

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

**EVALUACIÓN DE TIERRAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS
SILVOPASTORILES EN LA REGIÓN PACÍFICO CENTRAL DE 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
como requisito parcial para optar por el grado de:**

Magíster Scientae

Por

Pável Bautista Solís

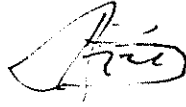
Turrialba, Costa Rica

2005

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

MAGISTER SCIENTIAE

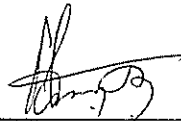
FIRMANTES:



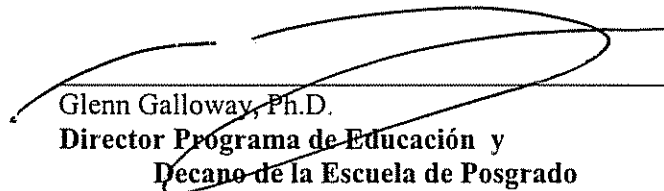
José Arze, Ph.D.
Consejero Principal



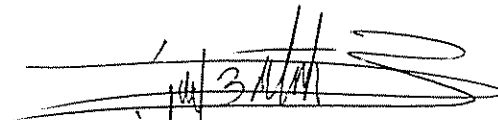
Muhammad Ibrahim, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



Sergio Velásquez, M.Sc.
Miembro Comité Consejero



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



Pavel Bautista Solís
Candidato

DEDICATORIA

A mi señora madre: Martha Silvia Solís Contreras, con eterno agradecimiento por todo su amor y apoyo.

A mi esposa Diana, por todo su amor y por aceptarme como compañero de su vida.

A la familia Alvarado Quirós, por todo el cariño recibido y por aceptarme como miembro.

A mis tías y tíos Amelia, Gloria, Juanita y María Guadalupe; Aurelio, Hernán y Rogelio por todo su apoyo y aliento constante.

A mis primos Adrián, Bernardo, Ismael, Olivia, Roció, Rosario y José Guadalupe y Nadia por su ejemplo de trabajo y superación permanente.

A mis sobrinos Cuauthemoc, Diana, Itzel Xilomen, Itzelli Kadime, Jiram Bernardo y Nashielli Guadalupe por todo lo compartido.

A todos mis amigos, en especial a Carlos, Juan, Raúl Ernesto, Ricardo Nicolás y Víctor, por tantos años de buenos momentos.

A mis amigos y excompañeros de trabajo en la Fundación Salvador Sánchez Colín: Álvaro, Eduardo, Elba Lidia, Jaime, Juan Carlos, Juan José, Omar, Maria de la Cruz, Pedro y Rodolfo Bernardo, por las experiencias de trabajo compartidas y por contribuir a mi desarrollo profesional y personal.

A los colegas y compañeros de trabajo en Normex de Michoacán, ingenieros: Ahuizotl, Edgar, Francisca, Gustavo, Isabel, Noemí, Nora, Octavio, Ponciano, Ricardo y Yadira,

De manera especial a la memoria de mis tíos Felipe, Joaquín, Raúl y Virginia; así como de mí amiga Yorlenny de los Ángeles, que en paz descansen.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, de manera especial a mi mamá y a mis tíos por haber financiado mis estudios de maestría.

Al pueblo de México, quien a través del CONACYT también contribuyó al financiamiento de mis estudios.

A Costa Rica y su gente por adoptarme durante estos dos años y enseñarme con su ejemplo que se pueden hacer las cosas de una manera mejor.

A los Doctores Víctor Manuel Villalobos Arámbula y Juan José Jiménez, por todo su apoyo.

A todos mis profesores del CATIE, en especial a mi comité de tesis: José Arze Borda, Sergio Velásquez Mazariegos y Muhammad Ibrahim, por todo su apoyo, paciencia, comprensión y esfuerzo por ayudarme a asimilar el conocimiento.

Al proyecto enfoques silvopastoriles para el manejo ecosistemas, por todas las facilidades para poder realizar mi trabajo de tesis.

A mis amigos y compañeros del proyecto GEF-Silvopastoril: Alex González, Francisco Casasola, Luís Quirós, Jorge Chagoya, Harmodio Cerrud, Rodrigo Granados y Marcos Rojas, por brindarme su amistad y apoyo.

Al Ing. Luís Arroyo del INTA, por su amable colaboración.

A todo el personal técnico del MAG Esparza, así como a los productores de la región.

A todos mis compañeros y amigos de CATIE, en especial a los del ANEXO.COM por todo su apoyo y comprensión.

BIOGRAFÍA DEL AUTOR

Nace en la ciudad de Córdoba, Veracruz, México en el año de 1978. Su educación primaria y media superior la realiza en la Ciudad de Santiago Tuxtla, Veracruz, cursando sus estudios primarios en la escuela primaria Juana Bernal de Carvajal (1985-1990); y posteriormente desarrolla sus estudios de educación secundaria y preparatoria en la Escuela Secundaria y Bachilleres Erasmo Castellanos Quinto (1990-1996).

En el año de 1996 ingresa a la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Veracruzana, de donde egresa en el año de 2001 obteniendo el título de Ingeniero Agrónomo.

En cuanto a su experiencia profesional, ésta comienza en el año 2000, en el Estado de México prestando su servicio social en la Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S.C., realizando labores de auxiliar de investigación, en proyectos relacionados con el mejoramiento genético y agronómico de frutales como aguacate, chirimoya, durazno y macadamia.

En el 2001, al egresar de la universidad, pasa a formar parte del grupo de investigadores del CICTAMEX, teniendo la responsabilidad de planificar y ejecutar proyectos de investigación en el departamento de fitotecnia. Realiza dos publicaciones en coautoría con otros investigadores de dicha institución: “Propagación clonal del aguacatero *Persea americana* Mill” (2001) y “Propagación del Aguacatero” (2002).

Posteriormente en el 2002, labora como auditor fitosanitario en Normex de Michoacán A. C. participando en la temporada 2002 de exportación de mango a los Estados Unidos.

Ese mismo año aplica y es admitido por en Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE, Costa Rica) para cursar el programa de Maestría en Agricultura Ecológica, comenzando sus estudios de maestría en el 2003. En el 2004 labora como consultor del proyecto “Enfoques Silvopastoriles para el Manejo Integrado de Ecosistemas”.

En marzo del 2005, obtiene el título de *Magister Scientae*, habiendo sido aprobado su trabajo de tesis: “Evaluación de tierras para la implementación de sistemas silvopastoriles en la región Pacífico Central de Costa Rica”.

CONTENIDO

Dedicatoria.....	iii
Agradecimientos.....	iv
Biografía del autor	v
Contenido.....	vi
Resumen.....	x
Abstract.....	xi
Índice de cuadros	xii
Índice de figuras	xvi
Índice de mapas.....	xvii
Índice de abreviaturas, siglas y unidades.....	xviii
1 Introducción	1
1.1 Definición del problema	1
1.2 Justificación e importancia	3
2 Objetivos.....	4
2.1 General	4
2.2 Específicos.....	4
3 Hipótesis.....	5
3.1 General	5
3.2 Específicas.....	5
4 Revisión de literatura	6
4.1 Evaluación de tierras	6
4.2 Sistemas de evaluación y clasificación de tierras	7
4.2.1 Métodos de clasificación y evaluación cualitativa	7
4.2.2 Métodos paramétricos	9
4.2.3 Métodos cuantitativos.....	9
4.3 Método de la FAO	10
4.4 Estructura del sistema FAO.....	11
4.4.1 Órdenes de aptitud de la tierra	11
4.4.2 Clases de aptitud de la tierra.....	11
4.4.3 Subclases de aptitud de la tierra	11
4.4.4 Unidades de aptitud de la tierra	12
4.5 Sistemas expertos	12
4.6 Sistemas de información geográfica (SIG).....	13
4.7 Sistema automatizado para la evaluación de tierras (ALES).....	14

4.8	Sistemas silvopastoriles (SSP).....	15
4.9	Pago por servicios ambientales (PSA) y sistemas silvopastoriles	16
4.10	Características del área de estudio.....	19
4.10.1	Ubicación.....	19
4.10.2	Extensión territorial	19
4.10.3	Población	20
4.10.4	Condiciones edafoclimáticas	21
4.10.5	Economía.....	22
4.10.6	Capacidad y uso de la tierra.....	22
4.10.7	Indicadores sociales: educación, salud y vivienda	23
4.10.8	Red vial.....	25
4.11	Tipos de uso de la tierra (TUT)	25
4.11.1	Pastos sin árboles.....	26
4.11.1.1	Pasto jaragua (<i>Hyparrhenia rufa</i> Ness).....	27
4.11.1.2	Brizantha (<i>Brachiaria brizantha</i>).....	28
4.11.1.3	Pasto estrella (<i>Cynodon nlemfuensis</i>).....	29
4.11.2	Pastos con árboles.....	30
4.11.2.1	Pastura jaragua con regeneración natural de cedro en baja y alta densidad.....	30
4.11.2.2	Pastura brizantha con regeneración natural de cedro en baja y alta densidad.....	30
4.11.3	Bancos forrajeros.....	31
4.11.3.1	Caña de azúcar (<i>Saccharum</i> spp.)	31
4.11.3.2	King grass (<i>Pennisetum purpureum</i> X <i>Pennisetum typhoides</i>).....	32
4.11.3.3	Cratylia (<i>Cratylia argentea</i>).....	33
4.11.3.4	Leucaena (<i>Leucaena leucocephala</i>)	34
4.11.4	Plantación de frutales	36
4.11.4.1	Aguacate (<i>Persea americana</i> Mill).....	36
4.11.4.2	Guayaba (<i>Psidium guajava</i>).....	36
4.11.4.3	Limón mesina (<i>Citrus latifolia</i> Tanaka).....	37
4.11.4.4	Mango (<i>Mangifera indica</i>).....	38
4.11.4.5	Marañón (<i>Anacardium occidentale</i> L.).....	39
4.11.4.6	Naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.)	40
4.11.5	Plantación de forestales	41
4.11.5.1	Caoba (<i>Swietenia macrophylla</i> King)	41
4.11.5.2	Cedro (<i>Cedrela odorata</i> L.)	42
4.11.5.3	Cocobolo (<i>Dalbergia retusa</i> Hemsl.).....	42

