   | AI   | Ne | MA   | Pr   | MA   | FO   | Fi   | Me   | MS   | Ba   | MB   | Mo   | Ba    | Bajo  |
| 127    | AI  | AI   | AI   | Ne | MA   | Pr   | MA   | FO   | Fi   | Me   | MS   | Ba   | MB   | Me   | MB    | Bajo  |
| 128    | AI  | MA   | AI   | LA | Me   | Pr   | MA   | FO   | Me   | Me   | MS   | Ba   | Ba   | MA   | Nu    | Bajo  |
| 129    | AI  | Me   | AI   | MA | Ba   | MP   | Me   | FO   | Fi   | Me   | MS   | Ba   | Ba   | Me   | MB    | Bajo  |
| 130    | AI  | AI   | AI   | MA | Ba   | MP   | Me   | FO   | Fi   | Me   | MS   | Ba   | MB   | Me   | MB    | Bajo  |
| 131    | AI  | MA   | AI   | MA | Ba   | MP   | Me   | FO   | Fi   | Me   | MS   | Ba   | MB   | MA   | Nu    | Bajo  |
| 132    | AI  | Ba   | AI   | Ne | MA   | Pr   | MA   | FO   | Fi   | Me   | MS   | Ba   | MB   | Mo   | Ba    | Bajo  |
| 133    | AI  | Ba   | AI   | Ne | MA   | Pr   | MA   | FO   | Fi   | Me   | MS   | MB   | MB   | Mo   | Ba    | Bajo  |
| 134    | AI  | MB   | AI   | Ne | MA   | Pr   | MA   | FO   | Fi   | Me   | MS   | MB   | MB   | Mo   | Ba    | Bajo  |
| 135    | AI  | Ba   | AI   | Ne | MA   | Pr   | MA   | FO   | Fi   | Me   | MS   | MB   | MB   | Mo   | Ba    | Bajo  |
| 136    | AI  | MB   | AI   | Ac | Ba   | Su   | Me   | FO   | MG   | Ex   | MS   | MB   | MB   | Mo   | Ba    | Bajo  |
| 137    | AI  | Ba   | AI   | Ac | Ba   | Su   | Me   | FO   | MG   | Ex   | MS   | MB   | MB   | Mo   | Ba    | Bajo  |
| 138    | Ba  | AI   | Ba   | MA | Ba   | PP   | AI   | FO   | MF   | Ex   | Mo   | AI   | Me   | AI   | Nu    | Medio |
| 139    | Ba  | MA   | Ba   | MA | Ba   | PP   | AI   | FO   | MF   | Ex   | Mo   | AI   | Me   | AI   | Nu    | Medio |
| 140    | Ba  | AI   | Ba   | MA | Ba   | MP   | Me   | FO   | Fi   | Me   | Mo   | AI   | Me   | MA   | Nu    | Medio |
| 141    | Ba  | MA   | Ba   | MA | Ba   | MP   | Me   | FO   | Fi   | Me   | Mo   | AI   | Me   | AI   | Nu    | Medio |
| 142    | Ba  | AI   | Ba   | Ac | Ba   | Pr   | AI   | FO   | Me   | Me   | Mo   | AI   | Me   | AI   | Nu    | Medio |
| 143    | Ba  | MA   | Ba   | Ac | Ba   | Pr   | AI   | FO   | Me   | Me   | Mo   | AI   | Me   | AI   | Nu    | Medio |
| 144    | Ba  | AI   | Ba   | Ac | Me   | Pr   | Me   | FO   | MF   | Me   | Mo   | AI   | Ba   | MA   | Nu    | Medio |
| 145    | Ba  | Me   | Ba   | Ne | Ba   | Pr   | MA   | FO   | Me   | Me   | Se   | AI   | Me   | Me   | MB    | Medio |
| 146    | Ba  | AI   | Ba   | Ne | Ba   | Pr   | MA   | FO   | Me   | Me   | Se   | AI   | Me   | Me   | MB    | Medio |
| 147    | Ba  | Me   | Ba   | MA | Ba   | MP   | Me   | FO   | Fi   | Me   | Se   | AI   | Me   | Me   | MB    | Medio |
| 148    | Ba  | MB   | Ba   | MA | Me   | Pr   | MA   | FO   | MF   | Me   | Se   | AI   | Me   | Ba   | Me    | Medio |
| 149    | Ba  | Ba   | Ba   | MA | Me   | Pr   | MA   | FO   | MF   | Me   | Se   | MA   | Me   | Ba   | Me    | Medio |
| 150    | Ba  | Me   | Ba   | MA | Me   | Pr   | MA   | FO   | MF   | Me   | Se   | MA   | AI   | Ba   | Me    | Alto  |
| 151    | Ba  | MB   | Ba   | Ac | Me   | Pr   | Me   | FO   | Me   | Me   | Se   | AI   | Me   | Ba   | Me    | Medio |
| 152    | Ba  | Ba   | Ba   | Ac | Me   | Pr   | Me   | FO   | Me   | Me   | Se   | MA   | Me   | Ba   | Me    | Medio |
| 153    | Ba  | Ba   | Ba   | MA | Ba   | Pr   | MA   | FO   | MG   | Me   | Se   | MA   | AI   | Ba   | Me    | Alto  |
| 154    | Ba  | Me   | Ba   | MA | Ba   | Pr   | MA   | FO   | MG   | Me   | Se   | MA   | AI   | Ba   | Me    | Alto  |
| 155    | Ba  | AI   | Ba   | MA | Ba   | PP   | AI   | FO   | MF   | Ex   | Mo   | AI   | Me   | AI   | Nu    | Medio |
| 156    | Ba  | AI   | Ba   | MA | Ba   | PP   | AI   | FO   | MF   | Ex   | Mo   | AI   | Me   | AI   | Nu    | Medio |
| 157    | Ba  | MA   | Ba   | MA | Ba   | PP   | AI   | FO   | MF   | Ex   | Mo   | AI   | Me   | AI   | Nu    | Medio |
| 158    | Ba  | AI   | Ba   | Ne | Ba   | Pr   | MA   | FO   | Me   | Me   | Mo   | AI   | Me   | AI   | Nu    | Medio |
| 159    | Ba  | MA   | Ba   | Ac | Ba   | Pr   | AI   | FO   | Me   | Me   | Mo   | AI   | Me   | AI   | Nu    | Medio |
| 160    | Me  | AI   | Me   | MA | Ba   | PP   | AI   | Es   | MF   | Ex   | Mo   | AI   | Me   | AI   | Nu    | Medio |
| 161    | Me  | AI   | Me   | MA | Ba   | PP   | AI   | Es   | MF   | Ex   | Mo   | AI   | Me   | AI   | Nu    | Medio |
| 162    | Me  | AI   | Me   | Ne | Ba   | Pr   | MA   | Es   | Me   | Me   | Mo   | AI   | Me   | AI   | Nu    | Medio |
| 163    | Me  | AI   | Me   | MA | Ba   | MP   | Me   | Es   | Fi   | Me   | Mo   | AI   | Ba   | AI   | Nu    | Medio |
| 164    | Me  | MA   | Me   | MA | Ba   | MP   | Me   | Es   | Fi   | Me   | Mo   | AI   | Me   | MA   | Nu    | Medio |

| No. UC | BiTp | PrPI | EvTp | pH | FeSu | PrSu | MtOg | PdTe | Text | Drnj | MeSe | AICñ | AICf | Erpp | CA_ha | Alpa  |
|--------|------|------|------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| 165    | Me   | Al   | Me   | Ac | Ba   | Pr   | Al   | Es   | Me   | Me   | Mo   | Al   | Ba   | Al   | Nu    | Medio |
| 166    | Me   | Al   | Me   | Ac | Me   | Pr   | Me   | Es   | MF   | Me   | Mo   | Al   | Ba   | MA   | Nu    | Medio |
| 167    | Me   | Me   | Me   | MA | Ba   | MP   | Me   | Es   | Fi   | Me   | Se   | Me   | Ba   | Al   | Nu    | Bajo  |
| 168    | Me   | MA   | Me   | MA | Ba   | MP   | Me   | Es   | Fi   | Me   | Se   | Me   | Ba   | Al   | Nu    | Bajo  |
| 169    | Me   | MA   | Me   | MA | Ba   | MP   | Me   | Es   | Fi   | Me   | Se   | Me   | Ba   | MA   | Nu    | Bajo  |
| 170    | Me   | Ba   | Me   | Ac | Me   | Pr   | Me   | Es   | MF   | Me   | Se   | Me   | Ba   | Al   | Nu    | Bajo  |
| 171    | Me   | Me   | Me   | Ac | Me   | Pr   | Me   | Es   | MF   | Me   | Se   | Me   | Ba   | MA   | Nu    | Bajo  |
| 172    | Me   | Al   | Me   | Ac | Me   | Pr   | Me   | Es   | MF   | Me   | Se   | Me   | Ba   | MA   | Nu    | Bajo  |
| 173    | Me   | Ba   | Me   | LA | Me   | Pr   | MA   | Es   | Me   | Me   | MS   | Al   | Me   | Al   | Nu    | Medio |
| 174    | Me   | Me   | Me   | LA | Me   | Pr   | MA   | Es   | Me   | Me   | MS   | Al   | Ba   | MA   | Nu    | Medio |
| 175    | Me   | Al   | Me   | LA | Me   | Pr   | MA   | Es   | Me   | Me   | MS   | Me   | Ba   | MA   | Nu    | Bajo  |
| 176    | Me   | MA   | Me   | LA | Me   | Pr   | MA   | Es   | Me   | Me   | MS   | Me   | Ba   | MA   | Nu    | Bajo  |
| 177    | Me   | Al   | Me   | MA | Ba   | MP   | Me   | Es   | Fi   | Me   | MS   | Al   | Ba   | MA   | Nu    | Medio |
| 178    | Me   | Ba   | Me   | Ac | Me   | Pr   | Me   | Es   | MF   | Me   | MS   | Al   | Ba   | Al   | Nu    | Medio |
| 179    | Me   | Me   | Me   | Ac | Me   | Pr   | Me   | Es   | MF   | Me   | MS   | Al   | Ba   | MA   | Nu    | Medio |
| 180    | Me   | Ba   | Me   | Ac | Me   | Pr   | Me   | Es   | MF   | Me   | MS   | Me   | Ba   | Al   | Nu    | Bajo  |
| 181    | Al   | Al   | Al   | LA | Me   | Pr   | MA   | Es   | Me   | Me   | Se   | Ba   | Ba   | MA   | Nu    | Bajo  |
| 182    | Al   | MA   | Al   | LA | Me   | Pr   | MA   | Es   | Me   | Me   | Se   | Ba   | Ba   | MA   | Nu    | Bajo  |
| 183    | Al   | Al   | Al   | MA | Ba   | MP   | Me   | Es   | Fi   | Me   | Se   | Ba   | Ba   | Al   | Nu    | Bajo  |
| 184    | Al   | MA   | Al   | MA | Ba   | MP   | Me   | Es   | Fi   | Me   | Se   | Ba   | Ba   | MA   | Nu    | Bajo  |
| 185    | Al   | Al   | Al   | LA | Me   | Pr   | Al   | Es   | MF   | Me   | MS   | Ba   | MB   | Me   | Nu    | Bajo  |
| 186    | Al   | MA   | Al   | LA | Me   | Pr   | Al   | Es   | MF   | Me   | MS   | Ba   | MB   | Al   | Nu    | Bajo  |
| 187    | Al   | Ba   | Al   | Ne | MA   | Pr   | MA   | Es   | Fi   | Me   | MS   | MB   | MB   | Mo   | Nu    | Bajo  |
| 188    | Al   | Ba   | Al   | Ne | MA   | Pr   | MA   | Es   | Fi   | Me   | MS   | MB   | MB   | Mo   | Nu    | Bajo  |
| 189    | Al   | Me   | Al   | Ne | MA   | Pr   | MA   | Es   | Fi   | Me   | MS   | Ba   | MB   | Mo   | Nu    | Bajo  |
| 190    | Al   | Al   | Al   | Ne | MA   | Pr   | MA   | Es   | Fi   | Me   | MS   | Ba   | MB   | Mo   | Nu    | Bajo  |
| 191    | Al   | MA   | Al   | LA | Me   | Pr   | MA   | Es   | Me   | Me   | MS   | Ba   | Ba   | MA   | Nu    | Bajo  |
| 192    | Al   | Me   | Al   | MA | Ba   | MP   | Me   | Es   | Fi   | Me   | MS   | Ba   | MB   | Me   | Nu    | Bajo  |
| 193    | Al   | Al   | Al   | MA | Ba   | MP   | Me   | Es   | Fi   | Me   | MS   | Ba   | MB   | Me   | Nu    | Bajo  |
| 194    | Al   | MA   | Al   | MA | Ba   | MP   | Me   | Es   | Fi   | Me   | MS   | Ba   | MB   | MA   | Nu    | Bajo  |
| 195    | Al   | Ba   | Al   | Ne | MA   | Pr   | MA   | Es   | Fi   | Me   | MS   | MB   | MB   | Mo   | Nu    | Bajo  |
| 196    | Al   | Ba   | Al   | Ne | MA   | Pr   | MA   | Es   | Fi   | Me   | MS   | MB   | MB   | Mo   | Nu    | Bajo  |
| 197    | Al   | MB   | Al   | Ne | MA   | Pr   | MA   | Es   | Fi   | Me   | MS   | MB   | MB   | Mo   | Nu    | Bajo  |
| 198    | Al   | Ba   | Al   | Ne | MA   | Pr   | MA   | Es   | Fi   | Me   | MS   | MB   | MB   | Mo   | Nu    | Bajo  |
| 199    | Al   | Ba   | Al   | Ac | Ba   | Su   | Me   | Es   | MG   | Ex   | MS   | MB   | MB   | Mo   | Nu    | Bajo  |
| 200    | Ba   | Ba   | Ba   | LA | Me   | Pr   | MA   | Es   | Me   | Me   | Mo   | Al   | Me   | Al   | Nu    | Medio |
| 201    | Ba   | Al   | Ba   | MA | Ba   | PP   | Al   | Es   | MF   | Ex   | Mo   | Al   | Me   | Al   | Nu    | Medio |
| 202    | Ba   | Al   | Ba   | MA | Ba   | MP   | Me   | Es   | Fi   | Me   | Mo   | Al   | Me   | Al   | Nu    | Medio |
| 203    | Ba   | MA   | Ba   | MA | Ba   | MP   | Me   | Es   | Fi   | Me   | Mo   | Al   | Me   | MA   | Nu    | Medio |
| 204    | Ba   | Al   | Ba   | Ac | Ba   | Pr   | Al   | Es   | Me   | Me   | Mo   | Al   | Me   | Al   | Nu    | Medio |
| 205    | Ba   | Me   | Ba   | MA | Ba   | Pr   | MA   | Es   | MG   | Me   | Se   | MA   | Al   | Ba   | Nu    | Alto  |
| 206    | Ba   | Al   | Ba   | MA | Ba   | PP   | Al   | Es   | MF   | Ex   | Mo   | Al   | Me   | Al   | Nu    | Medio |

| No. UC | BITp | PrPI | EvTp | pH | FeSu | PrSu | MtOg | PdTe | Text | Drnj | MeSe | AICñ | AICf | Erpp | CA_ha | Alpa  |
|--------|------|------|------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| 207    | Me   | Al   | Me   | MA | Ba   | PP   | Al   | FE   | MF   | Ex   | Mo   | Al   | Me   | Al   | Nu    | Medio |
| 208    | Me   | Me   | Me   | Ne | Ba   | Pr   | MA   | FE   | Me   | Me   | Mo   | Al   | Me   | Al   | Nu    | Medio |
| 209    | Me   | Al   | Me   | Ne | Ba   | Pr   | MA   | FE   | Me   | Me   | Mo   | Al   | Me   | Al   | Nu    | Medio |
| 210    | Me   | Me   | Me   | MA | Ba   | MP   | Me   | FE   | Fi   | Me   | Mo   | Al   | Ba   | Al   | Nu    | Medio |
| 211    | Me   | Al   | Me   | MA | Ba   | MP   | Me   | FE   | Fi   | Me   | Mo   | Me   | Ba   | Al   | Nu    | Bajo  |
| 212    | Me   | MA   | Me   | MA | Ba   | MP   | Me   | FE   | Fi   | Me   | Mo   | Al   | Me   | MA   | Nu    | Medio |
| 213    | Me   | Al   | Me   | Ac | Ba   | Pr   | Al   | FE   | Me   | Me   | Mo   | Al   | Me   | Al   | Nu    | Medio |
| 214    | Me   | MA   | Me   | Ac | Ba   | Pr   | Al   | FE   | Me   | Me   | Mo   | Al   | Me   | Al   | Nu    | Medio |
| 215    | Me   | Al   | Me   | LA | Me   | Pr   | MA   | FE   | Me   | Me   | Se   | Me   | Ba   | MA   | Nu    | Bajo  |
| 216    | Me   | Me   | Me   | Ne | Ba   | Pr   | MA   | FE   | Me   | Me   | Se   | Al   | Ba   | Me   | Nu    | Medio |
| 217    | Me   | Me   | Me   | MA | Ba   | MP   | Me   | FE   | Fi   | Me   | Se   | Al   | Ba   | Al   | Nu    | Medio |
| 218    | Me   | Al   | Me   | MA | Ba   | MP   | Me   | FE   | Fi   | Me   | Se   | Me   | Ba   | MA   | Nu    | Bajo  |
| 219    | Me   | MA   | Me   | MA | Ba   | MP   | Me   | FE   | Fi   | Me   | Se   | Me   | Ba   | MA   | Nu    | Bajo  |
| 220    | Me   | Me   | Me   | Ac | Me   | Pr   | Me   | FE   | MF   | Me   | Se   | Me   | Ba   | MA   | Nu    | Bajo  |
| 221    | Me   | Al   | Me   | Ac | Me   | Pr   | Me   | FE   | MF   | Me   | Se   | Me   | Ba   | MA   | Nu    | Bajo  |
| 222    | Me   | Ba   | Me   | LA | Me   | Pr   | MA   | FE   | Me   | Me   | MS   | Al   | Me   | MA   | Nu    | Medio |
| 223    | Me   | Me   | Me   | LA | Me   | Pr   | MA   | FE   | Me   | Me   | MS   | Al   | Me   | MA   | Nu    | Medio |
| 224    | Me   | Al   | Me   | LA | Me   | Pr   | MA   | FE   | Me   | Me   | MS   | Me   | Ba   | MA   | Nu    | Bajo  |
| 225    | Me   | MA   | Me   | LA | Me   | Pr   | MA   | FE   | Me   | Me   | MS   | Me   | Ba   | MA   | Nu    | Bajo  |
| 226    | Me   | Me   | Me   | Ne | Ba   | Pr   | MA   | FE   | Me   | Me   | MS   | Al   | Ba   | Me   | Nu    | Medio |
| 227    | Me   | Me   | Me   | MA | Ba   | MP   | Me   | FE   | Fi   | Me   | MS   | Me   | Ba   | Me   | Nu    | Bajo  |
| 228    | Me   | Al   | Me   | MA | Ba   | MP   | Me   | FE   | Fi   | Me   | MS   | Me   | Ba   | MA   | Nu    | Bajo  |
| 229    | Al   | Al   | Al   | LA | Me   | Pr   | MA   | FE   | Me   | Me   | Se   | Ba   | Ba   | MA   | Nu    | Bajo  |
| 230    | Al   | Me   | Al   | MA | Ba   | MP   | Me   | FE   | Fi   | Me   | Se   | Ba   | Ba   | Al   | Nu    | Bajo  |
| 231    | Al   | Al   | Al   | MA | Ba   | MP   | Me   | FE   | Fi   | Me   | Se   | Ba   | Ba   | Al   | Nu    | Bajo  |
| 232    | Al   | MA   | Al   | MA | Ba   | MP   | Me   | FE   | Fi   | Me   | Se   | Me   | Ba   | MA   | Nu    | Bajo  |
| 233    | Al   | Al   | Al   | Ac | Me   | Pr   | Me   | FE   | MF   | Me   | Se   | Me   | Ba   | MA   | Nu    | Bajo  |
| 234    | Al   | Al   | Al   | LA | Me   | Pr   | Al   | FE   | MF   | Me   | MS   | Ba   | MB   | Me   | Nu    | Bajo  |
| 235    | Al   | MA   | Al   | LA | Me   | Pr   | Al   | FE   | MF   | Me   | MS   | Ba   | MB   | Al   | Nu    | Bajo  |
| 236    | Al   | Al   | Al   | Ne | MA   | Pr   | MA   | FE   | Fi   | Me   | MS   | Ba   | MB   | Me   | Nu    | Bajo  |
| 237    | Al   | MA   | Al   | LA | Me   | Pr   | MA   | FE   | Me   | Me   | MS   | Ba   | Ba   | MA   | Nu    | Bajo  |
| 238    | Al   | Al   | Al   | MA | Ba   | MP   | Me   | FE   | Fi   | Me   | MS   | Ba   | MB   | Al   | Nu    | Bajo  |
| 239    | Al   | MA   | Al   | MA | Ba   | MP   | Me   | FE   | Fi   | Me   | MS   | Ba   | MB   | MA   | Nu    | Bajo  |
| 240    | Al   | Ba   | Al   | Ne | MA   | Pr   | MA   | FE   | Fi   | Me   | MS   | MB   | MB   | Mo   | Nu    | Bajo  |
| 241    | Al   | MB   | Al   | Ne | MA   | Pr   | MA   | FE   | Fi   | Me   | MS   | MB   | MB   | Mo   | Nu    | Bajo  |
| 242    | Al   | Ba   | Al   | Ne | MA   | Pr   | MA   | FE   | Fi   | Me   | MS   | MB   | MB   | Mo   | Nu    | Bajo  |
| 243    | Ba   | Al   | Ba   | MA | Ba   | PP   | Al   | FE   | MF   | Ex   | Mo   | Al   | Me   | Al   | Nu    | Medio |
| 244    | Ba   | Al   | Ba   | MA | Ba   | MP   | Me   | FE   | Fi   | Me   | Mo   | Al   | Me   | Al   | Nu    | Medio |
| 245    | Ba   | MA   | Ba   | MA | Ba   | MP   | Me   | FE   | Fi   | Me   | Mo   | Al   | Me   | Al   | Nu    | Medio |
| 246    | Ba   | Al   | Ba   | Ac | Ba   | Pr   | Al   | FE   | Me   | Me   | Mo   | Al   | Me   | Al   | Nu    | Medio |
| 247    | Ba   | MA   | Ba   | Ac | Ba   | Pr   | Al   | FE   | Me   | Me   | Mo   | Al   | Me   | Al   | Nu    | Medio |
| 248    | Ba   | Me   | Ba   | Ne | Ba   | Pr   | MA   | FE   | Me   | Me   | Se   | Al   | Me   | Me   | Nu    | Medio |

| No. UC | BITp | PrPI | EvTp | pH | FeSu | PrSu | MtOg | PdTe | Text | Drnj | MeSe | AICñ | AICf | Erpp | CA_ha | Alpa  |
|--------|------|------|------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| 249    | Ba   | Me   | Ba   | MA | Ba   | Pr   | MA   | FE   | MG   | Me   | Se   | MA   | Al   | Ba   | Nu    | Alto  |
| 250    | Ba   | MA   | Ba   | MA | Ba   | PP   | Al   | FE   | MF   | Ex   | Mo   | Al   | Me   | Al   | Nu    | Medio |
| 251    | Ba   | MA   | Ba   | Ac | Ba   | Pr   | Al   | FE   | Me   | Me   | Mo   | Al   | Me   | Al   | Nu    | Medio |

## REFERENCIAS

No. UC: Número de la unidad cartográfica

BITp: Biotemperatura

PrPI: Precipitación pluvial

EvTp: Evapotranspiración

pH: potencial de hidrógeno

FeSu: Fertilidad del suelo

PrSu: profundidad del suelo

MtOg: Materia orgánica

PdTe: pendiente

Text: Textura del suelo

Drnj: Drenaje

MeSe: Meses Secos

AICñ: Altitud para caña

AICf: Altitud para café

Erpp: Erosividad pluvial

CA\_ha: Carga animal

Alpa: altitud para pastos

**Anexo 2A. Lista de insumos utilizados por tipo de uso de la tierra, en la evaluación de tierras en la cuenca del Río Barranca**

**Tipo de Utilización de la Tierra 'CAÑA' : Caña de azúcar**

Horizonte de planificación (años): 10 Tasa de interés, s 6 %

Insumos de años específicos no dependientes de los RUT, por ha:

año No. 1 y 6:

- 3 Lb '2,4\_D' : Herbicida 2,4-D
- 1 Lt 'ANP7' : Adherente NP7
- 12 H/H 'ApCa' : Aplicacion de cal
- 17 H/H 'ApFe' : Aplicacion de Fertilizantes
- 36 H/H 'ApHe' : Aplicacion de Herbicida
- 80 H/H 'Apor' : Aporca
- 4 H/M 'ArTe' : Arada del Terreno
- 40 h/h 'CCSe' : Corte y carga de semilla de caña
- 13 TM 'CaAS' : Acarreo de semilla caña
- 2 H/H 'CaDS' : Descarga de semilla/Caña
- 105 H/H 'CaSR' : Riega-Pica-Tapa
- 41.67 bolsa de 24 kg 'Cal' : Cal
- 0.4 kg 'ExHe' : Exazinona, herbicida
- 300 Kg 'F153' : Fertilizante 15-3-31
- 250 Kg 'FeQu' : Fertilizante Químico 10-30-10
- 36 H/h 'MaFi' : Mantenimiento de la Finca
- 150 Kg 'Nu33' : Nutran 33.5%
- 3.5 H/M 'RaTe' : Rastrea del Terreno
- 13 TM 'SePi' : Semilla en Pie
- 3.5 H/M 'SuTe' : Surcada del Terreno
- 5 Lt 'Terb' : Terbutrina, Herbicida/Caña
- 41.67 Bolsa de 25 Kg 'TrCa' : Transporte de Cal
- 700 Kg 'TrFe' : Transporte de Fertilizante

año No. 2,3,4,5,7,8,9 y 10:

- 3 Lb '2,4\_D' : Herbicida 2,4-D
- 60 TM 'ACC' : Acarreo de cosecha de caña
- 1 Lt 'ANP7' : Adherente NP7
- 13 H/H 'ApFe' : Aplicacion de Fertilizantes
- 36 H/H 'ApHe' : Aplicacion de Herbicida
- 60 TM 'CCCC' : Corte y carga de cosecha de caña
- 0.4 kg 'ExHe' : Exazinona, herbicida



300 Kg 'F153' : Fertilizante 15-3-31  
 36 H/h 'MaFi' : Mantenimiento de la Finca  
 225 Kg 'Nu33' : Nutran 33.5%  
 36 H/H 'ReRe' : Remanga/Caena  
 5 Lt 'Terb' : Terbutrina, Herbicida/Caña  
 525 Kg 'TrFe' : Transporte de Fertilizante

#### Productos

Producto 'Caña' : azúcar

8 cultivos, cosechados en los años: 2,3,4,5,7,8,9,10

Rendimiento óptimo: 8802 Kg ha-1

El rendimiento óptimo puede ser reducido en una proporción.

Árbol de Decisión para el Redimiendo Proporcional, No. : 84

Factores Limitantes del Rendimiento: \*\* ninguno

Factores Multiplicativos del Rendimiento: \*\* ninguno

Insumos relacionados con el nivel de producción, por Kg del producto: \*\* ninguno

Producto 'Miel' : Miel

8 cultivos, cosechados en los años: 2,3,4,5,7,8,9,10

Rendimiento óptimo: 2340 Kg/TM ha-1

El rendimiento óptimo puede ser reducido en una proporción.

Árbol de Decisión para el Rendimiento Proporcional, No. : 85

Factores Limitantes del Rendimiento: \*\* ninguno

Factores Multiplicativos del Rendimiento: \*\* ninguno

Insumos relacionados con el nivel de producción, por Kg/TM del producto: \*\* ninguno

#### **Tipo de Utilización de la Tierra 'DP\_1' : Doble Propósito (Carga Animal = 1UA.ha<sup>-1</sup>)**

Horizonte de planificación (años): 10 Tasa de interés 6 %

Insumos anuales no dependientes de los RUT, por ha : \*\* ninguno

Insumos de años específicos no dependientes de los RUT, por ha:

año No. 1:

.61 \$ 'Ag\_' : Agua

.02 Lt 'Albe' : Albendazol

2.32 H/H 'ApHe' : Aplicacion de Herbicida

.76 \$ 'Bo\_g' : Botiquin general

10.9 H/H 'CoMa' : Control de Malezas

18.18 \$ 'EL\_' : Electricidad

.02 500 cc 'IB' : Ibermectina

Tipo de Utilización de la Tierra 'DP\_1' : Doble Proposito (1 CA)

1.6162 \$ 'Im' : Impuestos

75.85 H/H 'MaO' : Mano de obra  
 .07 gal 'P\_2-4-D' : Herbicida 24D  
 .18 Saco 'P\_Cova' : Concentrado para vacas DP  
 .5 Vaso 'P\_De' : Desparasitacion externa  
 21.82 saco 'P\_G' : gallinaza  
 .37 Saco 'P\_Mi' : Minerales  
 .04 gal 'P\_RH' : herbicida Roundop  
 4.44 \$ 'P\_SP' : Servicios profesionales  
 .07 Tarro (5gal) 'P\_TH' : Herbicida Tordon  
 2.55 U/Animal 'P\_VA' : Vacuna Antrax  
 .27 U/animal 'P\_VB' : Vacuna Brucelosis  
 2 U/animal 'P\_VD' : Vacuna Doble  
 1 Unidades 'P\_Vdp' : Vacas para doble proposito (medio)  
 .02 500 cc 'Ri' : Ripercol  
 10 h/h 'SI\_PA' : siembra de pasto mejorado  
 3 kg 'SPM' : semilla de pasto mejorado  
 10.6646 \$ 'com' : combustible  
 año No. 2:  
 .61 \$ 'Ag\_' : Agua  
 .02 Lt 'Albe' : Albendazol  
 2.32 H/H 'ApHe' : Aplicacion de Herbicida  
 .76 \$ 'Bo\_g' : Botiquin general  
 10.9 H/H 'CoMa' : Control de Malezas  
 18.18 \$ 'El\_' : Electricidad  
 .02 500 cc 'IB' : Ibermectina  
 1.6162 \$ 'Im' : Impuestos  
 75.85 H/H 'MaO' : Mano de obra  
 .07 gal 'P\_2-4-D' : Herbicida 24D  
 .18 Saco 'P\_Cova' : Concentrado para vacas DP  
 .5 Vaso 'P\_De' : Desparasitacion externa  
 21.82 saco 'P\_G' : gallinaza  
 .37 Saco 'P\_Mi' : Minerales  
 .04 gal 'P\_RH' : herbicida Roundop  
 4.44 \$ 'P\_SP' : Servicios profesionales  
 1 viajes 'P\_TC' : Transporte de carne  
 .07 Tarro (5gal) 'P\_TH' : Herbicida Tordon  
 1494 \$/kg 'P\_TL' : Transporte de leche  
 2.55 U/Animal 'P\_VA' : Vacuna Antrax

27 U/animal 'P\_VB' : Vacuna Brucelosis  
 2 U/animal 'P\_VD' : Vacuna Doble  
 .02 500 cc 'Ri' : Ripercol  
 10.6646 \$ 'com' : combustible  
 año No. 3, 4, 5,6,7,8,9 y 10:  
 .61 \$ 'Ag\_' : Agua  
 .02 Lt 'Albe' : Albendazol  
 2 32 H/H 'ApHe' : Aplicacion de Herbicida  
 .76 \$ 'Bo\_g' : Botiquin general  
 10.9 H/H 'CoMa' : Control de Malezas  
 18.18 \$ 'El\_' : Electricidad  
 .02 500 cc 'IB' : Ibermectina  
 1.6162 \$ 'Im' : Impuestos  
 75.85 H/H 'MaO' : Mano de obra  
 .07 gal 'P\_2-4-D' : Herbicida 24D  
 18 Saco 'P\_Cova' : Concentrado para vacas DP  
 .5 Vaso 'P\_De' : Desparasitacion externa  
 21.82 saco 'P\_G' : gallinaza  
 .37 Saco 'P\_Mi' : Minerales  
 .04 gal 'P\_RH' : herbicida Roundop  
 4.44 \$ 'P\_SP' : Servicios profesionales  
 1 viajes 'P\_TC' : Transporte de carne  
 .07 Tarro (5gal) 'P\_TH' : Herbicida Tordon  
 1494 \$/kg 'P\_TL' : Transporte de leche  
 2.55 U/Animal 'P\_VA' : Vacuna Antrax  
 .27 U/animal 'P\_VB' : Vacuna Brucelosis  
 2 U/animal 'P\_VD' : Vacuna Doble  
 .02 500 cc 'Ri' : Ripercol  
 10.6646 \$ 'com' : combustible

#### Productos

Producto 'Carne' : Carne

9 cultivos, cosechados en los años: 2,3,4,5,6,7,8,9,10

Rendimiento óptimo: 194 Kg de peso vivo ha-1

El rendimiento óptimo puede ser reducido en una proporción

Arbol de Decisión para el Rendimiento Proporcional, No : \*\* ninguno

Factores Limitantes del Rendimiento:

'UA\_Ha' : Unidades animales por Ha:

1: 0 % ; 2: 0 % ; 3: 100 % ; 4: 0 % ; 5: 0 %

Factores Multiplicativos del Rendimiento: \*\* ninguno

Insumos relacionados con el nivel de producción, por Kg de peso vivo del producto: \*\* ninguno

Producto 'Le\_dp' : leche doble propósito

9 cultivos, cosechados en los años: 2,3,4,5,6,7,8,9,10

Rendimiento óptimo: 1494 kg ha-1

El rendimiento óptimo puede ser reducido en una proporción.