4.11.5.4	Guachipelín (<i>Diphysa americana</i> Mill.)	43
4.11.5.5	Guácimo (<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.)	44
4.11.5.6	Guanacaste (<i>Enterolobium cyclocarpum</i>)	44
4.11.5.7	Laurel (<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken).....	45
4.11.5.8	Madero negro (<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth ex Walph).	46
4.11.5.9	Pochote (<i>Bombacopsis quinata</i>).....	47
5	Materiales y Métodos	48
5.1	Delimitación del área de estudio	48
5.2	Materiales	48
5.2.1	Fuentes de información secundaria	48
5.2.2	Otras fuentes	50
5.3	Programas	50
5.4	Procedimiento	50
5.4.1	Definición de las unidades de mapeo o cartográficas (UT).....	50
5.4.2	Discriminación de las características de la tierra (CAT).....	54
5.4.3	Selección de los tipos de uso de la tierra (TUT).....	55
5.4.4	Definición de los requisitos de uso de la tierra (RUT)	56
5.4.5	Árboles de decisión (ARD)	57
5.4.6	Aptitud física	58
5.4.7	Evaluación Económica	58
5.4.7.1	Modelaje y selección de escenarios con PSA	60
6	Resultados y discusión	64
6.1	Unidades de mapeo u cartográficas	64
6.2	Modelos de evaluación de la aptitud física.....	64
6.2.1	Árboles de decisión	64
6.2.2	Limitación máxima.....	66
6.3	Aptitud física	66
6.4	Evaluación económica	66
6.4.1	Análisis de costos	66
6.4.2	Análisis de precios.....	72
6.4.3	Indicadores económicos	75
6.4.3.1	Jaragua	75
6.4.3.2	Brizantha	76
6.4.3.3	Estrella	78
6.4.3.4	Jaragua con regeneración natural de cedro en baja densidad.....	80

6.4.3.5	Jaragua con regeneración natural de cedro en alta densidad.....	81
6.4.3.6	Brizantha con regeneración natural de cedro en baja densidad.....	83
6.4.3.7	Brizantha con regeneración natural de cedro en alta densidad.....	85
6.4.3.8	Caña de azúcar	87
6.4.3.9	King grass.....	89
6.4.3.10	Cratylia.....	90
6.4.3.11	Leucaena	92
6.4.3.12	Aguacate.....	94
6.4.3.13	Guayaba.....	95
6.4.3.14	Limón mesina.....	96
6.4.3.15	Mango	97
6.4.3.16	Marañón	98
6.4.3.17	Naranja	100
6.4.3.18	Cocobolo	100
6.4.3.19	Guanacaste	102
6.4.3.20	Pochote.....	103
6.5	Comparación entre los TUT pastos naturales y mejorados	104
6.6	Comparación entre los TUT pastos con regeneración natural de cedro	107
6.7	Comparación entre los TUT bancos forrajeros.....	109
6.8	Comparación entre los TUT plantaciones frutales	112
6.9	Comparación entre los TUT plantaciones forestales.....	116
7	Conclusiones.....	121
8	Recomendaciones.....	122
9	Literatura citada.....	123
	Anexo 1. Expertos consultados.....	135
	Anexo 2. Manejo de los TUT	136
	Anexo 3. Características de las unidades de mapeo.....	140
	Anexo 4. Mapas de aptitud física	143

Bautista-Solís, P. 2004. Evaluación de tierras para el establecimiento de sistemas silvopastoriles en la Región Pacífico Central de Costa Rica.

Palabras clave: evaluación de tierras, sistemas silvopastoriles, bancos forrajeros, sistemas expertos, zonificación agroecológica, aptitud de la tierra, SIG, ALES.

RESUMEN

El objetivo principal del presente estudio fue contribuir a la planeación de agroecosistemas ambientalmente sostenibles y a la mitigación de las externalidades negativas de la ganadería extensiva en la Región Pacífico Central de Costa Rica.

El estudio se llevó a cabo integrando una base de conocimientos con información secundaria y de expertos, para posteriormente procesarla con Sistemas de Información Geográfica (SIG) y el Sistema Automatizado para la Evaluación de Tierras (ALES), desarrollando un proceso de evaluación de tierras mediante una adaptación del esquema de la FAO (1976).

Los tipos de utilización de la tierra evaluados (TUT) fueron: 1) bancos forrajeros de gramíneas, 2) bancos forrajeros de leñosas, 3) pastos naturales y mejorados sin árboles, 4) pastos naturales y mejorados con regeneración natural, 5) plantación de frutales y 6) plantación de forestales.

En el área de estudio, se identificaron 311 unidades de mapeo homogéneas (UT), con un área total de 337,98 km². Se obtuvieron mapas de aptitud física para 26 TUT diferentes y se evaluaron económicamente 20 TUT obteniendo los indicadores económicos: valor presente neto normalizado (VPN), relación beneficio-costos (RBC), margen bruto (MB) y tasa interna de retorno (TIR) para cada TUT evaluado.

Los resultados de la evaluación física muestran áreas pequeñas con buena aptitud para el establecimiento de plantaciones forestales 2.412,18 ha y las plantaciones frutales 1.421,47 ha. Los TUT a los que se les identificó una mayor superficie de tierras aptas fueron los bancos forrajeros de leñosas 18.069,50 ha, pastos mejorados 14.567,70 ha y bancos forrajeros de gramíneas 9.822,43 ha. Por lo tanto se concluye que existe la posibilidad de utilizar los TUT pastos mejorados y bancos forrajeros para intensificar los sistemas de producción pecuaria y liberar zonas para regeneración natural.

Bautista-Solís, P. 2004. Land evaluation for establishing silvopastoral systems at the Central Pacific Region of Costa Rica.

Key words: land evaluation, silvopastoral systems, fodder banks, expert systems, agroecological zoning, land aptitude, environment, GIS, ALES.

ABSTRACT

The main objective of this study was to contribute in the planning of environmentally sustainable agroecosystems and to the mitigation of extensive livestock negative externalities at the Central Pacific Region of Costa Rica.

The study was carried out by integrating existing secondary and expert information into the Geographical Information Systems (SIG) and the Automated Land Evaluation Software (ALES). These two programs were used for developing a land evaluation process by adapting the FAO directives (1976).

The land use types evaluated were (TUT): 1) Gramminae fodder banks, 2) shrub fodder banks, 3) natural and improved pastures without trees, 4) natural and improved pastures with natural regeneration 5) fruit tree plantations and 6) forest plantations.

Three hundred eleven homogenous map units (UT) were identified in the study area, with a total area of 337.98 km². Moreover, 26 TUT physical aptitude maps were obtained and 20 TUT were evaluated economically, producing the following economical indicators: net present value normalized (VPN), benefit-cost ratio (RBC), gross margin (MB) and internal rate of return (TIR) for each TUT evaluated.

The physical aptitude results showed small areas with good aptitude for establishing forest tree plantations 2,412.18 ha and fruit tree plantations 1,421.47 ha. While the TUT with a higher land area with good aptitude were the shrub fodder banks 18,069.50 ha, the improved pastures 14,567.70 and the gramminae fodder banks 9,822.43 ha. Therefore, there exists the possibility of implementing this TUT for improving the farming systems and to free zones for natural regeneration.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Estructura general del sistema de evaluación de tierras de la FAO.....	11
Cuadro 2. Clases de aptitud de la tierra del esquema FAO.....	12
Cuadro 3. Principales ventajas y desventajas del establecimiento de los SSP.....	16
Cuadro 4. Usos de la tierra e índices de servicios ambientales contemplados por el proyecto GEF-Silvopastoril.....	18
Cuadro 5. Datos de población de los distritos del área de estudio.....	21
Cuadro 6. Zonas de vida presentes en la zona de estudio.....	22
Cuadro 7. Promedio de los indicadores de educación en los distritos de la zona de estudio.....	24
Cuadro 8. Promedios de los principales indicadores de vivienda.....	24
Cuadro 9. Infraestructura vial de la zona de estudio por distrito y de acuerdo al tipo de vía.....	25
Cuadro 10. Productividad de <i>Cratylia argentea</i> en la Región Pacífico Central.....	34
Cuadro 11. Unidades cartográficas de suelos presentes en el área de estudio.....	53
Cuadro 12. Características de la tierra seleccionadas para la evaluación y sus categorías.....	55
Cuadro 13. Requisitos de uso de la tierra (RUT) y características (CAT) empleadas en su definición.....	56
Cuadro 14. Niveles severidad de los requisitos de uso de la tierra (RUT).....	57
Cuadro 15. Cambios de uso de la tierra por hectárea con PSA, desde diferentes usos hacia pastos naturales o mejorados.....	60
Cuadro 16. Cambios de uso de la tierra por hectárea con PSA, desde diferentes usos hacia pastos naturales con alta densidad de árboles.....	60
Cuadro 17. Cambios de uso de la tierra por hectárea con PSA, desde diferentes usos hacia pastos mejorados con alta densidad de árboles.....	61
Cuadro 18. Cambios de uso de la tierra por hectárea con PSA, desde diferentes usos hacia bancos forrajeros de gramíneas.....	61
Cuadro 19. Cambios de uso de la tierra por hectárea con PSA, desde diferentes usos hacia bancos forrajeros de leñosas.....	62
Cuadro 20. Cambios de uso de la tierra por hectárea con PSA, desde diferentes usos hacia plantaciones frutales (monocultivo).....	62
Cuadro 21. Cambios de uso de la tierra por hectárea con PSA, desde diferentes usos hacia plantaciones forestales (monocultivo).....	63
Cuadro 22. Estructura de los árboles de decisión para evaluar aptitud física.....	64
Cuadro 23. Costos dependientes de la producción para los TUT bancos forrajeros.....	70
Cuadro 24. Costos dependientes de la producción para los TUT frutales.....	70
Cuadro 25. Precios de los productos de los TUT pastos naturales, mejorados con y sin regeneración natural de cedro y bancos forrajeros.....	73
Cuadro 26. Precios de los productos de los TUT frutales empleados en la evaluación económica.....	74