Árbol de Decisión para el Rendimiento Proporcional, No.: \*\* ninguno

Factores Limitantes del Rendimiento:

'UA\_Ha' : Unidades animales por Ha:

1: 0 % ; 2: 0 % ; 3: 100 % ; 4: 0 % ; 5: 0 %

Factores Multiplicativos del Rendimiento: \*\* ninguno

### **Tipo de Utilización de la Tierra 'PSA\_BO' : PSA actual por el MINAE**

Horizonte de planificación (años): 10 Tasa de interés, s 6 %

Insumos de años específicos no dependientes de los RUT, por ha:

año No. 1 y 6:

.08 h/h 'CyV' : Control y Vigilancia

7.26 1 'Re' : Regencia

.75 1 'Ro' : Rotulación

17 h/h 'Ron' : Rondas para prevenir incendios

1 1 'Topo' : medición del terreno

año No. 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10

.08 h/h 'CyV' : Control y Vigilancia

4.033 1 'Re' : Regencia

17 h/h 'Ron' : Rondas para prevenir incendios

Productos

Producto 'PSA' : PSA MINAE

10 cultivos, cosechados en los años: 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10

Rendimiento óptimo: 1 Ha ha-1

El rendimiento óptimo puede ser reducido en una proporción.

Árbol de Decisión para el Rendimiento Proporcional, No.: \*\* ninguno

Factores Limitantes del Rendimiento: \*\* ninguno

Factores Multiplicativos del Rendimiento: \*\* ninguno

Insumos relacionados con el nivel de producción, por Ha del producto: \*\* ninguno

### **Tipo de Utilización de la Tierra 'café' :**

Horizonte de planificación (años): 10 Tasa de interés, s 6 %

Insumos anuales no dependientes de los RUT, por ha : \*\* ninguno

Insumos de años específicos no dependientes de los RUT, por ha:

año No. 1:

- 15 H/H 'ApCa' : Aplicación de cal
- 60 bolsa de 24 kg 'Cal' : Cal
- 5000 Hoyos 'F\_AH' : Preparación del terreno
- 46 H/H 'F\_ApHer' : Aplicación de herbicidas
- 46 H/H 'F\_CoFi' : Control Fitosanitario
- 43 H/H 'F\_Desh' : Deshije
- 103 H/H 'F\_ECF' : Establecimiento de plantacion
- 1 Plantacion 'F\_ES' : Establecimiento de sombra
- 292 costo 'F\_Fert' : Fertilizantes
- 48 costo 'F\_Fuln' : Fungicidas e insecticidas
- 24 coto 'F\_Herb' : Herbicidas
- 5000 pares 'F\_Pcf' : Plantas de cafe
- 46 H/H 'F\_af' : Aplicacion de fertilizantes
- 43 H/H 'F\_des' : Desrrame en cafe

año No. 2,3,4,5,6,7,8,9 y 10:

- 15 H/H 'ApCa' : Aplicacion de cal
- 60 bolsa de 24 kg 'Cal' : Cal
- 46 H/H 'F\_ApHer' : Aplicacion de herbicidas
- 46 H/H 'F\_CoFi' : Control Fitosanitario
- 43 H/H 'F\_Desh' : Deshije
- 11 H/H 'F\_ECF' : Establecimiento de plantacion
- 292 costo 'F\_Fert' : Fertilizantes
- 48 costo 'F\_Fuln' : Fungicidas e insecticidas
- 24 coto 'F\_Herb' : Herbicidas
- 500 pares 'F\_Pcf' : Plantas de cafe
- 46 H/H 'F\_af' : Aplicacion de fertilizantes
- 43 H/H 'F\_des' : Desrrame en cafe

Productos

Producto 'Cafe' : Café, incluye cosecha y transporte

8 cultivos, cosechados en los años: 3,4,5,6,7,8,9,10

Rendimiento optimo: 45 Fanegas ha-1

El rendimiento optimo puede ser reducido en una proporción

Árbol de Decisión para el Rendimiento Proporcional, No : 96

Factores Limitantes del Rendimiento: \*\* ninguno

Factores Multiplicativos del Rendimiento: \*\* ninguno

Insumos relacionados con el nivel de producción, por Fanegas del producto: \*\* ninguno

**Tipo de Utilización de la Tierra 'galech2' : Pasto y ganado lechero**

Horizonte de planificación (años): 10 Tasa de inter,s 6 %

Insumos anuales no dependientes de los RUT, por ha : \*\* ninguno

Insumos de años específicos no dependientes de los RUT, por ha:

año No. 1:

2.97 galones 'Acido' : Acido para limpieza de equipo

1.2158 \$ 'Ag\_' : Agua

.06 u 'Ai\_pl' : Aisladores plasticos

.19 rollo 'AIPu' : Alambre Puas

.06 rollo 'Alli' : Alambre liso

.69 camionada 'Bana' : Banano

.46 frasco de 100 cc 'Butox' : Butox

.69 galones 'Cl' : Cloro para limpieza de equipo

.11 kg 'Cla' : Clavos

83.43 sacos 'Co\_vi' : Concentrado pa vacas en produccion le

5.94 saco 'Covs' : Concentrado para vacas secas

.06 frasco de 100 cc 'Decti' : DEctiver

6.95 galon 'Deter' : Detergente para limpieza de equipo

58.3587 \$ 'EI\_' : Electricidad

11.43 Kg 'FeQu' : Fertilizante Quimico 10-30-10

1.14 saco 'Fe\_12-24-12' : Fertilizante 12-24-12

3.66 paq de 0.5 Kg 'Ho\_Mu' : Hongo Mucor

3.43 Pajillas 'Inse' : Inseminacion

64.71 jornales 'Jo\_L' : Jornales para prod de leche

.23 Spray 'Larvi' : Larvicid

5 gal 'P\_RH' : herbicida Roundop

2.29 paq de 10 gr 'Pa\_gra' : Panacur granulado

5 kg 'Pa\_ki' : Semilla de pasto kikuyo

.06 250 cc 'Pa\_li' : Panacur liquido

2.97 saco de 25 kg 'Pecu' : Pecutrin

10 h/h 'SI\_PA' : siembra de pasto mejorado

3.5 U 'VL' : Vacas Lecheras (jersey, holstein)

.34 Frasco 'Vi\_E' : Vitamina E selenio

.69 saco 'sal' : sal para ganado

.86 dosis 'vabru' : Vacuna brucelosis

2.97 galones 'yodo' : yodo

año No. 2:

2.97 galones 'Acido' : Acido para limpieza de equipo  
 1.2158 \$ 'Ag\_' : Agua  
 .06 u 'Ai\_pl' : Aisladores plasticos  
 .19 rollo 'AIPu' : Alambre Puas  
 .06 rollo 'Alli' : Alambre liso  
 .69 camionada 'Bana' : Banano  
 .46 frasco de 100 cc 'Butox' : Butox  
 .69 galones 'Cl' : Cloro para limpieza de equipo  
 .11 kg 'Cla' : Clavos  
 83.43 sacos 'Co\_vl' : Concentrado pa vacas en produccion le  
 5.94 saco 'Coite' : Concentrado iniciador para terneras  
 5.94 saco 'Cote' : Concentrado para terneras  
 5.94 saco 'Covs' : Concentrado para vacas secas  
 .06 frasco de 100 cc 'Decti' : DEctiver  
 6.95 galon 'Deter' : Detergente para limpieza de equipo  
 58.3587 \$ 'EI\_' : Electricidad  
 11.43 Kg 'FeQu' : Fertilizante Quimico 10-30-10  
 1.14 saco 'Fe\_12-24-12' : Fertilizante 12-24-12  
 3.66 paq de 0.5 Kg 'Ho\_Mu' : Hongo Mucor  
 3.43 Pajillas 'Inse' : Inseminacion  
 64.71 jornales 'Jo\_L' : Jornales para prod de leche  
 .23 Spray 'Larvi' : Larvicid  
 .5 gal 'P\_RH' : herbicida Roundop  
 2.29 paq de 10 gr 'Pa\_gra' : Panacur granulado  
 .06 250 cc 'Pa\_li' : Panacur liquido  
 2.97 saco de 25 kg 'Pecu' : Pecutrin  
 .34 Frasco 'Vi\_E' : Vitamina E selenio  
 .69 saco 'sal' : sal para ganado  
 .86 dosis 'vabru' : Vacuna brucelosis  
 2.97 galones 'yodo' : yodo

año No 3,4,5,6,7,8,9 y 10:

2.97 galones 'Acido' : Acido para limpieza de equipo  
 1.2158 \$ 'Ag\_' : Agua

Tipo de Utilizaciøn de la Tierra 'galech2' : Pasto y ganado lechero

.06 u 'Ai\_pl' : Aisladores plasticos  
 .19 rollo 'AIPu' : Alambre Puas  
 .06 rollo 'Alli' : Alambre liso

69 camionada 'Bana' : Banano  
 .46 frasco de 100 cc 'Butox' : Butox  
 69 galones 'Cl' : Cloro para limpieza de equipo  
 .11 kg 'Cla' : Clavos  
 83.43 sacos 'Co\_vl' : Concentrado pa vacas en produccion le  
 5.94 saco 'Coite' : Concentrado iniciador para terneras  
 5.94 saco 'Cote' : Concentrado para terneras  
 5.94 saco 'Covs' : Concentrado para vacas secas  
 .06 frasco de 100 cc 'Decti' : DEctiver  
 6.95 galon 'Deter' : Detergente para limpieza de equipo  
 58.3587 \$ 'EI\_' : Electricidad  
 11.43 Kg 'FeQu' : Fertilizante Quimico 10-30-10  
 1.14 saco 'Fe\_12-24-12' : Fertilizante 12-24-12  
 3.66 paq de 0.5 Kg 'Ho\_Mu' : Hongo Mucor  
 3.43 Pajillas 'Inse' : Inseminacion  
 64.71 jornales 'Jo\_L' : Jornales para prod de leche  
 .23 Spray 'Larvi' : Larvicid  
 .5 gal 'P\_RH' : herbicida Roundop  
 2.29 paq de 10 gr 'Pa\_gra' : Panacur granulado  
 .06 250 cc 'Pa\_li' : Panacur liquido  
 2.97 saco de 25 kg 'Pecu' : Pecutrin  
 .34 Frasco 'Vi\_E' : Vitamina E selenio  
 .69 saco 'sal' : sal para ganado  
 .86 dosis 'vabru' : Vacuna brucelosis  
 2.97 galones 'yodo' : yodo

#### Productos

Producto 'Carne' : Carne

8 cultivos, cosechados en los años: 3,4,5,6,7,8,9,10

Rendimiento óptimo: 210 Kg de peso vivo ha-1

El rendimiento óptimo puede ser reducido en una proporción

Árbol de Decisión para el Rendimiento Proporcional, No.: \*\* ninguno

Factores Limitantes del Rendimiento: \*\* ninguno

Factores Multiplicativos del Rendimiento: \*\* ninguno

Insumos relacionados con el nivel de producción, por Kg de peso vivo del producto: \*\* ninguno

Producto 'Leche' : Leche



### Anexo 3A. Árboles de decisión utilizados en la evaluación de tierras

ÁRBOLES DE DECISIÓN UTILIZADOS EN LA EVALUACION DE TIERRAS.

Te\_Barr (Evaluación de Tierras Cuenca Barranca)

Árboles de decisión

Usado en Subclase Física de Caña > Re\_Am (Requisitos Ambientales)

1 (Malo) > NuDi (Nutrientes Disponibles)

1 (Baja) > RiEr (Riesgo de Erosión)

1 (Bajo)..... : 4

2 (Medio)..... : =1

3 (Alto)..... : =1

2 (Media) > RiEr (Riesgo de Erosión)

1 (Bajo) > AgDi (Agua Disponible)

1 (Deficiente)..... : 4

2 (Bueno)..... : 3

3 (Optimo)..... : 3

4 (Ligeramente exce).... : 3

5 (Excesivo)..... : 4

2 (Medio) > AgDi (Agua

Disponible)

1 (Deficiente)..... : 4

2 (Bueno)..... : 3

3 (Optimo)..... : 3

4 (Ligeramente exce).... : 4

5 (Excesivo)..... : 4

3 (Alto) > AgDi (Agua Disponible)

1 (Deficiente)..... : 4

2 (Bueno)..... : 4

3 (Optimo)..... : 4

4 (Ligeramente exce).... : 4

5 (Excesivo)..... : 4

3 (Alta) > RiEr (Riesgo de Erosión)

1 (Bajo) > AgDi (Agua Disponible)

1 (Deficiente)..... : 4

2 (Bueno)..... : 3

3 (Optimo)..... : 3

4 (Ligeramente exce).... : 3

5 (Excesivo)..... : 4

2 (Medio) > AgDi (Agua

Disponible)

1 (Deficiente)..... : 4

2 (Bueno)..... : 3

3 (Optimo)..... : 3

4 (Ligeramente exce).... : 4

5 (Excesivo)..... : 4

3 (Alto) > AgDi (Agua Disponible)

1 (Deficiente)..... : 4

2 (Bueno)..... : 4

3 (Optimo)..... : 4

4 (Ligeramente exce).... : 4

5 (Excesivo)..... : 4

2 (Regular) > NuDi (Nutrientes Disponibles)

1 (Baja) > RiEr (Riesgo de Erosion)

1 (Bajo) > AgDi (Agua Disponible)

1 (Deficiente)..... : 4

2 (Bueno)..... : 3

3 (Optimo)..... : 3

4 (Ligeramente exce).... : 4

5 (Excesivo)..... : 4

2 (Medio) > AgDi (Agua

Disponible)

1 (Deficiente)..... : 4

2 (Bueno)..... : 3

3 (Optimo)..... : 3

4 (Ligeramente exce).... : 4

5 (Excesivo)..... : 4

3 (Alto) > AgDi (Agua Disponible)

1 (Deficiente)..... : 4

2 (Bueno)..... : 4

3 (Optimo)..... : 4

4 (Ligeramente exce).... : 4

5 (Excesivo)..... : 4

2 (Media) > RiEr (Riesgo de Erosion)

1 (Bajo) > AgDi (Agua Disponible)

1 (Deficiente)..... : 3

2 (Bueno)..... : 2

3 (Optimo)..... : 2

4 (Ligeramente exce).... : 3

5 (Excesivo)..... : 3

2 (Medio) > AgDi (Agua

Disponible)

1 (Deficiente)..... : 3

2 (Bueno)..... : 2

3 (Optimo)..... : 2

4 (Ligeramente exce).... : 3

5 (Excesivo)..... : 4

3 (Alto) > AgDi (Agua Disponible)

1 (Deficiente)..... : 4

2 (Bueno)..... : 4  
 3 (Optimo)..... : 4  
 4 (Ligeramente exce).... : 4  
 5 (Excesivo)..... : 4  
 3 (Alta) > RiEr (Riesgo de Erosión)  
   1 (Bajo) > AgDi (Agua Disponible)  
     1 (Deficiente)..... : 3  
     2 (Bueno)..... : 2  
     3 (Optimo)..... : 2  
     4 (Ligeramente exce).... : 3  
     5 (Excesivo)..... : 3  
   2 (Medio) > AgDi (Agua disponible)  
     1 (Deficiente)..... : 3  
     2 (Bueno)..... : 2  
     3 (Optimo)..... : 2  
     4 (Ligeramente exce).... : 3  
     5 (Excesivo)..... : 4  
   3 (Alto) > AgDi (Agua Disponible)  
     1 (Deficiente)..... : 4  
     2 (Bueno)..... : 4  
     3 (Optimo)..... : 4  
     4 (Ligeramente exce).... : 4  
     5 (Excesivo)..... : 4  
 3 (Bueno) > NuDi (Nutrientes Disponibles)  
   1 (Baja) > RiEr (Riesgo de Erosion)  
     1 (Bajo) > AgDi (Agua Disponible)  
       1 (Deficiente)..... : 3  
       2 (Bueno)..... : 2  
       3 (Optimo)..... : 2  
       4 (Ligeramente exce).... : 2  
       5 (Excesivo)..... : 4  
     2 (Medio) > AgDi (Agua Disponible)  
       1 (Deficiente)..... : 3  
       2 (Bueno)..... : 2  
       3 (Optimo)..... : 2  
       4 (Ligeramente exce).... : 3  
       5 (Excesivo)..... : 4  
     3 (Alto) > AgDi (Agua Disponible)  
       1 (Deficiente)..... : 4  
       2 (Bueno)..... : 4  
       3 (Optimo)..... : 4  
       4 (Ligeramente exce).... : 4  
       5 (Excesivo)..... : 4  
   2 (Media) > RiEr (Riesgo de Erosion)  
     1 (Bajo) > AgDi (Agua Disponible)