Cuadro 27. Precios de los productos TUT plantaciones forestales evaluados económicamente.....	74
Cuadro 28. Rendimiento proporcional (RP) y total para el TUT pasto natural jaragua.....	75
Cuadro 29. Indicadores económicos para el TUT pasto natural jaragua, considerando el pago por servicios ambientales por cambio desde uso de la tierra de cultivos de ciclo corto o pastura degradada.	76
Cuadro 30. Rendimiento proporcional (RP) y total para el TUT pasto mejorado brizantha.....	77
Cuadro 31. Indicadores económicos para el TUT pasto mejorado brizantha, considerando el pago por servicios ambientales por cambio desde uso de la tierra de cultivos de ciclo corto o pastura degradada.....	78
Cuadro 32. Rendimiento proporcional (RP) y total para el TUT pasto mejorado estrella.....	79
Cuadro 33. Indicadores económicos para el TUT pasto mejorado estrella, considerando el pago por servicios ambientales por cambio desde uso de la tierra de cultivos de ciclo corto o pastura degradada.	79
Cuadro 34. Rendimiento proporcional (RP) y total para el TUT pastura jaragua con regeneración natural de cedro en baja densidad.	80
Cuadro 35. Indicadores económicos para el TUT pastura jaragua con regeneración natural de cedro en baja densidad, considerando el pago por servicios ambientales por cambio desde uso de la tierra de cultivos de ciclo corto o pastura degradada.....	81
Cuadro 36. Rendimiento proporcional (RP) y total para el TUT pastura jaragua con regeneración natural de cedro en alta densidad.	82
Cuadro 37. Indicadores económicos para el TUT pastura jaragua con regeneración natural de cedro en alta densidad, considerando el pago por servicios ambientales por cambio desde uso de la tierra de cultivos de ciclo corto o pastura degradada.....	83
Cuadro 38. Rendimiento proporcional (RP) y total para el TUT pastura brizantha con regeneración natural de cedro en baja densidad.	84
Cuadro 39. Indicadores económicos para el TUT pastura brizantha con regeneración natural de cedro en baja densidad, considerando el pago por servicios ambientales por cambio desde uso de la tierra de cultivos de ciclo corto o pastura degradada.	85
Cuadro 40. Rendimiento proporcional (RP) y total para el TUT pastura brizantha con regeneración natural de cedro en alta densidad.	86
Cuadro 41. Indicadores económicos para el TUT pastura brizantha con regeneración natural de cedro en alta densidad, considerando el pago por servicios ambientales por cambio desde uso de la tierra de cultivos de ciclo corto o pastura degradada.	87
Cuadro 42. Rendimiento proporcional (RP) y total para el TUT banco forrajero de caña de azúcar.....	88
Cuadro 43. Indicadores económicos para el TUT banco forrajero de caña de azúcar, considerando el pago por servicios ambientales por cambio desde uso de la tierra de cultivos de ciclo corto o pastura degradada.....	88
Cuadro 44. Rendimiento proporcional (RP) y total para el TUT banco forrajero de king grass.....	89

Cuadro 45. Indicadores económicos para el TUT banco forrajero de king grass, considerando el pago por servicios ambientales por cambio desde uso de la tierra de cultivos de ciclo corto o pastura degradada.....	90
Cuadro 46. Rendimiento proporcional (RP) y total para el TUT banco forrajero de <i>Cratylia argentea</i>	91
Cuadro 47. Indicadores económicos para el TUT banco forrajero de <i>Cratylia argentea</i> , considerando el pago por servicios ambientales por cambio desde uso de la tierra de cultivos de ciclo corto o pastura degradada.....	92
Cuadro 48. Rendimiento proporcional (RP) y total para el TUT banco forrajero de <i>Leucaena leucocephala</i>	93
Cuadro 49. Indicadores económicos para el TUT banco forrajero de <i>Leucaena leucocephala</i> , considerando el pago por servicios ambientales por cambio desde uso de la tierra de cultivos de ciclo corto o pastura degradada.	94
Cuadro 50. Rendimiento proporcional (RP) y total para el TUT plantación de aguacate.....	95
Cuadro 51. Indicadores económicos para el TUT plantación de aguacate, considerando el pago por servicios ambientales por cambio desde uso de la tierra de cultivos de ciclo corto o pastura degradada.	95
Cuadro 52. Rendimiento proporcional (RP) y total para el TUT plantación de guayaba.	96
Cuadro 53. Indicadores económicos para el TUT plantación de guayaba, considerando el pago por servicios ambientales por cambio desde uso de la tierra de cultivos de ciclo corto o pastura degradada.	96
Cuadro 54. Rendimiento proporcional (RP) y total para el TUT plantación de limón mesina.....	97
Cuadro 55. Indicadores económicos para el TUT plantación de limón mesina, considerando el pago por servicios ambientales por cambio desde uso de la tierra de cultivos de ciclo corto o pastura degradada.....	97
Cuadro 56. Rendimiento proporcional (RP) y total para el TUT plantación de mango.....	98
Cuadro 57. Indicadores económicos para el TUT plantación de mango, considerando el pago por servicios ambientales por cambio desde uso de la tierra de cultivos de ciclo corto o pastura degradada.	98
Cuadro 58. Rendimiento proporcional (RP) y total para el TUT plantación de marañón.....	99
Cuadro 59. Indicadores económicos para el TUT plantación de marañón, considerando el pago por servicios ambientales por cambio desde uso de la tierra de cultivos de ciclo corto o pastura degradada.	99
Cuadro 60. Rendimiento proporcional (RP) y total para el TUT plantación de naranja.....	100
Cuadro 61. Indicadores económicos para el TUT plantación de naranja, considerando el pago por servicios ambientales por cambio desde uso de la tierra de cultivos de ciclo corto o pastura degradada.	100
Cuadro 62. Rendimiento proporcional (RP) y total para el TUT plantación forestal de cocobolo.	101

Cuadro 63. Indicadores económicos para el TUT plantación forestal de cocobolo, considerando el pago por servicios ambientales por cambio desde uso de la tierra de cultivos de ciclo corto o pastura degradada.....	101
Cuadro 64. Rendimiento proporcional (RP) y total para el TUT plantación forestal de guanacaste.....	102
Cuadro 65. Indicadores económicos para el TUT plantación forestal de guanacaste, considerando el pago por servicios ambientales por cambio desde uso de la tierra de cultivos de ciclo corto o pastura degradada.....	103
Cuadro 66. Rendimiento proporcional (RP) y total para el TUT plantación forestal de pochote.	103
Cuadro 67. Indicadores económicos para el TUT plantación forestal de pochote, considerando el pago por servicios ambientales por cambio desde uso de la tierra de cultivos de ciclo corto o pastura degradada.....	104
Cuadro 68. Indicadores económicos para el TUT plantación de pochote turno de 24 años.	104
Cuadro 69. Costos de producción, rendimiento y valor nutritivos de los TUT pastos naturales y mejorados.	107
Cuadro 70. Costos de producción, rendimiento y valor nutritivo de los TUT bancos forrajeros en la zona de estudio.	112
Cuadro 71. Indicadores económicos para el TUT plantación de pochote sin PSA.....	120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Relación del área total de los distritos y el área de estudio.	20
Figura 2. Porcentaje de alfabetización por distritos del área de estudio.	23
Figura 3. Comportamiento de los costos de establecimiento y manejo por hectárea de los TUT pastos naturales y mejorados.	67
Figura 4. Comportamiento de los costos de establecimiento y manejo por hectárea de los TUT pastos con regeneración natural de cedro en baja y alta densidad.	68
Figura 5. Comportamiento de los costos de establecimiento y manejo por hectárea de los TUT bancos forrajeros de gramíneas y leñosas.	69
Figura 6. Comportamiento de los costos totales para el establecimiento y manejo de una hectárea de los TUT plantaciones frutales.	71
Figura 7. Comportamiento de los costos totales de establecimiento y manejo de los TUT plantaciones forestales.	72
Figura 8. Estacionalidad de precios de los productos TUT plantación de frutales.	73
Figura 9. Aptitud física para los TUT pastos naturales y mejorados.	105
Figura 10. Aptitud física total para los TUT pastos naturales y mejorados.	106
Figura 11. Comparación de la relación beneficio costo de los TUT pastos naturales y mejorados.	106
Figura 12. Aptitud física para los TUT pastos jaragua y brizantha con regeneración natural de cedro en baja y alta densidad.	107
Figura 13. Aptitud física total para los TUT pastos brizantha y jaragua con regeneración natural de cedro en baja y alta densidad.	108
Figura 14. Comparación de la relación beneficio costo de los TUT pastos jaragua y brizanta con regeneración natural de cedro en baja y alta densidad.	109
Figura 15. Aptitud física para los TUT bancos forrajeros de gramíneas y leñosas.	110
Figura 16. Aptitud física total para los TUT bancos forrajeros de gramíneas y leñosas.	111
Figura 17. Área con aptitud física positiva para los TUT plantación de frutales.	112
Figura 18. Área con aptitud física restrictiva para los TUT plantación de frutales.	113
Figura 19. Aptitud física total para los TUT plantaciones frutales.	114
Figura 20. Comparación de la relación beneficio-costo de los TUT plantaciones frutales.	115
Figura 21. Comparación del valor presente neto para los TUT plantaciones frutales.	115
Figura 22. Aptitud física positiva para los TUT plantaciones forestales.	116
Figura 23. Aptitud física restrictiva para los TUT plantaciones forestales.	117
Figura 24. Aptitud física total para los TUT plantaciones forestales.	118
Figura 25. Comparación de la relación beneficio costo de los TUT plantaciones forestales sin PSA.	119
Figura 26. Comparación del valor presente neto normalizado para los TUT plantaciones forestales.	120

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Área de estudio.	49
Mapa 2. Altitud de la zona de estudio.	51
Mapa 3. Precipitación promedio anual en el área de estudio.	52
Mapa 4. Unidades cartográficas de suelos.	54
Mapa 5. Unidades de mapeo del área de estudio.	65
Mapa 6. Aptitud física del TUT pasto natural jaragua.	143
Mapa 7. Aptitud física del TUT pastura mejorada brizantha.	144
Mapa 8. Aptitud física del TUT pasto mejorado estrella.	145
Mapa 9. Aptitud física del TUT pasto jaragua con baja densidad de cedro.	146
Mapa 10. Aptitud física del TUT pasto jaragua con alta densidad de cedro.	147
Mapa 11. Aptitud física del TUT pasto brizantha con baja densidad de cedro.	148
Mapa 12. Aptitud física del TUT pasto brizantha con alta densidad de cedro.	149
Mapa 13. Aptitud física del TUT banco forrajero de caña de azúcar.	150
Mapa 14. Aptitud física del TUT banco forrajero de king grass.	151
Mapa 15. Aptitud física del TUT banco forrajero de <i>Cratylia argentea</i>	152
Mapa 16. Aptitud física del TUT banco forrajero de <i>Leucaena leucocephala</i>	153
Mapa 17. Aptitud física del TUT plantación de aguacate.	154
Mapa 18. Aptitud física del TUT plantación de guayaba.	155
Mapa 19. Aptitud física del TUT plantación de limón mesina.	156
Mapa 20. Aptitud física del TUT plantación de mango.	157
Mapa 21. Aptitud física del TUT plantación de marañón.	158
Mapa 22. Aptitud física del TUT plantación de naranja.	159
Mapa 23. Aptitud física del TUT plantación de caoba.	160
Mapa 24. Aptitud física del TUT plantación de cedro.	161
Mapa 25. Aptitud física del TUT plantación de cocobolo.	162
Mapa 26. Aptitud física del TUT plantación de guachipelín.	163
Mapa 27. Aptitud física del TUT plantación guácimo.	164
Mapa 28. Aptitud física del TUT plantación de guanacaste.	165
Mapa 29. Aptitud física del TUT plantación de laurel.	166
Mapa 30. Aptitud física del TUT plantación de madero negro.	167
Mapa 31. Aptitud física del TUT plantación de pochote.	168