1 (Deficiente)..... : 3  
 2 (Bueno)..... : 1  
 3 (Optimo)..... : 1  
 4 (Ligeramente exce).... : 2  
 5 (Excesivo)..... : 3  
 2 (Medio) > AgDi (Agua Disponible)  
   1 (Deficiente)..... : 3  
   2 (Bueno)..... : 2  
   3 (Optimo)..... : 2  
   4 (Ligeramente exce).... : 3  
   5 (Excesivo)..... : 4  
   3 (Alto) > AgDi (Agua Disponible)  
     1 (Deficiente)..... : 4  
     2 (Bueno)..... : 4  
     3 (Optimo)..... : 4  
     4 (Ligeramente exce).... : 4  
     5 (Excesivo)..... : 4  
   3 (Alta) > RiEr (Riesgo de Erosión)  
     1 (Bajo) > AgDi (Agua Disponible)  
       1 (Deficiente)..... : 2  
       2 (Bueno)..... : 1  
       3 (Optimo)..... : 1  
       4 (Ligeramente exce).... : 2  
       5 (Excesivo)..... : 3  
     2 (Medio) > AgDi (Agua Disponible)  
       1 (Deficiente)..... : 3  
       2 (Bueno)..... : 2  
       3 (Optimo)..... : 1  
       4 (Ligeramente exce).... : 2  
       5 (Excesivo)..... : 3  
     3 (Alto) > AgDi (Agua Disponible)  
       1 (Deficiente)..... : 4  
       2 (Bueno)..... : 4  
       3 (Optimo)..... : 4  
       4 (Ligeramente exce).... : 4  
       5 (Excesivo)..... : 4

79 Nivel de la cualidad Caña  
 NuDi  
   > pH (Potencial de Hidrogeno)  
     MA (Muy ácido (5 a 5.5)) > FeSu  
     (Fertilidad del suelo)  
       MB (Muy baja)..... : 1 (Baja)  
       Ba (Baja)..... : 1 (Baja)  
       Me (Media)..... : 2 (Media)  
       MA (Moderadamente Alta) : 2 (Media)

Ac (Ácido (5.5 a 6)) > FeSu (Fertilidad del suelo)

MB (Muy baja)..... : 1 (Baja)

Ba (Baja)..... : 2 (Media)

Me (Media)..... : 2 (Media)

MA (Moderadamente Alta) : 2 (Media)

LA (Ligeramente Ácido (6 a 6.5)) > FeSu (Fertilidad del suelo)

MB (Muy baja)..... : 1 (Baja)

Ba (Baja)..... : 1 (Baja)

Me (Media)..... : 2 (Media)

MA (Moderadamente Alta) : 2 (Media)

Me (Neutro (6.5 a 7)) > FeSu (Fertilidad del suelo)

MB (Muy baja)..... : 1 (Baja)

Ba (Baja)..... : 1 (Baja)

Me (Media)..... : 2 (Media)

MA (Moderadamente Alta) : 2 (Media)

Te\_Barr (Evaluación de Tierras Cuenca Barranca)

Árboles de decisión

No. Tipo Usado en

80 Nivel de la cualidad

CAÑA, Re\_Am

> BiTp (Biotemperatura)

Ba (15 - 20) > ALC<sup>a</sup> (Altitud caña)

MB (Muy Bajo (0 a 200 msnm)) > EvTp (Evapotranspiración)

Ba (1275 - 1517).... : 2 (Regular)

Me (1517 - 1710).... : 3 (Bueno)

Al (1710 - 2000).... : 2

(Regular)

Ba (Bajo (200 a 600 msnm)) > EvTp (Evapotranspiración)

Ba (1275 - 1517).... : 2 (Regular)

Me (1517 - 1710).... : 2 (Regular)

Al (1710 - 2000).... : 2 (Regular)

Me (Medio (600 a 1000 msnm)) > EvTp (Evapotranspiración)

Ba (1275 - 1517).... : 2 (Regular)

Me (1517 - 1710).... : 3 (Bueno)

Al (1710 - 2000).... : 2 (Regular)

Al (Alto (1000 a 1550 msnm)) > EvTp (Evapotranspiración)

Ba (1275 - 1517).... : 2 (Regular)

Me (1517 - 1710).... : 2 (Regular)

Al (1710 - 2000).... : 2 (Regular)

MA (Muy Alto (>1550 msnm)) > EvTp (Evapotranspiración)

Ba (1275 - 1517).... : 1 (Malo)

Me (1517 - 1710).... : 1 (Malo)

Al (1710 - 2000).... : 1 (Malo)

Me (20 -24) > ALC<sup>a</sup> (Altitud caña)

MB (Muy Bajo (0 a 200 msnm)) > EvTp (Evapotranspiración)

Ba (1275 - 1517).... : 2 (Regular)

Me (1517 - 1710).... : 2 (Regular)

Al (1710 - 2000).... : 2 (Regular)

Ba (Bajo (200 a 600 msnm)) > EvTp (Evapotranspiración)

Ba (1275 - 1517).... : 2 (Regular)

Me (1517 - 1710).... : 2 (Regular)

Al (1710 - 2000).... : 2 (Regular)

Me (Medio (600 a 1000 msnm)) > EvTp (Evapotranspiración)

Ba (1275 - 1517).... : 3 (Bueno)

Me (1517 - 1710).... : 3 (Bueno)

Al (1710 - 2000).... : 2

(Regular)

Al (Alto (1000 a 1550 msnm)) > EvTp (Evapotranspiración)

Ba (1275 - 1517).... : 2 (Regular)

Me (1517 - 1710).... : 2 (Regular)

Al (1710 - 2000).... : 2 (Regular)

MA (Muy Alto (>1550 msnm)) > EvTp (Evapotranspiración)

Ba (1275 - 1517).... : 1 (Malo)

Me (1517 - 1710).... : 1 (Malo)

Al (1710 - 2000).... : 1

(Malo)

Al (mas de 24) > ALC<sup>a</sup> (Altitud caña)

MB (Muy Bajo (0 a 200 msnm)) > EvTp (Evapotranspiración)

Ba (1275 - 1517).... : 3 (Bueno)

Me (1517 - 1710).... : 3 (Bueno)

Al (1710 - 2000).... : 2 (Regular)

Ba (Bajo (200 a 600 msnm)) > EvTp (Evapotranspiración)

Ba (1275 - 1517).... : 3 (Bueno)

Me (1517 - 1710).... : 3 (Bueno)

Al (1710 - 2000).... : 2 (Regular)

Me (Medio (600 a 1000 msnm)) > EvTp (Evapotranspiración)

Ba (1275 - 1517)..... : 3 (Bueno)  
 Me (1517 - 1710)..... : 3 (Bueno)  
 Al (1710 - 2000).... : 2 (Regular)  
 Al (Alto (1000 a 1550 msnm)) > EvFp  
 (Evapotranspiración)  
 Ba (1275 - 1517)..... : 3 (Bueno)  
 Me (1517 - 1710)..... : 3 (Bueno)  
 Al (1710 - 2000)... : 2 (Regular)  
 MA (Muy Alto (>1550 msnm)) > EvTp  
 (Evapotranspiración)  
 Ba (1275 - 1517).... : 1 (Malo)  
 Me (1517 - 1710).... : 1 (Malo)  
 Al (1710 - 2000).... : 1 (Malo)

81 Nivel de la cualidad  
 CANA, RiEr  
 > PdTe (Pendiente del Terreno)  
 PM (de 0 a 15 %) > Erpp (Erosividad  
 Pluvial)  
 Ba (Bajo (>50 MGjoules\*mm/Ha)) >  
 MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)..... : 1 (Bajo)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 1 (Bajo)  
 MA (mas de 7%)..... : 1 (Bajo)  
 Mo (Moderado (50-75 MGjoules\*mm/Ha))  
 > MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)..... : 1 (Bajo)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 1 (Bajo)  
 MA (mas de 7%)..... : 1 (Bajo)  
 Me (Medio (75-100 MGjoules\*mm/Ha)) >  
 MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)..... : 2 (Medio)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 1 (Bajo)  
 MA (mas de 7%)..... : 1 (Bajo)  
 Al (Alto (100-125 MGjoules\*mm/Ha)) >  
 MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)..... : 3 (Alto)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 2 (Medio)  
 MA (mas de 7%)..... : 2 (Medio)  
 MA (Muy Alto (>125 MGjoules\*mm/Ha))  
 > MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)..... : 3 (Alto)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 2 (Medio)  
 MA (mas de 7%)..... : 2 (Medio)

On (de 15 a 30%) > Erpp (Erosividad  
 Pluvial)

Ba (Bajo (>50 MGjoules\*mm/Ha)) >  
 MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)..... : 1 (Bajo)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 1 (Bajo)  
 MA (mas de 7%)..... : 1  
 (Bajo)  
 Mo (Moderado (50-75 MGjoules\*mm/Ha))  
 > MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)..... : 2 (Medio)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 1 (Bajo)  
 MA (mas de 7%)..... : 1 (Bajo)  
 Me (Medio (75-100 MGjoules\*mm/Ha)) >  
 MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %).... : 2 (Medio)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 1 (Bajo)  
 MA (mas de 7%)..... : 1 (Bajo)  
 Al (Alto (100-125 MGjoules\*mm/Ha)) >  
 MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)..... : 3 (Alto)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 2 (Medio)  
 MA (mas de 7%)..... : 2 (Medio)  
 MA (Muy Alto (>125 MGjoules\*mm/Ha))  
 > MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)..... : 3 (Alto)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 3 (Alto)  
 MA (mas de 7%)..... : 2  
 (Medio)  
 FO (de 30 a 50%) > Erpp (Erosividad  
 Pluvial)  
 Ba (Bajo (>50 MGjoules\*mm/Ha)) >  
 MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)..... : 2 (Medio)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 2 (Medio)  
 MA (mas de 7%)..... : 2 (Medio)  
 Mo (Moderado (50-75 MGjoules\*mm/Ha))  
 > MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)..... : 2 (Medio)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 2 (Medio)  
 MA (mas de 7%)..... : 2  
 (Medio)  
 Me (Medio (75-100 MGjoules\*mm/Ha)) >  
 MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)..... : 3 (Alto)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 3 (Alto)  
 MA (mas de 7%)..... : 2  
 (Medio)  
 Al (Alto (100-125 MGjoules\*mm/Ha)) >  
 MtOg (Materia Orgánica)

Me (de 3 - 5 %)..... : 3 (Alto)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 3 (Alto)  
 MA (mas de 7%)..... : 2  
 (Medio)  
 MA (Muy Alto (>125 MGjoules\*mm/Ha))  
 > MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)..... : 3 (Alto)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 3 (Alto)  
 MA (mas de 7%)..... : 2  
 (Medio)  
 Es (de 50 a 75%) > Erpp (Erosividad  
 Pluvial)  
 Ba (Bajo (>50 MGjoules\*mm/Ha)) >  
 MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)..... : 3 (Alto)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 2 (Medio)  
 MA (mas de 7%)..... : 2 (Medio)  
 Mo (Moderado (50-75 MGjoules\*mm/Ha)) >  
 > MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)..... : 3 (Alto)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 2 (Medio)  
 MA (mas de 7%)..... : 2 (Medio)  
 Me (Medio (75-100 MGjoules\*mm/Ha)) >  
 MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %).... : 3 (Alto)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 3 (Alto)  
 MA (mas de 7%)..... : 3 (Alto)  
 Al (Alto (100-125 MGjoules\*mm/Ha)) >  
 MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)..... : 3 (Alto)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 3 (Alto)  
 MA (mas de 7%)..... : 3 (Alto)  
 MA (Muy Alto (>125 MGjoules\*mm/Ha))  
 > MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %).... : 3 (Alto)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 3 (Alto)  
 MA (mas de 7%)..... : 3 (Alto)  
 FE (mas de 75%) > Erpp (Erosividad  
 Pluvial)  
 Ba (Bajo (>50 MGjoules\*mm/Ha)) >  
 MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)..... : 3 (Alto)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 3 (Alto)  
 MA (mas de 7%)..... : 3 (Alto)  
 Mo (Moderado (50-75 MGjo) : =1  
 Me (Medio (75-100 MGjoul) : =1  
 Al (Alto (100-125 MGjoul) : =1  
 MA (Muy Alto (>125 MGjou) : =1

82 Nivel de la calidad  
 CAÑA, Sac

> AlC# (Altitud ca#a)  
 MB (Muy Bajo (0 a 200 ms : 3 (Ba)  
 Ba (Bajo (200 a 600 msnm : 2 (MB)  
 Me (Medio (600 a 1000 ms : 5 (Al)  
 Al (Alto (1000 a 1550 ms : 4 (Me)  
 MA (Muy Alto (>1550 msnm : 1 (Nu)

Te\_Barr (Evaluación de Tierras Cuenca  
 Barranca)

Árboles de decisión

No. Tipo Usado en  
 83 Nivel de la calidad  
 CAÑA, AgDi

> Text (Textura)  
 MG (Moderadamente Gruesa (Fa)) > PrPl  
 (Precipitación pluvial)

MB (2000) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses) : 1  
 (Deficiente)

Se (3 a 4 Meses) : 1 (Deficiente)

MS (5 a 6 Meses) : 1 (Deficiente)

Ba (2500) > MeSe (Meses Secos)

Mo (1 a 2 Meses) : 1  
 (Deficiente)

Se (3 a 4 Meses) : 1 (Deficiente)

MS (5 a 6 Meses) : 1 (Deficiente)

Me (3000) > MeSe (Meses Secos)

Mo (1 a 2 Meses) 4 (Ligeramente  
 exce)

Se (3 a 4 Meses) 4 (Ligeramente  
 exce)

MS (5 a 6 Meses) 2 (Bueno)

Al (3500) > MeSe (Meses Secos)

Mo (1 a 2 Meses) : 5 (Excesivo)

Se (3 a 4 Meses) : 5 (Excesivo)

MS (5 a 6 Meses) : 2 (Bueno)

MA (4000) > MeSe (Meses Secos)

Mo (1 a 2 Meses) : 5 (Excesivo)

Se (3 a 4 Meses) : 5 (Excesivo)

MS (5 a 6 Meses) : 2 (Bueno)

Me (Mediana (F)) > PrPl (Precipitación  
 pluvial)

MB (2000) > MeSe (Meses Secos)

Mo (1 a 2 Meses) : 1  
 (Deficiente)

Se (3 a 4 Meses)..: 1 (Deficiente)  
 MS (5 a 6 Meses)..: 1 (Deficiente)  
 Ba (2500) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses) : 1 (Deficiente)  
 Se (3 a 4 Meses)... : 2 (Bueno)  
 MS (5 a 6 Meses)..... : 2 (Bueno)  
 Me (3000) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses) 4 (Ligeramente  
 exce)  
 Se (3 a 4 Meses).... : 2 (Bueno)  
 MS (5 a 6 Meses).... : 3 (Optimo)  
 Al (3500) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses).. : 5 (Excesivo)  
 Se (3 a 4 Meses)4 (Ligeramente  
 exce)  
 MS (5 a 6 Meses).... : 3 (Optimo)  
 MA (4000) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses).. : 5 (Excesivo)  
 Se (3 a 4 Meses).. : 5 (Excesivo)  
 MS (5 a 6 Meses).. : 5 (Excesivo)  
 MF (Moderadamente Fina (FA)) > PrPl  
 (Precipitación pluvial)  
 MB (2000) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses)..: 1 (Deficiente)  
 Se (3 a 4 Meses)..: 1 (Deficiente)  
 MS (5 a 6 Meses)..: 1 (Deficiente)  
 Ba (2500) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses)..: 1 (Deficiente)  
 Se (3 a 4 Meses)..: 1 (Deficiente)  
 MS (5 a 6 Meses).. : 2 (Bueno)  
 Me (3000) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses) 4 (Ligeramente  
 exce)  
 Se (3 a 4 Meses) 4 (Ligeramente  
 exce)  
 MS (5 a 6 Meses)... : 3 (Optimo)  
 Al (3500) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses) 4 (Ligeramente  
 exce)  
 Se (3 a 4 Meses) 4 (Ligeramente  
 exce)  
 MS (5 a 6 Meses) 2 (Bueno)  
 MA (4000) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses).. : 5 (Excesivo)  
 Se (3 a 4 Meses)4 (Ligeramente  
 exce)  
 MS (5 a 6 Meses).. : 2 (Bueno)

Fi (Fina (AL - A<60%)) > PrPl  
 (Precipitación pluvial)  
 MB (2000) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses) 1 (Deficiente)  
 Se (3 a 4 Meses) 1 (Deficiente)  
 MS (5 a 6 Meses) 1 (Deficiente)  
 Ba (2500) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses) 4 (Ligeramente  
 exce)  
 Se (3 a 4 Meses) 4 (Ligeramente  
 exce)  
 MS (5 a 6 Meses) 2 (Bueno)  
 Me (3000) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses) 5 (Excesivo)  
 Se (3 a 4 Meses) 4 (Ligeramente  
 exce)  
 MS (5 a 6 Meses) 2 (Bueno)  
 Al (3500) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses).. : 5 (Excesivo)  
 Se (3 a 4 Meses).. : 5 (Excesivo)  
 MS (5 a 6 Meses).. : 2 (Bueno)  
 MA (4000) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses).. : 5 (Excesivo)  
 Se (3 a 4 Meses).. : 5 (Excesivo)  
 MS (5 a 6 Meses) 4 (Ligeramente  
 exce)  
 FM (Muy Fina (a>60)) > PrPl  
 (Precipitación pluvial)  
 MB (2000) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses)..: 1 (Deficiente)  
 Se (3 a 4 Meses)..: 1 (Deficiente)  
 MS (5 a 6 Meses).. : 1 (Deficiente)  
 Ba (2500) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses) 4 (Ligeramente  
 exce)  
 Se (3 a 4 Meses) 4 (Ligeramente  
 exce)  
 MS (5 a 6 Meses) 2 (Bueno)  
 Me (3000) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses) 5 (Excesivo)  
 Se (3 a 4 Meses) 4 (Ligeramente  
 exce)  
 MS (5 a 6 Meses) 2 (Bueno)  
 Al (3500) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses) 5 (Excesivo)  
 Se (3 a 4 Meses) 5 (Excesivo)

MS (5 a 6 Meses) 4 (Ligeramente  
exce)

MA (4000) > MeSe (Meses Secos)

Mo (1 a 2 Meses)...: 5 (Excesivo)

Se (3 a 4 Meses)...: 5 (Excesivo)

MS (5 a 6 Meses)...: 5 (Excesivo)

Te\_Barr (Evaluación de Tierras Cuenca  
Barranca)

Árboles de decisión

No. Tipo usado en

91 Subclase Física café

> Re\_Am (Requisitos Ambientales)

1 (Malo) > NuDi (Nutrientes  
Disponibles)

1 (Baja) > RiEr (Riesgo de Erosion)

1 (Bajo) > AgDi (Agua Disponible)

1 (Deficiente)...: 4

2 (Bueno)...: 4

3 (Optimo)...: 4

4 (Ligeramente exce)...: 4

5 (Excesivo)...: 4

2 (Medio) > AgDi (Agua

Disponible)

1 (Deficiente)...: 4

2 (Bueno)...: 4

3 (Optimo)...: 4

4 (Ligeramente exce)...: 4

5 (Excesivo)...: 4

3 (Alto)...: =1

2 (Media) > RiEr (Riesgo de Erosion)

1 (Bajo) > AgDi (Agua Disponible)

1 (Deficiente)...: 4

2 (Bueno)...: 4

3 (Optimo)...: 4

4 (Ligeramente exce)...: 4

5 (Excesivo)...: 4

2 (Medio)...: =1

3 (Alto)...: =1

3 (Alta) > RiEr (Riesgo de Erosion)

1 (Bajo) > AgDi (Agua Disponible)

1 (Deficiente)...: 4

2 (Bueno)...: 4

3 (Optimo)...: 4

4 (Ligeramente exce)...: 4

5 (Excesivo)...: 4

2 (Medio)...: =1

3 (Alto)...: =1

2 (Regular) > NuDi (Nutrientes  
Disponibles)

1 (Baja) > RiEr (Riesgo de Erosion)

1 (Bajo) > AgDi (Agua Disponible)

1 (Deficiente)...: 3

2 (Bueno)...: 2

3 (Optimo)...: 2

4 (Ligeramente exce)...: 3

5 (Excesivo)...: 3

2 (Medio) > AgDi (Agua  
Disponible)

1 (Deficiente)...: 3

2 (Bueno)...: 2

3 (Optimo)...: 2

4 (Ligeramente exce)...: 3

5 (Excesivo)...: 4

3 (Alto) > AgDi (Agua Disponible)

1 (Deficiente)...: 4

2 (Bueno)...: 4

3 (Optimo)...: 4

4 (Ligeramente exce)...: 4

5 (Excesivo)...: 4

2 (Media) > RiEr (Riesgo de Erosion)

1 (Bajo) > AgDi (Agua Disponible)

1 (Deficiente)...: 2

2 (Bueno)...: 1

3 (Optimo)...: 1

4 (Ligeramente exce)...: 2

5 (Excesivo)...: 3

2 (Medio) > AgDi (Agua  
Disponible)

1 (Deficiente)...: 3

2 (Bueno)...: 2

3 (Optimo)...: 1

4 (Ligeramente exce)...: 3

5 (Excesivo)...: 4

3 (Alto) > AgDi (Agua Disponible)

1 (Deficiente)...: 4

2 (Bueno)...: 4

3 (Optimo)...: 4

4 (Ligeramente exce)...: 4

5 (Excesivo)...: 4

3 (Alta) > RiEr (Riesgo de Erosion)

1 (Bajo) > AgDi (Agua Disponible)

1 (Deficiente)...: 2

2 (Bueno)...: 1

3 (Optimo)...: 1

```

4 (Ligeramente exce).... : 2
5 (Excesivo)..... : 3
2 (Medio) > AgDi (Agua
Disponible)
1 (Deficiente)..... : 3
2 (Bueno)..... : 2
3 (Optimo)..... : 2
4 (Ligeramente exce).... : 3
5 (Excesivo)..... : 4
3 (Alto) > AgDi (Agua Disponible)
1 (Deficiente)..... : 4
2 (Bueno)..... : 4
3 (Optimo)..... : 4
4 (Ligeramente exce).... : 4
5 (Excesivo)..... : 4
3 (Bueno) > NuDi (Nutrientes
Disponibles)
1 (Baja) > RiEr (Riesgo de Erosion)
1 (Bajo) > AgDi (Agua Disponible)
1 (Deficiente)..... : 3
2 (Bueno)..... : 2
3 (Optimo)..... : 2
4 (Ligeramente exce).... : 3
5 (Excesivo)..... : 3
2 (Medio) > AgDi (Agua
Disponible)
1 (Deficiente)..... : 3
2 (Bueno)..... : 2
3 (Optimo)..... : 2
4 (Ligeramente exce).... : 3
5 (Excesivo)..... : 4
3 (Alto) > AgDi (Agua Disponible)
1 (Deficiente)..... : 4
2 (Bueno)..... : 4
3 (Optimo)..... : 4
4 (Ligeramente exce).... : 4
5 (Excesivo)..... : 4
2 (Media) > RiEr (Riesgo de Erosion)
1 (Bajo) > AgDi (Agua Disponible)
1 (Deficiente)..... : 2
2 (Bueno)..... : 1
3 (Optimo)..... : 1
4 (Ligeramente exce).... : 2
5 (Excesivo)..... : 2
2 (Medio) > AgDi (Agua
Disponible)
1 (Deficiente)..... : 3
2 (Bueno)..... : 2

```

```

3 (Optimo)..... : 1
4 (Ligeramente exce).... : 3
5 (Excesivo)..... : 4
3 (Alto) > AgDi (Agua Disponible)
1 (Deficiente)..... : 4
2 (Bueno)..... : 4
3 (Optimo)..... : 3
4 (Ligeramente exce).... : 4
5 (Excesivo)..... : 4
3 (Alta) > RiEr (Riesgo de Erosion)
1 (Bajo) > AgDi (Agua Disponible)
1 (Deficiente)..... : 2
2 (Bueno)..... : 1
3 (Optimo)..... : 1
4 (Ligeramente exce).... : 2
5 (Excesivo)..... : 2
2 (Medio) > AgDi (Agua
Disponible)
1 (Deficiente)..... : 2
2 (Bueno)..... : 2
3 (Optimo)..... : 1
4 (Ligeramente exce).... : 2
5 (Excesivo)..... : 3
3 (Alto) > AgDi (Agua Disponible)
1 (Deficiente)..... : 4
2 (Bueno)..... : 4
3 (Optimo)..... : 3
4 (Ligeramente exce).... : 4
5 (Excesivo)..... : 4

```

Te\_Barr (Evaluación de Tierras Cuenca Barranca)

Árboles de decisión

|     |      |       |
|-----|------|-------|
| No. | Tipo | Usado |
|     |      | en    |

92 Nivel de la cualidad cafe,AgDi

```

> Text (Textura)
MG (Moderadamente Guesa (Fa)) > PrPl
(Precipitación pluvial)
MB (2000) > MeSe (Meses Secos)
Mo (1 a 2 Meses).. : 1 (Deficiente)
Se (3 a 4 Meses).. : 1 (Deficiente)
MS (5 a 6 Meses).. : 1 (Deficiente)
Ba (2500) > MeSe (Meses Secos)
Mo (1 a 2 Meses)... : 2 (Bueno)
Se (3 a 4 Meses).. : 3 (Optimo)

```



MS (5 a 6 Meses) : 1  
(Deficiente)

Me (3000) > MeSe (Meses Secos)  
Mo (1 a 2 Meses) : 2 (Bueno)  
Se (3 a 4 Meses) : 3 (Optimo)  
MS (5 a 6 Meses) : 1 (Deficiente)

Al (3500) > MeSe (Meses Secos)  
Mo (1 a 2 Meses) : 2 (Bueno)  
Se (3 a 4 Meses) : 2 (Bueno)  
MS (5 a 6 Meses) : 1 (Deficiente)

MA (4000) > MeSe (Meses Secos)  
Mo (1 a 2 Meses) : 4 (Ligeramente  
exce)  
Se (3 a 4 Meses) : 2 (Bueno)  
MS (5 a 6 Meses) : 1 (Deficiente)

Me (Mediana (F)) > PrPl (Precipitación  
pluvial)

MB (2000) > MeSe (Meses Secos)  
Mo (1 a 2 Meses) : 2 (Bueno)  
Se (3 a 4 Meses) : 1 (Deficiente)  
MS (5 a 6 Meses) : 1 (Deficiente)

Ba (2500) > MeSe (Meses Secos)  
Mo (1 a 2 Meses) : 2 (Bueno)  
Se (3 a 4 Meses) : 3 (Optimo)  
MS (5 a 6 Meses) : 1 (Deficiente)

Me (3000) > MeSe (Meses Secos)  
Mo (1 a 2 Meses) : 2 (Bueno)  
Se (3 a 4 Meses) : 3 (Optimo)  
MS (5 a 6 Meses) : 1 (Deficiente)

Al (3500) > MeSe (Meses Secos)  
Mo (1 a 2 Meses) : 4 (Ligeramente  
exce)  
Se (3 a 4 Meses) : 2 (Bueno)  
MS (5 a 6 Meses) : 1 (Deficiente)

MA (4000) > MeSe (Meses Secos)  
Mo (1 a 2 Meses) : 4 (Ligeramente  
exce)  
Se (3 a 4 Meses) : 2 (Bueno)  
MS (5 a 6 Meses) : 1 (Deficiente)

MF (Moderadamente Fina (FA)) > PrPl  
(Precipitación pluvial)

MB (2000) > MeSe (Meses Secos)  
Mo (1 a 2 Meses) : 1 (Deficiente)  
Se (3 a 4 Meses) : 2 (Bueno)  
MS (5 a 6 Meses) : 1 (Deficiente)

Ba (2500) > MeSe (Meses Secos)  
Mo (1 a 2 Meses) : 2 (Bueno)  
Se (3 a 4 Meses) : 2 (Bueno)

MS (5 a 6 Meses) : 1 (Deficiente)

Me (3000) > MeSe (Meses Secos)  
Mo (1 a 2 Meses) : 2 (Bueno)  
Se (3 a 4 Meses) : 3 (Optimo)  
MS (5 a 6 Meses) : 1  
(Deficiente)

Al (3500) > MeSe (Meses Secos)  
Mo (1 a 2 Meses) : 2 (Bueno)  
Se (3 a 4 Meses) : 2 (Bueno)  
MS (5 a 6 Meses) : 1 (Deficiente)

MA (4000) > MeSe (Meses Secos)  
Mo (1 a 2 Meses) : 4 (Ligeramente  
exce)  
Se (3 a 4 Meses) : 2 (Bueno)  
MS (5 a 6 Meses) : 1 (Deficiente)

Ei (Fina (AL - A<60%)) > PrPl  
(Precipitación pluvial)

MB (2000) > MeSe (Meses Secos)  
Mo (1 a 2 Meses) : 4  
(Ligeramente exce)  
Se (3 a 4 Meses) : 2 (Bueno)  
MS (5 a 6 Meses) : 1 (Deficiente)

Ba (2500) > MeSe (Meses Secos)  
Mo (1 a 2 Meses) : 4 (Ligeramente exce)  
Se (3 a 4 Meses) : 2 (Bueno)  
MS (5 a 6 Meses) : 1 (Deficiente)

Me (3000) > MeSe (Meses Secos)  
Mo (1 a 2 Meses) : 4 (Ligeramente exce)  
Se (3 a 4 Meses) : 2 (Bueno)  
MS (5 a 6 Meses) : 1 (Deficiente)

Al (3500) > MeSe (Meses Secos)  
Mo (1 a 2 Meses) : 5  
(Excesivo)  
Se (3 a 4 Meses) : 2 (Bueno)  
MS (5 a 6 Meses) : 1 (Deficiente)

MA (4000) > MeSe (Meses Secos)  
Mo (1 a 2 Meses) : 5 (Excesivo)  
Se (3 a 4 Meses) : 4 (Ligeramente exce)  
MS (5 a 6 Meses) : 1 (Deficiente)

FM (Muy Fina (a>60)) > PrPl  
(Precipitación pluvial)

MB (2000) > MeSe (Meses Secos)  
Mo (1 a 2 Meses) : 4 (Ligeramente exce)  
Se (3 a 4 Meses) : 1 (Deficiente)  
MS (5 a 6 Meses) : 1 (Deficiente)

Ba (2500) > MeSe (Meses Secos)  
Mo (1 a 2 Meses) : 2 (Bueno)  
Se (3 a 4 Meses) : 1 (Deficiente)

MS (5 a 6 Meses)..1 (Deficiente)  
 Me (3000) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses).. : 2 (Bueno)  
 Se (3 a 4 Meses).. : 1 (Deficiente)  
 MS (5 a 6 Meses).. : 1 (Deficiente)  
 Al (3500) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses)... : 5 (Excesivo)  
 Se (3 a 4 Meses).. : 1 (Deficiente)  
 MS (5 a 6 Meses).. : 1 (Deficiente)  
 MA (4000) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses).. : 5 (Excesivo)  
 Se (3 a 4 Meses).. : 1 (Deficiente)  
 MS (5 a 6 Meses).. : 1 (Deficiente)

93 Nivel de la cualidad

cafe2,NuDi

> pH (Potencial de Hidrogeno)

MA (Muy ácido (5 a 5.5)) > FeSu  
 (Fertilidad del suelo)

MB (Muy baja)..... : 1 (Baja)  
 Ba (Baja)..... : 1 (Baja)  
 Me (Media)..... : 2 (Media)  
 MA (Moderadamente Alta).. : 2 (Media)

Ac (Ácido (5.5 a 6)) > FeSu (Fertilidad  
 del suelo)

MB (Muy baja)..... : 1 (Baja)  
 Ba (Baja)..... : 1 (Baja)  
 Me (Media)..... : 2 (Media)  
 MA (Moderadamente Alta).. : 3 (Alta)

LA (Ligeramente Ácido (6 a 6.5)) > FeSu  
 (Fertilidad del suelo)

MB (Muy baja)..... : 1 (Baja)  
 Ba (Baja)..... : 1 (Baja)  
 Me (Media)..... : 2 (Media)  
 MA (Moderadamente Alta).. : 3 (Alta)

Ne (Neutro (6.5 a 7)) > FeSu  
 (Fertilidad del suelo)

MB (Muy baja)..... : 2 (Media)  
 Ba (Baja)..... : 2 (Media)  
 Me (Media)..... : 3 (Alta)  
 MA (Moderadamente Alta).. : 3 (Alta)

94 Nivel de la cualidad

cafe2,Re\_Am

> BiTp (Biotemperatura)

Ba (15 - 20) > AlCf (Altitud Café)

MB (Muy Bajo) > EvTp  
 (Evapotranspiración)

Ba (1275 - 1517)... : 1 (Malo)  
 Me (1517 - 1710).. : 2 (Regular)  
 Al (1710 - 2000)... : 1 (Malo)  
 Ba (Bajo) > EvTp

(Evapotranspiración)

Ba (1275 - 1517)... : 3 (Bueno)  
 Me (1517 - 1710).. : 3 (Bueno)  
 Al (1710 - 2000)... : 2 (Regular)

Me (Medio) > EvTp  
 (Evapotranspiración)

Ba (1275 - 1517)... : 3 (Bueno)  
 Me (1517 - 1710)... : 3 (Bueno)  
 Al (1710 - 2000)... : 2 (Regular)

Al (Alto) > EvTp  
 (Evapotranspiración)

Ba (1275 - 1517)... : 1 (Malo)  
 Me (1517 - 1710)... : 1 (Malo)  
 Al (1710 - 2000)... : 1 (Malo)

Me (20 -24) > AlCf (Altitud Café)

MB (Muy Bajo) > EvTp  
 (Evapotranspiración)

Ba (1275 - 1517)... : 1 (Malo)  
 Me (1517 - 1710)... : 1 (Malo)  
 Al (1710 - 2000)... : 1 (Malo)

Ba (Bajo) > EvTp  
 (Evapotranspiración)

Ba (1275 - 1517)... : 3 (Bueno)  
 Me (1517 - 1710)... : 3 (Bueno)  
 Al (1710 - 2000)... : 3 (Bueno)

Me (Medio) > EvTp  
 (Evapotranspiración)

Ba (1275 - 1517)... : 3 (Bueno)  
 Me (1517 - 1710)... : 3 (Bueno)  
 Al (1710 - 2000)... : 3 (Bueno)