ÍNDICE DE ABREVIATURAS, SIGLAS Y UNIDADES

\$ USD	Dólares de Estados Unidos de Norte América
%	Porcentaje
°C	Grados centígrados
A1	Tierra apta
A2	Tierra moderadamente apta
A3	Tierra marginalmente apta
ALES	Sistemas Automatizado para la Evaluación de Tierras
Alt	Altitud
ARD	Árboles de decisión
ASCII	Código americano estándar para el intercambio de información
BRNCB	TUT pasto brizantha con regeneración natural de cedro en baja densidad
BRNCA	TUT pasto brizantha con regeneración natural de cedro en alta densidad
C.C.S.S	Caja Costarricense del Seguro Social
CAT	Características de la tierra
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CCT	Centro Científico Tropical
CEN	(Centro de salud)
CF	Costos fijos
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical
CIPAV	Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (Colombia)
cm	Centímetros
CO ₂	Carbono atmosférico
CT	Costos totales
CV	Costos variables
DAP	Diámetro a la altura del pecho
DIVMS	Disgestibilidad <i>in vitro</i> de materia seca
Dna	Disponibilidad de agua
Dnu	Disponibilidad de nutrientes
ESRI	Environmental Systems Research Institute
Etc.	Etcétera
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación
Far	Factibilidad de árboles
g	Gramos
GEF	Global Environment Facility
GPS	Sistema de posicionamiento global
ha	Hectáreas
Hab	Habitantes
ICE	Instituto Costarricense de Electricidad
IGN	Instituto Geográfico Nacional (Costa Rica)
IMN	Instituto Meteorológico Nacional (Costa Rica)
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos (Costa Rica)
INTA	Instituto Nacional de Tecnología Agrícola (Costa Rica)
ITCR	Instituto Tecnológico de Costa Rica
JRNCB	TUT pasto jaragua con regeneración natural de cedro en baja densidad
JRNCA	TUT pasto jaragua con regeneración natural de cedro en alta densidad

kgMS/ha	Kilogramos de materia seca por hectárea
km	Kilómetros
km ²	Kilómetros cuadrados
m	Metros
m ³	Metros cúbicos
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería (Costa Rica)
MED	Modelo de elevación digital
mm	Milímetros
MS	Materia seca
msnm	Metros sobre el nivel del mar
N	Nitrógeno
N ₁	Tierra no apta actualmente
N ₂	Tierra no apta permanentemente
NITLAPÁN	Instituto de Investigación y Desarrollo Nitlapán (Nicaragua)
OAL	Observaciones con alguna limitante
OFI	Instituto Forestal de Oxford
pH	Potencial hidrogeno
Proyecto GEF-Silvopastoril	Proyecto Enfoques Silvopastoriles para el Manejo Integrado de Ecosistemas
PSA	Pago por servicios ambientales
Rer	Riesgo de erosión
RUT	Requisitos de uso de la tierra
RP	Rendimiento proporcional
SIG	Sistemas de Información Geográfica
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences Inc.
SSP	Sistemas Silvopastoriles
Tmp	Temperatura
ton	Toneladas
TUT	Tipo de utilización de la tierra
UA/ha	Unidades animal por hectárea
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos
UT	Unidades de mapeo o cartográficas

1 INTRODUCCIÓN

1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La modernización de la agricultura capitalista realizada a lo largo del siglo XX se situó bajo el imperativo de maximizar los rendimientos, sin preocuparse por los efectos ambientales o sociopolíticos más amplios que causan las actividades agroganaderas (Riechmann 2000).

Los agroecosistemas actuales producen graves y crecientes impactos ecológicos, entre los cuales cabe contar: deforestación, desertificación de extensos territorios, destrucción del suelo fértil, alteración del ciclo del nitrógeno, difusión de tóxicos biocidas en el ambiente (insecticidas, herbicidas, fungicidas, etc.), explotación y contaminación de los acuíferos por contaminantes agrícolas tales como nutrientes, pesticidas, sales y patógenos (Shortle *et al.* 2001); sobreexplotación de aguas superficiales, despilfarro de agua, eutrofización de lagos y mares, despilfarro de energía, pérdida de biodiversidad, producción de gases de efecto invernadero, entre otros (Riechmann 2000, Calle *et al.* 2001).

Desde la época de la revolución verde (1960-1970) algunos científicos mostraron su preocupación por la equidad y el impacto ambiental de los sistemas de producción, pero la mayoría consideraba a estos problemas como secundarios frente a aliviar el hambre y la malnutrición por medio de incrementar la producción de alimento y la productividad agropecuaria (Lee *et al.* 2001).

En América Central, el cambio de uso de la tierra más importante que se ha observado durante los últimos cuarenta años ha sido la reducción de la superficie boscosa, para dar paso a usos agropecuarios (Pezo e Ibrahim 2002). Así en ésta área las pasturas representaban un 46 % del área total de Centroamérica (18,4 millones de ha) (Murgueitio e Ibrahim 2001). El manejo tradicional de los sistemas ganaderos está caracterizado por indicadores económicos y de producción bajos, estimándose que más de 40 % de las pasturas de América Central están degradadas (Agostini *et al.* 2003).

El manejo de tierras bajo usos de suelo que no son aptos para su aptitud agroecológica, por ejemplo el uso de tierras con aptitud forestal bajo esquemas de ganadería extensiva; y la proliferación de esquemas productivos con prácticas de manejo no racionales trae como consecuencia el agotamiento de su fertilidad y la degradación de las mismas. Así, los sistemas extensivos de ganadería menoscaban la propia base de sus recursos naturales, el suelo mediante la erosión incremental, la infertilidad de los suelos por las prácticas de manejo de pastos y todo esto se traduce en un desbalance agroecológico que hace la actividad ganadera cada vez menos rentable y sostenible (Pratt y Pérez 1997).

Como lo señala Riechmann (2000), los retos que se plantean para solventar los impactos negativos citados previamente son notables, dado que en todo el mundo se tendrá que producir más para alimentar a la creciente población humana, sin poder aumentar los recursos de tierra y agua disponibles, vislumbrándose la necesidad de producir y consumir de manera racional para minimizar el impacto ambiental de la agricultura industrial actual.

La necesidad de atacar la pobreza rural, conservar y regenerar los deteriorados recursos naturales obliga a una búsqueda activa de nuevos tipos de investigación, tecnologías y estrategias para el manejo de los recursos agropecuarios (Altieri y Nicholls 2000).

La agroforestería, y específicamente los sistemas silvopastoriles (SSP), constituyen una de las opciones para lograr que los sistemas productivos con esquemas productivistas sean más ambientalmente sustentables (Mahecha 2002). El interés por su empleo ha aumentado dada la creciente preocupación por los problemas ecológicos de los sistemas convencionales de producción, ya que los SSP contribuyen a la superación de ciertos problemas biofísicos, socioeconómicos y ambientales (Jiménez y Muschler 2001), a la vez de proveen diversos servicios ambientales (Beer *et al.* 2003).

Dentro del marco descrito cobra importancia el conocer la aptitud de las tierras para un determinado uso, ya sea agrícola, pecuario, forestal o mixto. Ya que al establecer sistemas productivos acordes a la aptitud de la tierra correspondiente, mediante una zonificación agroecológica basada en la evaluación de tierras, se evitan problemas como la ubicación de cultivos o especies inapropiadas para el medio agroecológico, que conlleva rendimientos marginales, deterioro y degradación tanto de las tierras como del medio ambiente donde se establecen.

1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Algunos de los finqueros de la región Pacífico Central de Costa Rica, han venido recibiendo capacitación técnica e incentivos financieros para que adopten sistemas de producción más ambientalmente sostenibles con el propósito de mitigar las externalidades negativas de la ganadería extensiva.

Con el apoyo de instituciones locales los finqueros participan en la búsqueda de un manejo integrado del agroecosistema, que les permita proteger el balance entre la conservación, el uso sostenible de recursos y una justa repartición de los beneficios producto de los recursos naturales.

En aras de alcanzar dichos objetivos, se plantea la adopción de sistemas silvopastoriles (SSP), es decir la integración de especies leñosas (arbustos o árboles) a las pasturas para diversificar la fuente de ingresos, las fuentes de alimentación animal y disminuir las externalidades negativas de la ganadería, etc., mediante el establecimiento de cercas vivas, bancos forrajeros de proteína o energía, el mejoramiento de pasturas con regeneración natural de árboles, entre otros.

Es así que en el marco descrito cobra importancia el efectuar una evaluación de las tierras de acuerdo a su potencialidad ecológica y socioeconómica, para determinar cual es el potencial de la tierra para establecer un determinado TUT, de acuerdo a la oferta de recursos de la tierra en un área geográfica determinada.

2 OBJETIVOS

2.1 GENERAL

Contribuir a la planificación de agroecosistemas ambientalmente sostenibles y a la mitigación de las externalidades negativas de la ganadería extensiva en la Región Pacífico Central de Costa Rica, mediante la aplicación de un proceso de evaluación de tierras.

2.2 ESPECÍFICOS

Conocer la aptitud de las tierras del área de influencia del proyecto “Enfoques Silvopastoriles para el Manejo de Ecosistemas”, en la Región Pacífico Central de Costa Rica.

Elaborar modelos de evaluación económica, física y mapas de aptitud física utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG) y el Sistema Automatizado para la Evaluación de Tierras (ALES), para los tipos de utilización de la tierra (TUT): 1) bancos forrajeros de gramíneas, 2) bancos forrajeros de leñosas, 3) pastos naturales y mejorados sin árboles, 4) pastos naturales y mejorados con regeneración natural, 5) plantación de frutales y 6) plantación de forestales.