Al (Alto) > EvTp  
 (Evapotranspiración)

Ba (1275 - 1517)... : 1 (Malo)  
 Me (1517 - 1710)... : 1 (Malo)  
 Al (1710 - 2000)... : 1 (Malo)

Al (mas de 24) > AlCf (Altitud Café)

MB (Muy Bajo) > EvTp  
 (Evapotranspiración)

Ba (1275 - 1517)... : 1 (Malo)  
 Me (1517 - 1710)... : 1 (Malo)  
 Al (1710 - 2000)... : 1 (Malo)

Ba (Bajo) > EvTp  
 (Evapotranspiración)

Ba (1275 - 1517)... : 1 (Malo)

Me (1517 - 1710)... : 2 (Regular)  
 Al (1710 - 2000)... : 2 (Regular)  
 Me (Medio) > EvIp  
 (Evapotranspiración)  
 Ba (1275 - 1517)... : 1 (Malo)  
 Me (1517 - 1710)... : 1 (Malo)  
 Al (1710 - 2000)... : 1 (Malo)  
 Al (Alto) > EvTp  
 (Evapotranspiración)  
 Ba (1275 - 1517)... : 1 (Malo)  
 Me (1517 - 1710)... : 1 (Malo)  
 Al (1710 - 2000)... : 1 (Malo)

Ie\_Barr (Evaluación de Tierras Cuenca  
 Barranca)  
 Árboles de decisión  
 No. Tipo Usado  
 en

95 Nivel de la calidad  
 cafe, RiEr  
 > PdTe (Pendiente del Terreno)  
 PM (de 0 a 15 %) > Erpp (Erosividad  
 Pluvial)  
 Ba (Bajo (>50 MGjoules\*mm/Ha)) >  
 MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)... : 1 (Bajo)  
 Al (de 5 - 7 %)... : 1 (Bajo)  
 MA (mas de 7%)... : 1 (Bajo)  
 Mo (Moderado (50-75 MGjoules\*mm/Ha))  
 > MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)... : 1 (Bajo)  
 Al (de 5 - 7 %)... : 1 (Bajo)  
 MA (mas de 7%)... : 1 (Bajo)  
 Me (Medio (75-100 MGjoules\*mm/Ha)) >  
 MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)... : 1 (Bajo)  
 Al (de 5 - 7 %)... : 1 (Bajo)  
 MA (mas de 7%)... : 1 (Bajo)  
 Al (Alto (100-125 MGjoules\*mm/Ha)) >  
 MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)... : 2 (Medio)  
 Al (de 5 - 7 %)... : 1 (Bajo)  
 MA (mas de 7%)... : 1 (Bajo)  
 MA (Muy Alto (>125 MGjoules\*mm/Ha))  
 > MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)... : 2 (Medio)  
 Al (de 5 - 7 %)... : 2 (Medio)

MA (mas de 7%)... : 2 (Medio)  
 On (de 15 a 30%) > Erpp (Erosividad  
 Pluvial)  
 Ba (Bajo (>50 MGjoules\*mm/Ha)) >  
 MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)... : 1 (Bajo)  
 Al (de 5 - 7 %)... : 1 (Bajo)  
 MA (mas de 7%)... : 1 (Bajo)  
 Mo (Moderado (50-75 MGjoules\*mm/Ha))  
 > MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)... : 2 (Medio)  
 Al (de 5 - 7 %)... : 1 (Bajo)  
 MA (mas de 7%)... : 1 (Bajo)  
 Me (Medio (75-100 MGjoules\*mm/Ha)) >  
 MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)... : 2 (Medio)  
 Al (de 5 - 7 %)... : 1 (Bajo)  
 MA (mas de 7%)... : 1 (Bajo)  
 Al (Alto (100-125 MGjoules\*mm/Ha)) >  
 MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)... : 2 (Medio)  
 Al (de 5 - 7 %)... : 2 (Medio)  
 MA (mas de 7%)... : 2 (Medio)  
 MA (Muy Alto (>125 MGjoules\*mm/Ha))  
 > MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)... : 3 (Alto)  
 Al (de 5 - 7 %)... : 2 (Medio)  
 MA (mas de 7%)... : 2 (Medio)  
 FO (de 30 a 50%) > Erpp (Erosividad  
 Pluvial)  
 Ba (Bajo (>50 MGjoules\*mm/Ha)) >  
 MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)... : 2 (Medio)  
 Al (de 5 - 7 %)... : 2 (Medio)  
 MA (mas de 7%)... : 1 (Bajo)  
 Mo (Moderado (50-75 MGjoules\*mm/Ha))  
 > MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)... : 2 (Medio)  
 Al (de 5 - 7 %)... : 2 (Medio)  
 MA (mas de 7%)... : 2 (Medio)  
 Me (Medio (75-100 MGjoules\*mm/Ha)) >  
 MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)... : 3 (Alto)  
 Al (de 5 - 7 %)... : 2 (Medio)  
 MA (mas de 7%)... : 2 (Medio)  
 Al (Alto (100-125 MGjoules\*mm/Ha)) >  
 MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)... : 3 (Alto)

Al (de 5 - 7 %).. : 3 (Alto)  
 MA (mas de 7%)... : 3 (Alto)  
 MA (Muy Alto (>125 MGjoules\*mm/Ha))  
 > MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %).. : 3 (Alto)  
 Al (de 5 - 7 %).. : 3 (Alto)  
 MA (mas de 7%.... : 3 (Alto)  
 Es (de 50 a 75%) > Erpp  
 (Erosividad Pluvial)  
 Ba (Bajo (>50 MGjoules\*mm/Ha)) >  
 MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %).. : 3 (Alto)  
 Al (de 5 - 7 %).. : 2 (Medio)  
 MA (mas de 7%)... : 2 (Medio)  
 Mo (Moderado (50-75 MGjoules\*mm/Ha))  
 > MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)... : 3 (Alto)  
 Al (de 5 - 7 %)... : 3 (Alto)  
 MA (mas de 7%)... : 2 (Medio)  
 Me (Medio (75-100 MGjoules\*mm/Ha)) >  
 MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %).... : 3 (Alto)  
 Al (de 5 - 7 %).... : 3 (Alto)  
 MA (mas de 7%).... : 2 (Medio)  
 Al (Alto (100-125 MGjoules\*mm/Ha)) >  
 MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %).... : 3 (Alto)  
 Al (de 5 - 7 %).... : 3 (Alto)  
 MA (mas de 7%).... : 3 (Alto)  
 MA (Muy Alto (>125 MGjoules\*mm/Ha))  
 > MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)... : 3 (Alto)  
 Al (de 5 - 7 %)... : 3 (Alto)  
 MA (mas de 7%).... : 3 (Alto)  
 FE (mas de 75%) > Erpp (Erosividad  
 Pluvial)  
 Ba (Bajo (>50 MGjoules\*mm/Ha)) >  
 MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)... : 3 (Alto)  
 Al (de 5 - 7 %)... : 3 (Alto)  
 MA (mas de 7%).... : 3 (Alto)  
 Mo (Moderado (50-75 MGjoules\*mm/Ha))  
 > MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %).... : 3 (Alto)  
 Al (de 5 - 7 %).... : 3 (Alto)  
 MA (mas de 7%).... : 3 (Alto)  
 Me (Medio (75-100 MGjoul : =1  
 Al (Alto (100-125 MGjoul : =1

MA (Muy Alto (>125 MGjou : =1  
 Te\_Barr (Evaluación de Tierras Cuenca  
 Barranca)  
 Árboles de decisión  
 No. Tipo Usado en  
 109 Subclase Física ganadería de leche  
 > Re\_Am (Requisitos Ambientales)  
 1 (Malo)..... : 4  
 2 (Regular) > NuDi (Nutrientes  
 Disponibles)  
 1 (Baja) > RiEr (Riesgo de Erosion)  
 1 (Bajo) > AgDi (Agua Disponible)  
 1 (Deficiente)..... : 2  
 2 (Bueno)..... : =1  
 3 (Optimo)..... : 1  
 4 (Ligeramente exce).... : =1  
 5 (Excesivo)..... : 3  
 2 (Medio) > AgDi (Agua  
 Disponible)  
 1 (Deficiente)..... : 3  
 2 (Bueno)..... : 2  
 3 (Optimo)..... : 1  
 4 (Ligeramente exce).... : =2  
 5 (Excesivo)..... : 4  
 3 (Alto)..... : 4  
 2 (Media) > RiEr (Riesgo de Erosion)  
 1 (Bajo) > AgDi (Agua Disponible)  
 1 (Deficiente)..... : 2  
 2 (Bueno)..... : 1  
 3 (Optimo)..... : =2  
 4 (Ligeramente exce).... : 2  
 5 (Excesivo)..... : 3  
 2 (Medio) > AgDi (Agua  
 Disponible)  
 1 (Deficiente)..... : 2  
 2 (Bueno)..... : 1  
 3 (Optimo)..... : =2  
 4 (Ligeramente exce).... : =1  
 5 (Excesivo)..... : 4  
 3 (Alto)..... : 4  
 3 (Alta) > RiEr (Riesgo de Erosion)  
 1 (Bajo) > AgDi (Agua Disponible)  
 1 (Deficiente)..... : 2  
 2 (Bueno)..... : 1  
 3 (Optimo)..... : =2  
 4 (Ligeramente exce).... : =1

5 (Excesivo)..... : 3  
 2 (Medio) > AgDi (Agua Disponible)  
 1 (Deficiente)..... : 2  
 2 (Bueno)..... : 1  
 3 (Optimo)..... : =2  
 4 (Ligeramente exce).... : =1  
 5 (Excesivo)..... : 4  
 3 (Alto)..... : 4  
 3 (Bueno) > NuDi (Nutrientes Disponibles)  
 1 (Baja) > RiEr (Riesgo de Erosion)  
 1 (Bajo) > AgDi (Agua Disponible)  
 1 (Deficiente)..... : 3  
 2 (Bueno)..... : 2  
 3 (Optimo)..... : 2  
 4 (Ligeramente exce).... : 3  
 5 (Excesivo)..... : 3  
 2 (Medio) > AgDi (Agua Disponible)  
 1 (Deficiente)..... : 3  
 2 (Bueno)..... : 2  
 3 (Optimo)..... : 1  
 4 (Ligeramente exce).... : 2  
 5 (Excesivo)..... : 4  
 3 (Alto)..... : 4  
 2 (Media) > RiEr (Riesgo de Erosion)  
 1 (Bajo) > AgDi (Agua Disponible)  
 1 (Deficiente)..... : 2  
 2 (Bueno)..... : 1  
 3 (Optimo)..... : 1  
 4 (Ligeramente exce).... : 2  
 5 (Excesivo)..... : 3  
 2 (Medio) > AgDi (Agua Disponible)  
 1 (Deficiente)..... : 2  
 2 (Bueno)..... : 1  
 3 (Optimo)..... : 1  
 4 (Ligeramente exce).... : 3  
 5 (Excesivo)..... : 4  
 3 (Alto)..... : 4  
 3 (Alta) > RiEr (Riesgo de Erosion)  
 1 (Bajo) > AgDi (Agua Disponible)  
 1 (Deficiente)..... : 2  
 2 (Bueno)..... : 1  
 3 (Optimo)..... : 1  
 4 (Ligeramente exce).... : 2  
 5 (Excesivo)..... : 3

2 (Medio) > AgDi (Agua Disponible)  
 1 (Deficiente)..... : 2  
 2 (Bueno)..... : 1  
 3 (Optimo)..... : 1  
 4 (Ligeramente exce).... : 3  
 5 (Excesivo)..... : 3  
 3 (Alto)..... : 4  
 110 Nivel de la calidad ganadería de leche, AgDi  
 > Text (Textura)  
 MG (Moderadamente Gruesa (Fa)) > PrPl (Precipitación pluvial)  
 MB (2000) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses)..... : 2 (Bueno)  
 Se (3 a 4 Meses)..... : 2 (Bueno)  
 MS (5 a 6 Meses).. : 1 (Deficiente)  
 Ba (2500) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses)..... : 2 (Bueno)  
 Se (3 a 4 Meses)..... : 2 (Bueno)  
 MS (5 a 6 Meses).. : 1 (Deficiente)  
 Me (3000) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses).. 4 (Ligeramente exce)  
 Se (3 a 4 Meses).... : 3 (Optimo)  
 MS (5 a 6 Meses).... : 2 (Bueno)  
 Al (3500) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses).. : 4 (Ligeramente exce)  
 Se (3 a 4 Meses).... : 2 (Bueno)  
 MS (5 a 6 Meses)..... : 2 (Bueno)  
 MA (4000) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses).. : 4 (Ligeramente exce)  
 Se (3 a 4 Meses).... : 2 (Bueno)  
 MS (5 a 6 Meses).... : 2 (Bueno)  
 Me (Mediana (F)) > PrPl (Precipitación pluvial)  
 MB (2000) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses)..... : 2 (Bueno)  
 Se (3 a 4 Meses).... : 2 (Bueno)  
 MS (5 a 6 Meses).. : 1 (Deficiente)  
 Ba (2500) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses)..... : 2 (Bueno)  
 Se (3 a 4 Meses).... : 3 (Optimo)  
 MS (5 a 6 Meses).. : 1 (Deficiente)  
 Me (3000) > MeSe (Meses Secos)

Mo (1 a 2 Meses): 4 (Ligeramente exce)  
 Se (3 a 4 Meses).... : 3 (Optimo)  
 MS (5 a 6 Meses).... : 2 (Bueno)  
 Al (3500) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses)4 (Ligeramente exce)  
 Se (3 a 4 Meses)... : 3 (Optimo)  
 MS (5 a 6 Meses)... : 2 (Bueno)  
 MA (4000) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses)... : 5 (Excesivo)  
 Se (3 a 4 Meses) 4 (Ligeramente exce)  
 MS (5 a 6 Meses)... : 2 (Bueno)  
 MF (Moderadamente Fina (FA)) > PrPl  
 (Precipitación pluvial)  
 MB (2000) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses)..... : 2 (Bueno)  
 Se (3 a 4 Meses)..... : 2 (Bueno)  
 MS (5 a 6 Meses).. : 1 (Deficiente)  
 Ba (2500) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses).... : 3 (Optimo)  
 Se (3 a 4 Meses)..... : 2 (Bueno)  
 MS (5 a 6 Meses).. : 1 (Deficiente)  
 Me (3000) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses)..... : 2 (Bueno)  
 Se (3 a 4 Meses)..... : 3 (Optimo)  
 MS (5 a 6 Meses).... : 2 (Bueno)  
 Al (3500) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses)... : 4  
 (Ligeramente exce)  
 Se (3 a 4 Meses)... : 2 (Bueno)  
 MS (5 a 6 Meses)... : 2 (Bueno)  
 MA (4000) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses)... : 5 (Excesivo)  
 Se (3 a 4 Meses)... : 4  
 (Ligeramente exce)  
 MS (5 a 6 Meses)... : 2 (Bueno)  
 Fi (Fina (AL - A<60%)) > PrPl  
 (Precipitación pluvial)  
 MB (2000) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses)... : 2 (Bueno)  
 Se (3 a 4 Meses)... : 2 (Bueno)  
 MS (5 a 6 Meses): 1 (Deficiente)  
 Ba (2500) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses)... : 2 (Bueno)  
 Se (3 a 4 Meses)... : 3 (Optimo)  
 MS (5 a 6 Meses)... 1 (Deficiente)  
 Me (3000) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses) 4 (Ligeramente exce)

Se (3 a 4 Meses)... : 3 (Optimo)  
 MS (5 a 6 Meses)... : 2 (Bueno)  
 Al (3500) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses)4 (Ligeramente exce)  
 Se (3 a 4 Meses)... : 3 (Optimo)  
 MS (5 a 6 Meses).... : 2 (Bueno)  
 MA (4000) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses) : 5 (Excesivo)  
 Se (3 a 4 Meses)... : 2 (Bueno)  
 MS (5 a 6 Meses).... : 2 (Bueno)  
 FM (Muy Fina (a>60)) > PrPl  
 (Precipitación pluvial)  
 MB (2000) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses).. : 2 (Bueno)  
 Se (3 a 4 Meses).. : 2 (Bueno)  
 MS (5 a 6 Meses).. : 1 (Deficiente)  
 Ba (2500) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses).... : 2 (Bueno)  
 Se (3 a 4 Meses)... : 2 (Bueno)  
 MS (5 a 6 Meses).. 1 (Deficiente)  
 Me (3000) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses)... : 2 (Bueno)  
 Se (3 a 4 Meses).... : 2 (Bueno)  
 MS (5 a 6 Meses).. 1 (Deficiente)  
 Al (3500) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses) 4 (Ligeramente exce)  
 Se (3 a 4 Meses) 2 (Bueno)  
 MS (5 a 6 Meses) 1 (Deficiente)  
 MA (4000) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses) 4 (Ligeramente exce)  
 Se (3 a 4 Meses) 2 (Bueno)  
 MS (5 a 6 Meses) 1 (Deficiente)

Te\_Barr (Evaluación de Tierras Cuenca Barranca)