3 HIPÓTESIS

3.1 GENERAL

La implementación de la evaluación de tierras, permite contribuir a la planificación de sistemas ambientalmente sostenibles y a la mitigación de las externalidades negativas de la ganadería extensiva en la Región Pacífico Central de Costa Rica.

3.2 ESPECÍFICAS

La base de conocimientos e información ecológica, biofísica y económica disponibles, facilitan conocer la aptitud de las tierras en el área de influencia del proyecto “Enfoques silvopastoriles para el Manejo Integrado de Ecosistemas”, en la Región Pacífico Central de Costa Rica.

La base de conocimientos e información ecológica, biofísica y económica disponibles, permiten la elaboración de modelos de evaluación económica, física y mapas de aptitud física para los TUT: 1) bancos forrajeros de gramíneas, 2) bancos forrajeros de leñosas, 3) pastos naturales y mejorados sin árboles, 4) pastos naturales y mejorados con regeneración natural, 5) plantación de frutales y 6) plantación de forestales.

4 REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 EVALUACIÓN DE TIERRAS

En la actualidad existe preocupación por el uso eficiente de los recursos naturales, incluyendo asegurar la sostenibilidad de los sistemas de uso a través del tiempo, por lo que los enfoques metodológicos para abordar los problemas sociales, físicos y económicos derivados del uso de las tierras requieren incluir en forma sistemática los aportes de diversas disciplinas.

La evaluación de tierras es una alternativa importante para la planificación del uso de la tierra ya que potencia el uso racional y sostenible de la misma (Rossiter 2003), por medio de la comparación entre los requerimientos del uso de la tierra con las cualidades poseídas por ésta (FAO 1986).

Además, la evaluación de tierras puede incluir la ejecución e interpretación de levantamientos básicos de clima, suelo, vegetación y otros aspectos de la tierra en términos de los requerimientos de posibles formas alternativas de uso (FAO 1976).

Para comprender el concepto de evaluación de tierras es necesario aclarar la definición del concepto “tierra”, el cual no es sinónimo de suelo. De ésta manera la FAO ha definido a la tierra como las características del paisaje natural que pueden ejercer una influencia significativa sobre el uso de la tierra por el hombre (1986). O como una porción vertical de la corteza terrestre que involucra el suelo, el subsuelo, su geología, las poblaciones de plantas, animales y la atmósfera cercana, así como los procesos naturales e inducidos, sean estables o cíclicos y, los resultados de las actividades humanas pasadas y presentes que tienen un efecto en el comportamiento de la misma (FAO 2003).

Existen diversas definiciones del proceso de evaluación de tierras, al respecto Rossiter (1994) considera dos aspectos importantes para comprender la definición: 1) El problema: el uso inapropiado de la tierra conduce a una explotación ineficiente de los recursos naturales, la destrucción del recurso tierra, pobreza y otros problemas sociales, etc. 2) Parte de la solución: la evaluación de tierras conduciendo hacia una planificación racional del uso de la tierra para un uso apropiado y sustentable de los recursos naturales y humanos.

Considerando esos dos aspectos, el mismo autor concluye que la evaluación de tierras puede ser definida como lo hizo FAO (1985): “proceso de valoración del comportamiento de la tierra cuando ésta es usada para un propósito específico”. En otro enfoque la FAO (2003), define a la evaluación de

tierras como un proceso de determinación y predicción del comportamiento de una porción de tierra usada para fines específicos, considerando aspectos físicos, económicos y sociales.

4.2 SISTEMAS DE EVALUACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE TIERRAS

Se han desarrollado varios sistemas de evaluación y clasificación de tierras con diferentes enfoques, desde los métodos convencionales (cualitativos) bien establecidos, hasta el desarrollo de índices de productividad y modelos de simulación matemática. En los siguientes párrafos se presenta una breve reseña de algunos de estos métodos basada fundamentalmente en la revisión de la FAO (2003).

La diferencia entre un sistema de clasificación y uno de evaluación estriba en que mientras el primero agrupa las tierras en clases comparables en diferentes sitios, la evaluación agrupa la aptitud en rangos específicos de acuerdo a los propósitos de la misma evaluación (Arze 20041).

4.2.1 MÉTODOS DE CLASIFICACIÓN Y EVALUACIÓN CUALITATIVA

Entendiéndose por métodos de clasificación y evaluación cualitativa, aquellos cuya distinción entre sus clases es definida en términos de cubrir o no los requerimientos de una evaluación o clasificación específica (FAO 1976). Bajo la evaluación cualitativa destacan los siguientes métodos:

a) Clasificación en Clase de Capacidad de Uso (USDA).- Desarrollado en Estados Unidos en 1961 por Klingebel y Montgomery, es uno de los sistemas más difundidos. El sistema consiste en agrupar unidades de tierra que tengan respuestas comparables a su manejo y limitaciones o riesgos de degradación (FAO 1986). Así, la clasificación de la capacidad de la tierra es una interpretación de los estudios de mapas de suelos hechos preliminarmente con propósitos agrícolas, basada en los efectos combinados de aspectos climáticos, características permanentes del suelo, riesgo al deterioro y remoción del suelo, limitaciones de uso, capacidad productiva y requerimientos de manejo. Los tipos similares de suelo son agrupados dentro de mapas o unidades (Monzón 2003).

Según la misma fuente, el sistema contempla ocho clases de capacidad de uso, la primera clase es la óptima para usos agrícolas, las clases subsecuentes incorporan progresivamente el riesgo al deterioro del suelo, finalmente la clase ocho presenta serias limitaciones que impiden el crecimiento de todo tipo de plantas o cultivos.

¹ Arze Borda, J. 2004. Investigación dirigida. (Comentario revisión de tesis). Programa de Maestría. Turrialba, CR, CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). Comunicación personal.

b) Clasificación de tierra para usos con riego (USBR): Este sistema evalúa proyectos de regadío. En la selección de áreas de regadío se analizan en forma integrada los factores físicos, sociales y económicos. Las nuevas tierras de riego se evalúan en base a la capacidad de pago favorable, la cual depende de varios factores, como el costo de las obras de riego y drenaje, prácticas de manejo, precios de los productos, entre otros (FAO 2003).

c) Sistemas de tierras de Australia: Es un sistema holístico que corresponde a la identificación y evaluación de áreas que sean similares en cuanto a patrones de vegetación, suelos, uso, geología, hidrología y topografía, visibles en fotografías aéreas. En estudios más detallados se adapta el método combinado de interpretación visual con trabajo de campo, para analizar las variables que no se pueden interpretar simplemente de las fotografías aéreas (FAO 2003).

d) Sistema del Centro Científico Tropical: Fue desarrollado para las condiciones de Costa Rica, está enfocado a determinar la capacidad de uso de las tierras acorde a sus propias condiciones y necesidades (Monzón 2003).

Según el mismo autor, éste método supone una alta relación entre la capacidad de uso y el rendimiento, sin embargo no considera todos los aspectos socioeconómicos. La metodología divide a la tierra en 10 clases y un total de 11 tablas distintas (zonas de vida), las cuales difieren entre sí principalmente en cuanto al número de clases y a los rangos de los valores numéricos de los parámetros. Cada clave consta de trece parámetros agrupados en factores climáticos, topográficos, edáficos y drenaje.

Para las condiciones físicas (edáficas) y climáticas normales el sistema tiene un orden jerárquico establecido, el cual acepta que la unidad de tierra pueda usarse en la actividad de la clase resultante o que también pueda utilizar esa tierra para las actividades de las clases inferiores a esta, pero no se debe usar para las actividades o grupo de plantas de las clases superiores a la misma (Monzón 2003).

e) Otros enfoques cualitativos: Existen otros métodos cualitativos desarrollados recientemente con un enfoque diferente al de la FAO como el sistema de la clasificación de suelos para la capacidad de la fertilidad, el cual agrupa los suelos según el tipo de problemas encontrados en las características físicas y químicas que influyen en su manejo; LESA (Land evaluation and site assessment) cuyo objetivo principal es constituirse como un sistema objetivo y numérico para determinar si la tierra es viable para un desarrollo y como puede esa tierra protegerse, está basado principalmente en factores geográficos; ponderación potencial de suelos, cuyas clases indican la cualidad relativa de los suelos para un uso

particular, considerándose al rendimiento, los costos relativos de la tecnología para minimizar los efectos de las limitaciones y, los efectos negativos en valores sociales, económicos y medioambientales (FAO 2003).

4.2.2 MÉTODOS PARAMÉTRICOS

Son métodos semi-cuantitativos basados en la expresión como función matemática simple de la relación entre la productividad y las características de la tierra (FAO 2003).

a) Índice de Storie o Índice de la Tierra: es un índice multiplicativo desarrollado en EEUU, con el objetivo de expresar una ponderación para una zonificación de suelos o para una tasación. Expresa la influencia de los factores de suelo en conjunto sobre la productividad de los cultivos, en el cual se asigna a cada factor de suelo un porcentaje de un valor ideal para luego multiplicarlos (FAO 2003).

Según Rosa (2002), el índice de Storie se calcula multiplicando las valoraciones parciales correspondientes a la morfología del perfil del suelo (*A*), la textura superficial del suelo (*B*), el ángulo de pendiente (*C*) y las condiciones modificadoras, tales como profundidad del suelo, drenaje o alcalinidad (*X*), de la siguiente forma: $SIR = A \cdot B \cdot C \cdot X$.

b) Índice de Pierce: Es un índice de productividad desarrollado para estimar el potencial relativo de productividad de suelos erosionados en base a un pequeño grupo de variables de suelo como la capacidad de retención de humedad, la densidad aparente, el pH, un factor de peso y los estratos del suelo.

4.2.3 MÉTODOS CUANTITATIVOS

Estos trabajan en base a datos recolectados para unidades de mapeo. Los datos puntuales en el espacio y el tiempo, permiten realizar estimaciones cuantitativas de la relación entre suelos y uso, especialmente para la relación entre la productividad y los factores edáficos, climáticos y de manejo (FAO 2003).

Según la misma fuente, los modelos en general requieren de mucha información sobre el nivel de manejo de cada cultivo y las especificaciones de los insumos dentro de estos. El rendimiento está estimado en base a promedios de largo plazo y considerando su variabilidad. Otro uso de los modelos es para predecir la respuesta de las cualidades del suelo. La principal limitante de estos modelos es que requieren datos muy detallados y que a menudo han sido probados en áreas muy específicas. Sin

descartar su importancia, estos no son siempre aplicables por falta de conocimiento e información cuantificada, siendo su ventaja principal la posibilidad de estimar la producción de cualquier cultivo en cualquier lugar, previa calibración y validación.

4.3 MÉTODO DE LA FAO

El sistema de la FAO ha sido innovador ya que propone definir primero los usos probables y después evaluar las unidades de tierra (Monzón 2003). Además, considera que para que la evaluación de tierras sea importante en la planificación, el rango de los usos de la tierra considerados debe ser limitado a aquellos que son relevantes dentro del contexto físico, económico y social del área a considerar para la evaluación, y las comparaciones deben incorporar consideraciones económicas (FAO 1976).

Según FAO (1976), existen ciertos principios que son fundamentales para los enfoques y métodos implementados en la evaluación de tierras:

- 1) La aptitud de las tierras es determinada y clasificada con respecto a tipos de uso específicos. Así se asume que diferentes tipos de uso de la tierra tienen diferentes requerimientos.
- 2) La evaluación requiere una comparación de los beneficios obtenidos y de los insumos necesarios en diferentes tipos de uso. La aptitud de cada uso es determinada por medio de la comparación de los insumos requeridos, como fertilizantes, vías de comunicación, etc., con los beneficios obtenidos.
- 3) Se requiere de un enfoque multidisciplinario. El proceso de evaluación requiere de la contribución de los campos de las ciencias naturales, tecnología del uso de la tierra, economía y sociología.
- 4) La evaluación es efectuada en términos relevantes al contexto físico, económico y social del área a evaluar. Se analizan factores de los rubros anteriormente citados para evitar emitir juicios de aptitud erróneos.
- 5) La aptitud se refiere a un uso sobre una base de sostenibilidad. Se toma en cuenta la degradación ambiental cuando se determina la aptitud.
- 6) La evaluación involucra la comparación de más de un uso. Esta comparación puede ser por ejemplo entre agricultura y silvicultura, o entre dos o más sistemas de producción diferentes, o entre cultivos individuales; comparando siempre los usos existentes con los posibles cambios.

4.4 ESTRUCTURA DEL SISTEMA FAO

El sistema se basa en las siguientes categorías generales (FAO 1976) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Estructura general del sistema de evaluación de tierras de la FAO.

Categoría	Descripción
1) Órdenes de aptitud de la tierra	Refleja los tipos de aptitud
2) Clases de aptitud de la tierra	Refleja los grados de aptitud dentro de los ordenes
3) Subclases de aptitud de la tierra	Refleja tipos de limitantes, o las principales medidas de mejoramiento, dentro de las clases
4) Unidades de aptitud de la tierra	Refleja diferencias menores en manejo requerido dentro de las subclases

4.4.1 ÓRDENES DE APTITUD DE LA TIERRA

Los órdenes indican si la tierra es clasificada como apta o no apta para el uso en consideración. Existen dos órdenes representados por los símbolos A y N respectivamente. Bajo el orden A (apto) se clasifica la tierra sobre la cual se espera que el uso sostenido bajo evaluación, produzca beneficios que justifican los insumos, sin riesgos inaceptables de daño al recurso tierra. En contraposición, el orden N (no apto) agrupa a la tierra que tiene cualidades que aparentan imposibilitar el uso sostenido bajo evaluación (FAO 1976).

4.4.2 CLASES DE APTITUD DE LA TIERRA

Refleja los grados de aptitud. Las clases son numeradas consecutivamente, en secuencia de grados decrecientes de aptitud dentro del orden. Dentro del orden apto (A) no hay un número de clases especificado, no obstante su número debe ser mantenido al mínimo necesario. En lo que respecta al orden no apto (N), generalmente hay dos clases. En general se emplean cinco categorías entre las clases A y las N, a continuación se describe un ejemplo con éstas (FAO 1986) (Cuadro 2):

4.4.3 SUBCLASES DE APTITUD DE LA TIERRA

Éstas reflejan los tipos de limitantes (amenaza de erosión, textura, etc.). Las subclases son indicadas por letras en subíndice. La clase A1 no tiene subclases (FAO 1976). Para definir las subclases identificadas y las limitantes escogidas para distinguirlas existen dos directivas: a) el número de las subclases debe mantenerse al mínimo, tanto para distinguir satisfactoriamente las tierras dentro de una clase, como para distinguir significativamente los requerimientos de manejo potencial para mejorarlo debido a las limitantes discordantes; b) deben usarse el menor número de limitantes como sea posible en el símbolo de cualquier subclase. Una y rara vez dos letras deben ser suficientes. El símbolo dominante deber ser usado solo si es posible, si dos limitantes son igual de severas, ambas deben nombrarse (FAO 1976).

Cuadro 2. Clases de aptitud de la tierra del esquema FAO.

Clase	Descripción
N1 No apto actualmente	Tierra con limitantes que podrían ser superadas con el tiempo, pero que no pueden ser corregidas con el conocimiento existente a un costo aceptable; las limitantes son tan severas como para hacer imposible el uso sostenido del TUT asignado.
N2 Permanentemente no apto	Tierra con limitantes tan severas como para impedir cualquier posibilidad de aplicación exitosa de aplicación exitosa y sostenida del TUT asignado
A1 Altamente apta	Tierra que no tiene limitaciones significativas para la aplicación en forma sostenida del TUT dado, o que solo presenta limitaciones menores que no reducirían significativamente la productividad o los beneficios, así mismo no incrementa los insumos necesarios para su establecimiento o mantenimiento sobre un nivel aceptable.
A2 Moderadamente apta	Tierra con limitantes que sumadas son moderadamente severas para la aplicación sostenida del TUT asignado; las limitantes reducirían la productividad o los beneficios y se incrementarían los insumos necesarios para su establecimiento o mantenimiento, a tal punto que aunque el beneficio general del uso en cuestión es atractivo, éste sería apreciablemente inferior al esperado en la clase A1.
A3 Marginalmente apta	Tierra con limitantes, que en conjunto son severas para la aplicación sostenida de un TUT dado, reduciendo la productividad o los beneficios, los insumos necesarios para su establecimiento o mantenimiento se incrementarían tanto que su gasto sería solo marginalmente justificado.

4.4.4 UNIDADES DE APTITUD DE LA TIERRA

Éstas son subdivisiones de una subclase. Todas las unidades dentro de una subclase tienen el mismo grado de aptitud al nivel de clase y limitantes similares al nivel de subclase. Las unidades difieren entre sí en su producción de características o en aspectos menores de sus requerimientos de manejo. Su identificación permite una interpretación detallada al nivel de planificación de finca. Las unidades de aptitud son distinguidas por números arábigos siguiendo a un guión (A2e-1, A2e-2). No hay límite en el número de unidades de aptitud dentro de una subclase (FAO 1976).

4.5 SISTEMAS EXPERTOS

Éstos forman parte de la ciencia computacional y dentro de ésta se ubican en la rama de la inteligencia artificial (Moreno 2004). Según la misma fuente el término fue empleado por primera vez por el Dr. Feigenbaum de la Universidad de Stanford en Estados Unidos, él cual estipuló que el poder de resolución de un de un problema en un programa de computo proviene del conocimiento de un dominio específico, no solo de las técnicas de programación y el formalismo que contienen.

Los sistemas expertos pueden almacenar el conocimiento de expertos para un campo de especialidad determinada y estrechamente delimitada; contribuyendo a la solución de un problema mediante deducciones lógicas de conclusiones que imitan el comportamiento de un experto humano (Camas 1995).

Según León (1994), los sistemas expertos deben ser aplicados donde dada la complejidad del problema, su comportamiento dinámico o la explosión combinatoria, no es posible o rentable una solución convencional mediante el procesamiento convencional de datos. Orozco (1993), señala que una de las ventajas de los sistemas expertos es su posible utilización en la transferencia de tecnología.

León (1994), apunta que un sistema experto puede ser dividido en tres subsistemas básicos que interactúan entre sí:

a) Máquinas o mecanismos de inferencia. Es el subsistema que interpreta y aplica un conjunto de reglas sobre una base de conocimientos, con el propósito de llevar a cabo deducciones lógicas en el proceso de solución de problemas.

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

c) Máquinas o mecanismos de desarrollo. Es el subsistema que provee las herramientas necesarias para que el ingeniero de conocimiento (persona que estructura y formaliza el sistema), cree, actualice, modifique y evalúe la eficiencia de una base de conocimientos.

Por otra parte Moreno (2004), describe que las características de un sistema experto son: habilidad para llegar a una solución de los problemas de forma rápida y certera, habilidad para explicar los resultados a la persona que no cuenta con ese conocimiento, habilidad para aprender de las experiencias, habilidad de reestructurar el conocimiento para que se adapte al ambiente, conciencia de sus limitaciones. Uno de los sistemas expertos más utilizados es el ALES (Automated Land Evaluation System), que permite a los evaluadores de tierras construir sus propios sistemas expertos, tomando en cuenta sus objetivos particulares y las condiciones locales (Jarquín 2000).

4.6 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

En la planificación y manejo sustentable de recursos naturales cada vez cobra más importancia que la toma de decisiones se efectúe con ayuda de tecnologías que faciliten el modelado de escenarios (Tikunov 2002) y el análisis espacial.

Los SIG destacan como una de las herramientas que actualmente están siendo utilizadas para ayudar a solventar un diverso rango de problemáticas: análisis de riesgos, monitoreos de cuencas para el

ordenamiento territorial, monitoreo y prevención de desastres naturales, etc. (Eduardo 2000). Facilitando la planificación de mejores tecnologías de producción y prácticas de prevención en busca de la eficiencia y sobre todo de la sostenibilidad.

Un SIG se define como un sistema de información, cuya base de datos consiste de observaciones con características espacialmente distribuidas, actividades o eventos, los cuales pueden definirse como puntos, líneas o áreas que pueden manipularse y recuperarse para análisis posteriores (Velásquez 2004²).

Forstreuter (1993), describe algunos de los procesos más comunes de un SIG, tales como almacenar, fusionar, manipular, analizar y desplegar datos georreferenciados (imágenes digitales, fotografías aéreas o mapas digitalizados geoméricamente corregidos). El mismo autor señala algunas de las ventajas de los SIG como que estén conectados a una base de datos relacional, almacenando datos en una forma tal que permite su fácil ingreso, actualización y análisis.

Además como lo describe León (1994), la factibilidad de intercambiar información con otros sistemas computarizados brinda posibilidades adicionales de modelación o análisis, ya que mediante archivos ASCII o con interfases automáticas es posible exportar o intercambiar resultados o información a otros SIG o sistemas de evaluación como ALES.