Árboles de decisión

| No. | Tipo | Usado en |
|-----|------|----------|
|-----|------|----------|

|     |                                    |  |
|-----|------------------------------------|--|
| 111 | Nivel de la cualidad galeche, NuDi |  |
|-----|------------------------------------|--|

> pH (Potencial de Hidrogeno)

MA (Muy ácido (5 a 5.5)) > FeSu  
 (Fertilidad del suelo)

MB (Muy baja)..... : 1 (Baja)

Ba (Baja)..... : 2 (Media)

Me (Media)..... : 3 (Alta)  
 MA (Moderadamente Alta) : 3 (Alta)  
 Ac (Ácido (5.5 a 6)) > FeSu (Fertilidad  
 del suelo)

MB (Muy baja)..... : 1 (Baja)  
 Ba (Baja)..... : 2 (Media)  
 Me (Media)..... : 3 (Alta)  
 MA (Moderadamente Alta) : 3 (Alta)

LA (Ligeramente Ácido (6 a 6.5)) > FeSu  
 (Fertilidad del suelo)

MB (Muy baja)..... : 1 (Baja)  
 Ba (Baja)..... : 2 (Media)  
 Me (Media)..... : 3 (Alta)  
 MA (Moderadamente Alta) : 3 (Alta)

Ne (Neutro (6.5 a 7)) > FeSu  
 (Fertilidad del suelo)

MB (Muy baja)..... : 1 (Baja)  
 Ba (Baja)..... : 2 (Media)  
 Me (Media)..... : 2 (Media)  
 MA (Moderadamente Alta) : 3 (Alta)

112 Nivel de la cualidad  
 ganadería de leche, Re\_Am

> BiTp (Biotemperatura)

Ba (15 - 20) > Alpa (Altitud de pastos)

Bajo (de 0 a 1000).. : 2 (Regular)  
 Medio (de 1000 a 1800).. : 3 (Bueno)  
 Alto (> de 1800).... : 2 (Regular)

Me (20 -24) > Alpa (Altitud de pastos)

Bajo (de 0 a 1000).. : 2 (Regular)  
 Medio (de 1000 a 1800).. : 3 (Bueno)  
 Alto (> de 1800).... : 2 (Regular)

Al (mas de 24)..... : 1 (Malo)

113 Nivel de la cualidad  
 ganadería de leche, RiEr

> PdTe (Pendiente del Terreno)

PM (de 0 a 15 %) > Erpp (Erosividad  
 Pluvial)

Ba (Bajo (>50 MGjoules\*mm/Ha)) >  
 MtOg (Materia Orgánica)

Me (de 3 - 5 %).... : 1 (Bajo)  
 Al (de 5 - 7 %).... : 1 (Bajo)  
 MA (mas de 7%).... : 1 (Bajo)

Mo (Moderado (50-75 MGjoules\*mm/Ha))

> MtOg (Materia Orgánica)

Me (de 3 - 5 %).... : 1 (Bajo)  
 Al (de 5 - 7 %).... : 1 (Bajo)

MA (mas de 7%).... : 1 (Bajo)

Me (Medio (75-100 MGjoules : =2

Al (Alto (100-125 MGjoules\*mm/Ha)) >

MtOg (Materia Orgánica)

Me (de 3 - 5 %).... : 2 (Medio)

Al (de 5 - 7 %).... : 1 (Bajo)

MA (mas de 7%).... : 1 (Bajo)

MA (Muy Alto (>125 MGjoules\*mm/Ha))

> MtOg (Materia Orgánica)

Me (de 3 - 5 %).... : 2 (Medio)

Al (de 5 - 7 %).... : 2 (Medio)

MA (mas de 7%).... : 1 (Bajo)

On (de 15 a 30%) > Erpp (Erosividad  
 Pluvial)

Ba (Bajo (>50 MGjoules\*mm/Ha)) >

MtOg (Materia Orgánica)

Me (de 3 - 5 %).... : 1 (Bajo)

Al (de 5 - 7 %).... : 1 (Bajo)

MA (mas de 7%).... : 1 (Bajo)

Mo (Moderado (50-75 MGjoules\*mm/Ha))

> MtOg (Materia Orgánica)

Me (de 3 - 5 %).... : 1 (Bajo)

Al (de 5 - 7 %).... : 1 (Bajo)

MA (mas de 7%).... : 1 (Bajo)

Me (Medio (75-100 MGjoules\*mm/Ha)) >

MtOg (Materia Orgánica)

Me (de 3 - 5 %).... : 2 (Medio)

Al (de 5 - 7 %).... : 1 (Bajo)

MA (mas de 7%).... : 1 (Bajo)

Al (Alto (100-125 MGjoules\*mm/Ha)) >

MtOg (Materia Orgánica)

Me (de 3 - 5 %).... : 2 (Medio)

Al (de 5 - 7 %).... : 2 (Medio)

MA (mas de 7%).... : 2 (Medio)

MA (Muy Alto (>125 MGjoules\*mm/Ha))

> MtOg (Materia Orgánica)

Me (de 3 - 5 %).... : 3 (Alto)

Al (de 5 - 7 %).... : 2 (Medio)

MA (mas de 7%).... : 2 (Medio)

FO (de 30 a 50%) > Erpp (Erosividad  
 Pluvial)

Ba (Bajo (>50 MGjoules\*mm/Ha)) >

MtOg (Materia Orgánica)

Me (de 3 - 5 %).... : 2 (Medio)

Al (de 5 - 7 %).... : 1 (Bajo)

MA (mas de 7%).... : 1 (Bajo)

Mo (Moderado (50-75 MGjoules\*mm/Ha))

> MtOg (Materia Orgánica)

Me (de 3 - 5 %)..... : 2 (Medio)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 2 (Medio)  
 MA (mas de 7%)..... : 1 (Bajo)  
 Me (Medio (75-100 MGjoules\*mm/Ha)) >  
 MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)..... : 2 (Medio)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 2 (Medio)  
 MA (mas de 7%)..... : 2 (Medio)  
 Al (Alto (100-125 MGjoules\*mm/Ha)) >  
 MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)..... : 3 (Alto)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 3 (Alto)  
 MA (mas de 7%)..... : 2 (Medio)  
 MA (Muy Alto (>125 MGjoules\*mm/Ha))  
 > MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)..... : 3 (Alto)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 3 (Alto)  
 MA (mas de 7%)..... : 3  
 (Alto)  
 Es (de 50 a 75%) > Erpp (Erosividad  
 Pluvial)  
 Ba (Bajo (>50 MGjoules\*mm/Ha)) >  
 MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)..... : 3 (Alto)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 2 (Medio)  
 MA (mas de 7%)..... : 2 (Medio)  
 Mo (Moderado (50-75 MGjoules\*mm/Ha))  
 > MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)..... : 3 (Alto)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 3 (Alto)  
 MA (mas de 7%)..... : 2 (Medio)  
 Me (Medio (75-100 MGjoules\*mm/Ha)) >  
 MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)..... : 3 (Alto)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 3 (Alto)  
 MA (mas de 7%)..... : 2 (Medio)  
 Al (Alto (100-125 MGjoule : 3 (Alto)  
 MA (Muy Alto (>125 MGjou : 3 (Alto)  
 FE (mas de 75%) > Erpp (Erosividad  
 Pluvial)  
 Ba (Bajo (>50 MGjoules\*m : 3 (Alto)  
 Mo (Moderado (50-75 MGjo : 3 (Alto)  
 Me (Medio (75-100 MGjoule : 3 (Alto)  
 Al (Alto (100-125 MGjoule : 3 (Alto)  
 MA (Muy Alto (>125 MGjou : 3 (Alto)

114 Nivel de la calidad  
 ganadería de leche, UA\_Ha

> CA\_Ha (Carga Animal)  
 Nu ( Ninguna)..... : 1 (Nu)  
 MB (> 1 UA/Ha)..... : 2 (MB)  
 Ba (1 a 2 UA/Ha)..... : 3 (Ba)  
 Me (2 a 3 UA/Ha)..... : 4 (Me)  
 Al (3 a 4 UA/Ha)..... : 5 (Al)

Te\_Barr (Evaluacion de Tierras Cuenca  
 Barranca)

Arboles de decisión

| No. | Tipo            | Usado |
|-----|-----------------|-------|
| 50  | Subclase Física | DOBLE |

PROPÓSITO

> Re\_Am (Requisitos Ambientales)

1 (Malo)..... : 4  
 2 (Regular) > NuDi (Nutrientes

Disponibles)

1 (Baja) > RiEr (Riesgo de Erosion)

1 (Bajo) > AgDi (Agua Disponible)

1 (Deficiente)..... : 2

2 (Bueno)..... : 2

3 (Optimo)..... : 1

4 (Ligeramente exce).... : 2

5 (Excesivo)..... : 3

2 (Medio) > AgDi (Agua

Disponible)

1 (Deficiente)..... : 3

2 (Bueno)..... : 2

3 (Optimo)..... : 1

4 (Ligeramente exce).... : 2

5 (Excesivo)..... : 4

3 (Alto)..... : 4

2 (Media) > RiEr (Riesgo de Erosion)

1 (Bajo) > AgDi (Agua Disponible)

1 (Deficiente)..... : 2

2 (Bueno)..... : 1

3 (Optimo)..... : 1

4 (Ligeramente exce).... : 2

5 (Excesivo)..... : 3

2 (Medio) > AgDi (Agua

Disponible)

1 (Deficiente)..... : 2

2 (Bueno)..... : 1

3 (Optimo)..... : 1

4 (Ligeramente exce).... : 2

5 (Excesivo)..... : 3



3 (Alto) ..... : 4

3 (Alta) > RiEr (Riesgo de Erosion)

1 (Bajo) > AgDi (Agua Disponible)

1 (Deficiente)..... : 2

2 (Bueno)..... : 1

3 (Optimo)..... : 1

4 (Ligeramente exce).... : 2

5 (Excesivo)..... : 3

2 (Medio) > AgDi (Agua Disponible)

1 (Deficiente)..... : 2

2 (Bueno)..... : 1

3 (Optimo)..... : 1

4 (Ligeramente exce).... : 2

5 (Excesivo)..... : 4

3 (Alto)..... : 4

3 (Bueno) > NuDi (Nutrientes Disponibles)

1 (Baja) > RiEr (Riesgo de Erosion)

1 (Bajo) > AgDi (Agua Disponible)

1 (Deficiente)..... : 3

2 (Bueno)..... : 2

3 (Optimo)..... : 2

4 (Ligeramente exce).... : 3

5 (Excesivo)..... : 3

2 (Medio) > AgDi (Agua Disponible)

1 (Deficiente)..... : 3

2 (Bueno)..... : 2

3 (Optimo)..... : 1

4 (Ligeramente exce).... : 2

5 (Excesivo)..... : 4

3 (Alto)..... : 4

2 (Media) > RiEr (Riesgo de Erosion)

1 (Bajo) > AgDi (Agua Disponible)

1 (Deficiente)..... : 2

2 (Bueno)..... : 1

3 (Optimo)..... : 1

4 (Ligeramente exce).... : 2

5 (Excesivo)..... : 3

2 (Medio) > AgDi (Agua Disponible)

1 (Deficiente)..... : 2

2 (Bueno)..... : 1

3 (Optimo)..... : 1

4 (Ligeramente exce).... : 3

5 (Excesivo)..... : 4

3 (Alto)..... : 4

3 (Alta) > RiEr (Riesgo de Erosion)

1 (Bajo) > AgDi (Agua Disponible)

1 (Deficiente)..... : 2

2 (Bueno)..... : 1

3 (Optimo)..... : 1

4 (Ligeramente exce).... : 2

5 (Excesivo)..... : 3

2 (Medio) > AgDi (Agua Disponible)

1 (Deficiente)..... : 2

2 (Bueno)..... : 1

3 (Optimo)..... : 1

4 (Ligeramente exce).... : 3

5 (Excesivo)..... : 3

3 (Alto)..... : 4

51 Nivel de la cualidad DOBLE PROPÓSITO, AgDi

> Text (Textura)

MG (Moderadamente Gruesa (Fa)) > PrPl (Precipitacion pluvial)

MB (2000) > MeSe (Meses Secos)

Mo (1 a 2 Meses)... : 2 (Bueno)

Se (3 a 4 Meses)... : 2 (Bueno)

MS (5 a 6 Meses). : 1 (Deficiente)

Ba (2500) > MeSe (Meses Secos)

Mo (1 a 2 Meses).... : 2 (Bueno)

Se (3 a 4 Meses).... : 2 (Bueno)

MS (5 a 6 Meses). : 1 (Deficiente)

Me (3000) > MeSe (Meses Secos)

Mo (1 a 2 Meses) 4 (Ligeramente exce)

Se (3 a 4 Meses).. : 3 (Optimo)

MS (5 a 6 Meses).. : 2 (Bueno)

A1 (3500) > MeSe (Meses Secos)

Mo (1 a 2 Meses) .4 (Ligeramente exce)

Se (3 a 4 Meses).... : 2 (Bueno)

MS (5 a 6 Meses).... : 2 (Bueno)

MA (4000) > MeSe (Meses Secos)

Mo (1 a 2 Meses) .4 (Ligeramente exce)

Se (3 a 4 Meses).... : 2 (Bueno)

MS (5 a 6 Meses).... : 2 (Bueno)

Me (Mediana (F)) > PrPl (Precipitacion pluvial)

MB (2000) > MeSe (Meses Secos)

Mo (1 a 2 Meses).. : 2 (Bueno)

Se (3 a 4 Meses).. : 2 (Bueno)

MS (5 a 6 Meses).. : 1 (Deficiente)

Ba (2500) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses)... : 2 (Bueno)  
 Se (3 a 4 Meses).. : 3 (Optimo)  
 MS (5 a 6 Meses)..: 1 (Deficiente)  
 Me (3000) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses): 4 (Ligeramente exce)  
 Se (3 a 4 Meses).. : 3 (Optimo)  
 MS (5 a 6 Meses).. : 2 (Bueno)  
 Al (3500) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses)..4 (Ligeramente exce)  
 Se (3 a 4 Meses).. : 3 (Optimo)  
 MS (5 a 6 Meses).. : 2 (Bueno)  
 MA (4000) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses).. : 5 (Excesivo)  
 Se (3 a 4 Meses)..: 4 (Ligeramente exce)  
 MS (5 a 6 Meses).. : 2 (Bueno)  
 MF (Moderadamente Fina (FA)) > PrPI  
 (Precipitación pluvial)  
 MB (2000) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses).. : 2 (Bueno)  
 Se (3 a 4 Meses).. : 2 (Bueno)  
 MS (5 a 6 Meses) : 1 (Deficiente)  
 Ba (2500) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses).. : 3 (Optimo)  
 Se (3 a 4 Meses).. : 2 (Bueno)  
 MS (5 a 6 Meses) : 1 (Deficiente)  
 Me (3000) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses).... : 2 (Bueno)  
 Se (3 a 4 Meses).. : 3 (Optimo)  
 MS (5 a 6 Meses).. : 2 (Bueno)  
 Al (3500) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses)..: 4 (Ligeramente exce)  
 Se (3 a 4 Meses).... : 2 (Bueno)  
 MS (5 a 6 Meses)....: 2 (Bueno)  
 MA (4000) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses).. : 5 (Excesivo)  
 Se (3 a 4 Meses) 4 (Ligeramente exce)  
 MS (5 a 6 Meses).... : 2 (Bueno)  
 Fi (Fina (AL - A<60%)) > PrPI  
 (Precipitación pluvial)  
 MB (2000) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses).... : 2 (Bueno)  
 Se (3 a 4 Meses).... : 2 (Bueno)  
 MS (5 a 6 Meses)..1 (Deficiente)  
 Ba (2500) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses).. : 2 (Bueno)  
 Se (3 a 4 Meses)... : 3 (Optimo)

MS (5 a 6 Meses)..: 1 (Deficiente)  
 Me (3000) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses) 4 (Ligeramente exce)  
 Se (3 a 4 Meses) : 3 (Optimo)  
 MS (5 a 6 Meses) : 2 (Bueno)  
 Al (3500) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses):4 (Ligeramente exce)  
 Se (3 a 4 Meses).. : 3 (Optimo)  
 MS (5 a 6 Meses)... : 2 (Bueno)  
 MA (4000) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses).. : 5 (Excesivo)  
 Se (3 a 4 Meses).. : 2 (Bueno)  
 MS (5 a 6 Meses).. : 2 (Bueno)  
 FM (Muy Fina (a>60)) > PrPI  
 (Precipitación pluvial)  
 MB (2000) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses)... : 2 (Bueno)  
 Se (3 a 4 Meses).. : 2 (Bueno)  
 MS (5 a 6 Meses)..: 1 (Deficiente)  
 Ba (2500) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses)... : 2 (Bueno)  
 Se (3 a 4 Meses).... : 2 (Bueno)  
 MS (5 a 6 Meses)..:1 (Deficiente)  
 Me (3000) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses)..: 2 (Bueno)  
 Se (3 a 4 Meses).. : 2 (Bueno)  
 MS (5 a 6 Meses): 1 (Deficiente)  
 Al (3500) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses) 4 (Ligeramente exce)  
 Se (3 a 4 Meses).. : 2 (Bueno)  
 MS (5 a 6 Meses)..:1 (Deficiente)  
 MA (4000) > MeSe (Meses Secos)  
 Mo (1 a 2 Meses).. : 4 (Ligeramente exce)  
 Se (3 a 4 Meses)... : 2 (Bueno)  
 MS (5 a 6 Meses)..: 1 (Deficiente)

Te\_Barr (Evaluación de Tierras Cuenca Barranca)

Árboles de decisión

No. Tipo Usado en  
 52 Nivel de la cualidad DOBLE

PROPÓSIO, NuDi

> pH (Potencial de Hidrogeno)

MA (Muy ácido (5 a 5.5)) > FeSu  
 (Fertilidad del suelo)

MB (Muy baja)..... : 1 (Baja)

Ba (Baja)..... : 2 (Media)

Me (Media)..... : 3 (Alta)  
 MA (Moderadamente Alta).. : 3 (Alta)  
 Ac (Ácido (5.5 a 6)) > FeSu (Fertilidad del suelo)  
 MB (Muy baja)..... : 1 (Baja)  
 Ba (Baja)..... : 2 (Media)  
 Me (Media)..... : 3 (Alta)  
 MA (Moderadamente Alta).. : 3 (Alta)  
 LA (Ligeramente Ácido (6 a 6.5)) > FeSu (Fertilidad del suelo)  
 MB (Muy baja)..... : 1 (Baja)  
 Ba (Baja)..... : 2 (Media)  
 Me (Media)..... : 3 (Alta)  
 MA (Moderadamente Alta).. : 3 (Alta)  
 Ne (Neutro (6.5 a 7)) > FeSu (Fertilidad del suelo)  
 MB (Muy baja)..... : 1 (Baja)  
 Ba (Baja)..... : 2 (Media)  
 Me (Media)..... : 2 (Media)  
 MA (Moderadamente Alta).. : 3 (Alta)

53 Nivel de la cualidad DOBLE  
 PROPÓSITO, Re\_Am  
 > BiTp (Biotemperatura)  
 Ba (15 - 20) > Alpa (Altitud de pastos)  
 Bajo (de 0 a 1000) > EvIp (Evapotranspiración)  
 Ba (1275 - 1517)... : 2 (Regular)  
 Me (1517 - 1710).. : 3 (Bueno)  
 Al (1710 - 2000)... : 2 (Regular)  
 Medio (de 1000 a 1800) > EvIp (Evapotranspiración)  
 Ba (1275 - 1517).. : 2 (Regular)  
 Me (1517 - 1710).. : 3 (Bueno)  
 Al (1710 - 2000).. : 2 (Regular)  
 Alto (> de 1800) > EvTp (Evapotranspiración)  
 Ba (1275 - 1517).. : 1 (Malo)  
 Me (1517 - 1710).. : 1 (Malo)  
 Al (1710 - 2000).. : 1 (Malo)  
 Me (20 -24) > Alpa (Altitud de pastos)  
 Bajo (de 0 a 1000) > EvIp (Evapotranspiración)  
 Ba (1275 - 1517).. : 2 (Regular)  
 Me (1517 - 1710).. : 3 (Bueno)  
 Al (1710 - 2000).. : 2 (Regular)  
 Medio (de 1000 a 1800) > EvTp (Evapotranspiración)  
 Ba (1275 - 1517).. : 2 (Regular)  
 Me (1517 - 1710).. : 3 (Bueno)  
 Al (1710 - 2000).. : 2 (Regular)  
 Medio (de 1000 a 1800) > EvTp (Evapotranspiración)

Ba (1275 - 1517)... : 3 (Bueno)  
 Me (1517 - 1710).. : 3 (Bueno)  
 Al (1710 - 2000).. : 2 (Regular)  
 Alto (> de 1800) > EvTp (Evapotranspiración)  
 Ba (1275 - 1517)..... : 1 (Malo)  
 Me (1517 - 1710)..... : 1 (Malo)  
 Al (1710 - 2000)..... : 1 (Malo)  
 Al (mas de 24) > Alpa (Altitud de pastos)  
 Bajo (de 0 a 1000) > EvIp (Evapotranspiración)  
 Ba (1275 - 1517)..... : 3 (Bueno)  
 Me (1517 - 1710)..... : 3 (Bueno)  
 Al (1710 - 2000)..... : 2 (Regular)  
 Medio (de 1000 a 1800) > EvTp (Evapotranspiración)  
 Ba (1275 - 1517)... : 2 (Regular)  
 Me (1517 - 1710)... : 3 (Bueno)  
 Al (1710 - 2000)... : 2 (Regular)  
 Alto (> de 1800) > EvIp (Evapotranspiración)  
 Ba (1275 - 1517)..... : 1 (Malo)  
 Me (1517 - 1710)..... : 1 (Malo)  
 Al (1710 - 2000)..... : 1 (Malo)

54 Nivel de la cualidad DOBLE  
 PROPÓSITO, RiEr  
 > PdTe (Pendiente del Terreno)  
 PM (de 0 a 15 %) > Erpp (Erosividad Pluvial)  
 Ba (Bajo (>50 MGjoules\*mm/Ha)) > MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)..... : 1 (Bajo)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 1 (Bajo)  
 MA (mas de 7%)..... : 1 (Bajo)  
 Mo (Moderado (50-75 MGjoules\*mm/Ha)) > MtOg (Materia Organica)  
 Me (de 3 - 5 %)..... : 1 (Bajo)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 1 (Bajo)  
 MA (mas de 7%)..... : 1 (Bajo)  
 Me (Medio (75-100 MGjoul : =2  
 Al (Alto (100-125 MGjoules\*mm/Ha)) > MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)..... : 2 (Medio)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 1 (Bajo)  
 (Bajo)  
 MA (mas de 7%)..... : 1 (Bajo)

MA (Muy Alto (>125 MGjoules\*mm/Ha))  
 > MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)..... : 2 (Medio)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 2 (Medio)  
 MA (mas de 7%)..... : 1 (Bajo)  
 On (de 15 a 30%) > Erpp (Erosividad Pluvial)  
 Ba (Bajo (>50 MGjoules\*mm/Ha)) >  
 MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)..... : 1 (Bajo)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 1 (Bajo)  
 MA (mas de 7%)..... : 1 (Bajo)  
 Mo (Moderado (50-75 MGjoules\*mm/Ha))  
 > MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)..... : 1 (Bajo)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 1 (Bajo)  
 MA (mas de 7%)..... : 1 (Bajo)  
 Me (Medio (75-100 MGjoules\*mm/Ha)) >  
 MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)..... : 2 (Medio)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 1 (Bajo)  
 MA (mas de 7%)..... : 1 (Bajo)  
 Al (Alto (100-125 MGjoules\*mm/Ha)) >  
 MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)..... : 2 (Medio)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 2 (Medio)  
 MA (mas de 7%)..... : 2 (Medio)  
 MA (Muy Alto (>125 MGjoules\*mm/Ha))  
 > MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)..... : 3 (Alto)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 2 (Medio)  
 MA (mas de 7%)..... : 2 (Medio)  
 FO (de 30 a 50%) > Erpp (Erosividad Pluvial)  
 Ba (Bajo (>50 MGjoules\*mm/Ha)) >  
 MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)..... : 2 (Medio)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 1 (Bajo)  
 MA (mas de 7%)..... : 1 (Bajo)  
 Mo (Moderado (50-75 MGjoules\*mm/Ha))  
 > MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)..... : 2 (Medio)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 2 (Medio)  
 MA (mas de 7%)..... : 1 (Bajo)  
 Me (Medio (75-100 MGjoules\*mm/Ha)) >  
 MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)..... : 2 (Medio)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 2 (Medio)

MA (mas de 7%)..... : 2 (Medio)  
 Al (Alto (100-125 MGjoules\*mm/Ha)) >  
 MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)..... : 3 (Alto)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 3 (Alto)  
 MA (mas de 7%)..... : 2 (Medio)  
 MA (Muy Alto (>125 MGjoules\*mm/Ha))  
 > MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)..... : 3 (Alto)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 3 (Alto)  
 MA (mas de 7%)..... : 3 (Alto)  
 Es (de 50 a 75%) > Erpp (Erosividad Pluvial)  
 Ba (Bajo (>50 MGjoules\*mm/Ha)) >  
 MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)..... : 3 (Alto)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 2 (Medio)  
 MA (mas de 7%)..... : 2 (Medio)  
 Mo (Moderado (50-75 MGjoules\*mm/Ha))  
 > MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)..... : 3 (Alto)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 3 (Alto)  
 MA (mas de 7%)..... : 2 (Medio)  
 Me (Medio (75-100 MGjoules\*mm/Ha)) >  
 MtOg (Materia Orgánica)  
 Me (de 3 - 5 %)..... : 3 (Alto)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 3 (Alto)  
 MA (mas de 7%)..... : 2 (Medio)  
 Al (Alto (100-125 MGjoules\*mm/Ha)) : 3 (Alto)  
 MA (Muy Alto (>125 MGjoules\*mm/Ha)) : 3 (Alto)  
 FE (mas de 75%) > Erpp (Erosividad Pluvial)  
 Ba (Bajo (>50 MGjoules\*mm/Ha)) : 3 (Alto)  
 Mo (Moderado (50-75 MGjoules\*mm/Ha)) : 3 (Alto)  
 Me (Medio (75-100 MGjoules\*mm/Ha)) : 3 (Alto)  
 Al (Alto (100-125 MGjoules\*mm/Ha)) : 3 (Alto)  
 MA (Muy Alto (>125 MGjoules\*mm/Ha)) : 3 (Alto)

55 Nivel de la cualidad DOBLE  
 PROPÓSITO,UA\_Ha

> CA\_Ha (Carga Animal)  
 Nu ( Ninguna)..... : 1 (Nu)  
 MB (> 1 UA/Ha)..... : 2 (MB)  
 Ba (1 a 2 UA/Ha)..... : 3 (Ba)  
 Me (2 a 3 UA/Ha)..... : 4 (Me)  
 Al (3 a 4 UA/Ha)..... : 5 (Al)

Me (de 3 - 5 %)..... : 3 (Alto)  
 Al (de 5 - 7 %)..... : 3 (Alto)  
 MA (mas de 7%)..... : 2 (Medio)  
 Me (Medio (75-100 MGjoules\*mm/Ha)) >  
 MtOg (Materia Orgánica)  
   Me (de 3 - 5 %)..... : 3 (Alto)  
   Al (de 5 - 7 %)..... : 3 (Alto)  
   MA (mas de 7%)..... : 2 (Medio)  
   Al (Alto (100-125 MGjoules\*mm/Ha)) >  
 MtOg (Materia Orgánica)  
   Me (de 3 - 5 %)..... : 3 (Alto)  
   Al (de 5 - 7 %)..... : 3 (Alto)  
   MA (mas de 7%)..... : 3 (Alto)  
   MA (Muy Alto (>125 MGjoules\*mm/Ha))  
 > MtOg (Materia Orgánica)  
   Me (de 3 - 5 %)..... : 3 (Alto)  
   Al (de 5 - 7 %)..... : 3 (Alto)  
   MA (mas de 7%)..... : 3 (Alto)  
 FE (mas de 75%) > Erpp (Erosividad  
 Pluvial)  
   Ba (Bajo (>50 MGjoules\*mm/Ha)) >  
 MtOg (Materia Orgánica)  
   Me (de 3 - 5 %)..... : 3 (Alto)  
   Al (de 5 - 7 %)..... : 3 (Alto)  
   MA (mas de 7%)..... : 3  
 (Alto)  
   Mo (Moderado (50-75 MGjo : =1  
   Me (Medio (75-100 MGjoul : =1  
   Al (Alto (100-125 MGjoul : =1  
   MA (Muy Alto (>125 MGjou : =1

16 Subclase Física AC

> RiEr (Riesgo de Erosion)  
   1 (Bajo)..... : 1  
   2 (Medio)..... : 2  
   3 (Alto)..... : 3

Te\_Barr (Evaluación de Tierras Cuenca Barranca)

Árboles de decisión

No. Tipo Usado en  
13 Nivel de la cualidad PSA,RiEr  
> PdTe (Pendiente del Terreno)  
PM (de 0 a 15 %) > Erpp (Erosividad Pluvial)

Ba (Bajo (>50 MGjoules\*mm/Ha)) >  
MtOg (Materia Orgánica)

Me (de 3 - 5 %)..... : 1 (Bajo)

Al (de 5 - 7 %)..... : 1 (Bajo)

MA (mas de 7%)..... : 1 (Bajo)

Mo (Moderado (50-75 MGjoules\*mm/Ha))

> MtOg (Materia Orgánica)

Me (de 3 - 5 %)..... : 1 (Bajo)

Al (de 5 - 7 %)..... : 1 (Bajo)

MA (mas de 7%)..... : 1 (Bajo)

Me (Medio (75-100 MGjoules\*mm/Ha)) >

MtOg (Materia Orgánica)

Me (de 3 - 5 %)..... : 2 (Medio)

Al (de 5 - 7 %)..... : 1 (Bajo)

MA (mas de 7%)..... : 1 (Bajo)

Al (Alto (100-125 MGjoules\*mm/Ha)) >

MtOg (Materia Orgánica)

Me (de 3 - 5 %)..... : 3 (Alto)

Al (de 5 - 7 %)..... : 2 (Medio)

MA (mas de 7%)..... : 2 (Medio)

MA (Muy Alto (>125 MGjoules\*mm/Ha))

> MtOg (Materia Orgánica)

Me (de 3 - 5 %)..... : 3 (Alto)

Al (de 5 - 7 %)..... : 2 (Medio)

MA (mas de 7%)..... : 2 (Medio)

On (de 15 a 30%) > Erpp (Erosividad Pluvial)

Ba (Bajo (>50 MGjoules\*mm/Ha)) >

MtOg (Materia Orgánica)

Me (de 3 - 5 %)..... : 1 (Bajo)

Al (de 5 - 7 %)..... : 1 (Bajo)

MA (mas de 7%)..... : 1 (Bajo)

Mo (Moderado (50-75 MGjoules\*mm/Ha))

> MtOg (Materia Orgánica)

Me (de 3 - 5 %)..... : 2 (Medio)

Al (de 5 - 7 %)..... : 1 (Bajo)

MA (mas de 7%)..... : 1 (Bajo)

Me (Medio (75-100 MGjoules\*mm/Ha)) >

MtOg (Materia Orgánica)

Me (de 3 - 5 %)..... : 2 (Medio)

Al (de 5 - 7 %)..... : 1 (Bajo)

MA (mas de 7%)..... : 1 (Bajo)

Al (Alto (100-125 MGjoules\*mm/Ha)) >

MtOg (Materia Orgánica)

Me (de 3 - 5 %)..... : 3 (Alto)

Al (de 5 - 7 %)..... : 2 (Medio)

MA (mas de 7%)..... : 2 (Medio)

MA (Muy Alto (>125 MGjoules\*mm/Ha))

> MtOg (Materia Orgánica)

Me (de 3 - 5 %)..... : 3 (Alto)

Al (de 5 - 7 %)..... : 3 (Alto)

MA (mas de 7%)..... : 2 (Medio)

FO (de 30 a 50%) > Erpp (Erosividad Pluvial)

Ba (Bajo (>50 MGjoules\*mm/Ha)) >

MtOg (Materia Orgánica)

Me (de 3 - 5 %)..... : 2 (Medio)

Al (de 5 - 7 %)..... : 2 (Medio)

MA (mas de 7%)..... : 2 (Medio)

Mo (Moderado (50-75 MGjoules\*mm/Ha))

> MtOg (Materia Orgánica)

Me (de 3 - 5 %)..... : 3 (Alto)

Al (de 5 - 7 %)..... : 2 (Medio)

MA (mas de 7%)..... : 2 (Medio)

Me (Medio (75-100 MGjoules\*mm/Ha)) >

MtOg (Materia Orgánica)

Me (de 3 - 5 %)..... : 3 (Alto)

Al (de 5 - 7 %)..... : 3 (Alto)

MA (mas de 7%)..... : 2 (Medio)

Al (Alto (100-125 MGjoules\*mm/Ha)) >

MtOg (Materia Orgánica)

Me (de 3 - 5 %)..... : 3 (Alto)

Al (de 5 - 7 %)..... : 3 (Alto)

MA (mas de 7%)..... : 3 (Alto)

MA (Muy Alto (>125 MGjoules\*mm/Ha))

> MtOg (Materia Orgánica)

Me (de 3 - 5 %)..... : 3 (Alto)

Al (de 5 - 7 %)..... : 3 (Alto)

MA (mas de 7%)..... : 3 (Alto)

Es (de 50 a 75%) > Erpp (Erosividad Pluvial)

Ba (Bajo (>50 MGjoules\*mm/Ha)) >

MtOg (Materia Orgánica)

Me (de 3 - 5 %)..... : 3 (Alto)

Al (de 5 - 7 %)..... : 3 (Alto)

MA (mas de 7%)..... : 2 (Medio)

Mo (Moderado (50-75 MGjoules\*mm/Ha))

> MtOg (Materia Orgánica)