4.7 SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA EVALUACIÓN DE TIERRAS (ALES)

El ALES es un marco de referencia organizado en un programa de cómputo, construido como sistema experto para determinar la aptitud física y económica del uso de la tierra en unidades de mapeo cartográficas, aplicando el sistema de evaluación de tierras de la FAO (Jarquín 2000).

Según Rossiter *et al.* (1995), ALES está diseñado para evaluar tierras a escala tanto regional como de proyecto; las entidades evaluadas por el ALES son las unidades cartográficas, las cuales pueden ser definidas ampliamente, como en estudios de reconocimiento y factibilidad general; o detalladamente, como en estudios detallados sobre recursos y en planificación a nivel de finca.

² Velásquez Mazariegos, S. 2004. Sistemas de Información Geográfica Aplicados al Manejo de Recursos Naturales. (Notas del Curso). Programa de Maestría. Turrialba, CR, CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). Comunicación personal.

Cada modelo es desarrollado por el usuario para satisfacer necesidades locales bajo objetivos específicos (Rodas 1996). El modelo se confecciona mediante árboles de decisión de orden jerárquico, contruidos con características de la tierra y con criterios lógicos, resultando clasificaciones, cualidades y aptitud de la tierra (Jarquín 2000).

La experiencia de ALES en la evaluación de tierras en Latinoamérica es vasta, (Celada 1993, Orozco 1993, León 1994, Camas 1995, Ugalde 1995, Rodas 1996, Vallejos 1997, Jarquín 2000, Monzón 2003, etc.). En cada una de las experiencias donde se ha utilizado, ha fungido como un instrumento valioso, que facilita el manejo de datos, información, el análisis y la toma de decisiones, dinamizando el sistema (Camas 1995).

4.8 SISTEMAS SILVOPASTORILES (SSP)

Un SSP es una opción de producción pecuaria que involucra la presencia de leñosas perennes (árboles y/o arbustos) e interactúa con los componentes tradicionales (forrajeras herbáceas y animales) bajo un sistema de manejo integral (Pezo e Ibrahim 2002).

Los SSP son una alternativa para mitigar o detener el proceso de degradación en las parcelas dedicadas a la ganadería, aumentar y diversificar las fuentes de ingresos (Cerrud 2002); y en general promover un esquema productivo más racional y sostenible tanto ambientalmente como económicamente.

Existen diversos tipos de SSP, la clasificación más general incluye a los bancos forrajeros (proteicos y/o energéticos) de leñosas y perennes, las leñosas y pasturas en callejones, los árboles y arbustos dispersos en potreros, el pastoreo en plantaciones de árboles maderables o frutales, las cortinas rompevientos y las cercas vivas (Murgueitio e Ibrahim 2001).

Los SSP contribuyen positivamente a la sostenibilidad de los esquemas de producción agropecuarios de diversas maneras; no obstante también existen algunos contratiempos o desventajas a considerar producto de su establecimiento y/o operación. Un resumen basado en los aspectos más destacados de los aspectos citados se presenta a continuación (Cuadro 3).

Cuadro 3. Principales ventajas y desventajas del establecimiento de los SSP.

Ventajas:	Concepto
Técnico-productivo	Incrementan la productividad Proveen alimento en época de estiaje Mejoran cualitativamente y cuantitativamente la producción de pastos Reducen el estrés calórico en los animales
Ecológico-ambiental	Permiten la recuperación de suelos degradados Reducen la erosión Conservan la biodiversidad Protegen el recurso hídrico y las cuencas Fijan carbono
Económico-social	Diversifican los productos de la finca Mejoran la distribución de ingresos/finca/año comparado con sistemas tradicionales Incrementan la rentabilidad y la competitividad de las fincas Reducen el riesgo de la fluctuación de precios Promueven el empleo Aprovechan mejor la energía y la mano de obra Incrementan la factibilidad de incorporar valor agregado
Desventajas:	Concepto
Técnico-productivo	Pueden provocar competencia por raíces, agua, nutrientes y luz Pueden afectar la distribución de parásitos (garrapatas)
Económico-social	Incrementan la demanda de mano de obra

Elaborado a partir de Ibrahim 2003³.

4.9 PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES (PSA) Y SISTEMAS SILVOPASTORILES

Los servicios ambientales son efectos y productos útiles para la sociedad y la vida en general que son generados por ecosistemas y agroecosistemas (Murgueitio *et al.* 2003). Existen diversos tipos de servicios ambientales entre los que se pueden mencionar la captura y almacenamiento de carbono atmosférico (CO₂), la conservación de la biodiversidad, el control de la erosión, la disminución del riesgo de desastres naturales, el incremento de la belleza escénica, la protección del recurso hídrico, entre otros (Murgueitio *et al.* 2003).

Dados los servicios ecológico-ambientales de los SSP (Ibrahim *et al.* 1999, Ibrahim y Mora-Delgado 2003), el Dr. Muhammad Ibrahim³, profesor-investigador del CATIE, se dio a la tarea de articular un proyecto en aras de mejorar el funcionamiento de los agroecosistemas ganaderos con tierras de pastoreo degradadas en Costa Rica, Colombia y Nicaragua.

³ Ibrahim, M. 2003. Sistemas Silvopastoriles. (Notas del Curso). Programa de Maestría. Turrialba, CR, CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). Comunicación personal.

Con el apoyo de instituciones locales como el CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica), CIPAV (Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria, Colombia) y NITLAPÁN (Instituto de Investigación y Desarrollo Nitlapán, Nicaragua); y con el financiamiento de organismos internacionales como el Banco Mundial y el proyecto GEF (Global Environment Facility Project), puso en marcha el proyecto “Enfoques Silvopastoriles para el Manejo Integrado de Ecosistemas”.

El proyecto promueve el desarrollo de SSP que proveen servicios ambientales globales y beneficios socioeconómicos locales, por lo que contempla desarrollar opciones técnicas de manejo silvopastoril, realizar el financiamiento inicial para la adopción de los SSP por parte de finqueros y compensar financieramente a los productores por las externalidades positivas generadas por los SSP por medio del PSA para secuestro de carbono y biodiversidad (Gobbi 2002).

La estructura de PSA del proyecto se basa en un índice total por los servicios ambientales considerados: carbono y biodiversidad. Dicho índice fue asignado a cada uno de los 28 usos definidos en la clasificación del proyecto con base en una revisión exhaustiva de literatura científica y el criterio de expertos (Cuadro 4). Analizando estadísticamente los valores de los índices asignados para cada categoría de uso de la tierra, se encontró una correlación positiva entre los valores de los índices de carbono y biodiversidad ($R^2= 0,86$; $p \leq 0,001$).

Los índices se suman para crear un índice total, el cual, en el caso del año de la línea base es multiplicado por el área del uso correspondiente y por el valor del índice en cuestión para obtener el valor total del PSA por uso. Finalmente, sumando los distintos valores de los usos se obtiene el monto total del PSA. En los años subsecuentes, se calculan de igual manera los puntos respectivos del índice total y la sumatoria de estos se resta a los obtenidos durante la línea base para obtener el total a pagar.

A la vez, con la finalidad de poder encontrar el mejor mecanismo de repartición del incentivo económico (PSA) para promover la adopción de los SSP, se evalúan dos esquemas de pago:

- 1) El valor de cada unidad o punto del índice total es de \$10 USD (Dólares americanos) en la línea base y \$75 USD en los años siguientes. El productor recibe el pago de este monto más las mejoras que haga en cada año siguiente durante cuatro años consecutivos, hasta un tope de 4.500 USD por productor.

- 2) El valor de cada unidad o punto del índice total es de \$10 USD en la línea base y \$110 USD en los años siguientes. El productor recibe el pago de este monto más las mejoras que haga en cada año siguiente durante dos años consecutivos, hasta un tope de 44.500 USD por productor.

Cuadro 4. Usos de la tierra e índices de servicios ambientales contemplados por el proyecto GEF-Silvopastoril.

# Uso	Índice por Carbono	Índice por biodiversidad	Índice por carbono	Índice total
1	Cultivos de ciclo corto	0	0	0
2	Pastura degradada	0	0	0
3	Pastura natural sin árboles	0,1	0,1	0,2
4	Pastura mejorada sin árboles	0,1	0,4	0,5
5	Cultivo de semiperennes	0,3	0,2	0,5
6	Pastura natural con baja densidad de árboles	0,3	0,3	0,6
7	Pastura natural enriquecida con baja densidad de árboles	0,3	0,3	0,6
8	Cerca viva o cerca viva establecida con podas frecuentes	0,3	0,3	0,6
9	Pastura mejorada enriquecida con baja densidad de árboles	0,3	0,4	0,7
10	Cultivo homogéneo de frutales (monocultivo)	0,3	0,4	0,7
11	Banco forrajero de gramíneas	0,3	0,5	0,8
12	Pastura mejorada con baja densidad de árboles	0,3	0,6	0,9
13	Banco forrajero para corte de leñosas	0,4	0,5	0,9
14	Pastura natural con alta densidad de árboles	0,5	0,5	1,0
15	Policultivo de frutales	0,6	0,5	1,1
16	Cerca viva multiestrato o cortina rompevientos	0,6	0,5	1,1
17	Banco forrajero para corte diversificado	0,6	0,6	1,2
18	Plantación de maderables en monocultivo	0,4	0,8	1,2
19	Cultivo de café con sombrío de árboles	0,6	0,7	1,3
20	Pastura mejorada con alta densidad de árboles	0,6	0,7	1,3
21	Bosque o plantación de guadua o bambú	0,5	0,8	1,3
22	Plantación de maderables diversificada	0,7	0,7	1,4
23	Sucesión vegetal (tacotal)	0,6	0,8	1,4
24	Bosque ripario o ribereño	0,8	0,7	1,5
25	Sistema silvopastoril intensivo	0,6	1,0	1,6
26	Bosque secundario intervenido	0,8	0,9	1,7
27	Bosque secundario	0,9	1,0	1,9
28	Bosque primario	1,0	1,0	2,0

Tomado de Murgueitio *et al.* 2003.

El área de cada uso es obtenida por un SIG basado en visitas a campo e imágenes satelitales y/o fotografías aéreas con la técnica descrita por Camargo (2002) y Casasola *et al.* (2002). A grandes rasgos, dicha metodología consiste en visitar la finca para que en compañía del productor se dibuje un mapa de su propiedad, se delimiten y anoten los usos correspondientes (de acuerdo a las categorías de

uso del proyecto) sobre una impresión de la imagen digital o la fotografía aérea y con ayuda de un sistema de posicionamiento global (GPS). Posteriormente el dibujo es digitalizado con el programa ArcView 3.3 y se obtiene una base de datos georeferenciada, sobre la cual se trabaja para monitorear los cambios de uso de la tierra en los años siguientes repitiendo las visitas a campo para actualizar los usos.

4.10 CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.10.1 UBICACIÓN

El área de estudio se encuentra ubicada en la Región Pacífico Central, específicamente en la parte noroeste de la provincia de Puntarenas y en la parte sur de la provincia de Alajuela. Comprende parte de los cantones de Esparza, Montes de Oro, Puntarenas (Provincia de Puntarenas), San Mateo y San Ramón (Provincia de Alajuela); específicamente porciones de los distritos de Barranca, Espíritu Santo, Jesús María, Macacona, Miramar, Piedades Sur, San Isidro, San Jerónimo, San Juan Grande, San Rafael, Santiago y Zapotal. Abarcando parte de tres de las principales cuencas de la vertiente del pacífico: la cuenca del río barranca, la cuenca del río Jesús María y la cuenca de los ríos Avangares y otros (ITCR 2000).

4.10.2 EXTENSIÓN TERRITORIAL

La Región Pacífico Central tiene una extensión territorial de 3.897,91 km² (ITCR 2000). La extensión del área de estudio comprende una superficie de 337,98 km² (8,67 %), en contraste con el área total de los distritos en los que se ubica dicha área 709,27 km² (18,19 %); y la superficie total de las 123 fincas del proyecto GEF-Silvopastoril que están ubicadas en ella 43,83 km² (1,12 %).

De los doce distritos que conforman la zona de estudio el que más superficie aporta es el de Miramar con 66,74 km², mientras que entre los que menos área aportan son los distritos de Piedades Sur y Zapotal con 0,06 km² y 0,28 km² respectivamente (Figura 1).

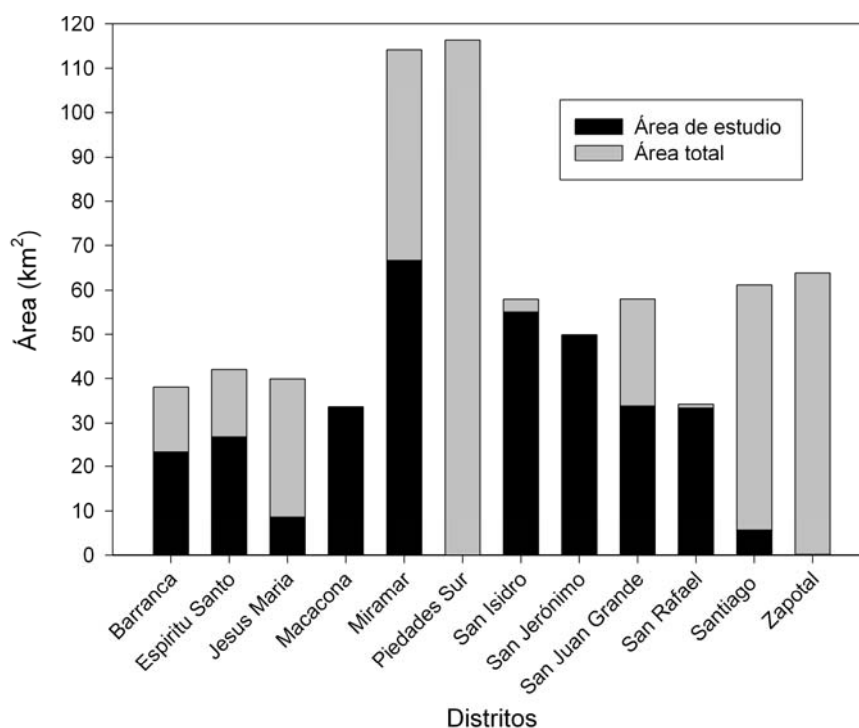


Figura 1. Relación del área total de los distritos y el área de estudio.

4.10.3 POBLACIÓN

El total de la población de los distritos del área de estudio era de 76.981 personas, de las cuales 52.557 vivían en zona urbana y 24.424 en zona rural (INEC 2002). Entre los distritos más densamente poblados se encontraban Barranca y Espíritu Santo con 880,44 habitantes/km² y 376 habitantes/km² respectivamente, mientras que el distrito con menor densidad de población era Zapotal con 7,27 habitantes/km² (Cuadro 5).

Para conocer la distribución de las fincas en los distritos del área de estudio, con ayuda del ArcView 3.3 (ESRI 1992), se convirtieron a centroides los polígonos de las fincas, para posteriormente identificar cuales estaban incluidas en cada distrito. Al respecto destaca el distrito de San Jerónimo como el de mayor concentración de fincas en su territorio (38), contrastando con los distritos de Piedades Sur y Zapotal, en los que no se encontró ninguna.

Cuadro 5. Datos de población de los distritos del área de estudio.

Distrito	Población total	Densidad (hab/km²)	Población urbana	Población rural	No. fincas
Barranca	33.493	880,44	31.386	2.107	5
Espíritu Santo	15.842	376,25	12.823	3.019	10
Jesús María	1.943	48,70	0	1.943	1
Macacona	2.776	82,38	738	2.038	10
Miramar	6.842	59,95	5.748	1.094	12
Piedades Sur	3.448	29,64	0	3.448	0
San Isidro	2.853	49,26	0	2.853	5
San Jerónimo	773	15,48	0	773	38
San Juan Grande	3.437	59,27	0	3.437	20
San Rafael	1.135	33,17	0	1.135	26
Santiago	3.976	65,01	1.862	2.114	2
Zapotál	463	7,25	0	463	0
Total	76.981	108,54	52.557	24.424	129

Elaborado con datos de INEC 2002.

4.10.4 CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS

La zona presenta elevaciones que van desde 10 a 1410 msnm. Los terrenos son más planos en las zonas bajas (hasta 200 msnm), mientras que en áreas de más altura los terrenos son más ondulados y con pendientes más fuertes.

En general los suelos superficiales compactados y arcillosos, donde predominan suelos de los órdenes alfisoles, inceptisoles y ultisoles (ITCR 2000). Los principales problemas del suelo no están asociados con la parte química, sino con la física (Botero 2002). Son suelos bastante pedregosos, erosionables y erosionados. Además existen tierras con un grado importante de pendiente, lo que ligado a sobrepastoreo y pérdida de cobertura ha traído como consecuencia procesos degradativos muy fuertes (Botero 2002, Moya 2002).

La temperatura media anual es variable en la región y fluctúa desde los 20°C hasta los 27°C en la zona más elevada, los meses más cálidos se sitúan entre marzo y mayo (Medina 2003). Las lluvias presentan una marcada estación seca de enero a mayo; y lluviosa de mayo a diciembre, con una reducción de la cantidad de lluvia en los meses de julio o agosto. Los meses más lluviosos son junio, septiembre y octubre; los más secos enero, febrero y marzo (Botero 2002, Medina 2003). La cantidad de agua que se precipita anualmente en la región es variable dependiendo de la altura sobre el nivel del mar y puede ir desde 2.000 mm hasta los 3.000 mm (Solórzano 2002), sin embargo en la zona de influencia del proyecto la precipitación media anual de 2.040 mm (Botero 2002).

Respecto a las zonas de vida en el área de estudio según el atlas digital de Costa Rica (ITCR 2000), de las siguientes siete denominaciones que se presentan la que predomina es el bosque húmedo tropical (Cuadro 6).

Cuadro 6. Zonas de vida presentes en la zona de estudio.

Zona	Nombre	Piso	Área (km ²)
bh-P6	Bosque húmedo premontano transición a basal	Premontano	15,85
bh-T	Bosque húmedo tropical	Basal	169,53
bh-T10	Bosque húmedo tropical transición a seco	Basal	56,21
bh-T2	Bosque húmedo tropical transición a perhumedo	Basal	52,68
bmh-MB	Bosque muy húmedo montano bajo	Montano bajo	0,06
bmh-P	Bosque muy húmedo premontano	Premontano	19,98
bmh-P6	Bosque muy húmedo premontano transición a basal	Premontano	23,63

4.10.5 ECONOMÍA

Entre las principales actividades económicas de la zona destaca la producción agropecuaria. Según datos del censo 2000 (INEC 2002) en los cantones del área de estudio, la ocupación más importante según la rama económica es la agricultura (incluye a la actividad ganadera) con un total de 42.171 personas que trabajan en este rubro, le siguen en importancia las actividades de comercio e industria con alrededor de 18.000 personas. Según la misma fuente, los distritos que conforman el área de estudio sumaban en el año 2000 una población económicamente activa (personas mayores de 12 años) de 25.062 personas.

La ganadería juega un papel importante desde el punto de vista socioeconómico y cultural, su auge ha dado como resultado el cambio de uso en tierras cuya vocación es forestal. La ganadería de doble propósito es la actividad más importante dentro de la actividad ganadera en la región (MAG 2003).

4.10.6 CAPACIDAD Y USO DE LA TIERRA

En cuanto a la capacidad de uso del suelo se refiere, de los 3.897,91 km² de extensión de la Región Pacífico Central (ITCR 2000), el 47,8 % unos 1.863,20 km² son tierras aptas para el desarrollo agrícola, el 5,6 % 218,28 km² para la ganadería y un 46,6 % 1.816,43 km² para la explotación forestal, protección de aguas y vida silvestre (MAG 2003).

Según la misma fuente, el área como uso agrícola era subutilizada en la Región Pacífico Central, pues sólo un 22,8 % (888,72 km²), se destinaban con ese propósito, contrario con la ganadería, donde se daba una sobre utilización, ya que existían 1.403,25 km² (36 %), dedicadas a la actividad ganadera.

De acuerdo a una clasificación general de cobertura de suelo, obtenida en las capas de las hojas topográficas 1:25.000, el área de estudio contaba con 105,35 km² (31,17 %) de bosques, 2.87 km² de construcciones (0,85 %), 46,36 km² (13,71 %) de cultivos, 0,70 km² (0,20 %) de manglares y 182,36 km² (54,04 %) de pastos.

4.10.7 INDICADORES SOCIALES: EDUCACIÓN, SALUD Y VIVIENDA

A nivel regional existen 214 centros educativos de enseñanza primaria pública y 21 centros de enseñanza secundaria pública (MAG 2003). Es de destacar los niveles de alfabetización que hay en la mayoría de los distritos que conforman el área del estudio (Figura 2). No obstante en los distritos de San Jerónimo y San Juan Grande contaban con tasas de analfabetismo del 9 % (INEC 2002).

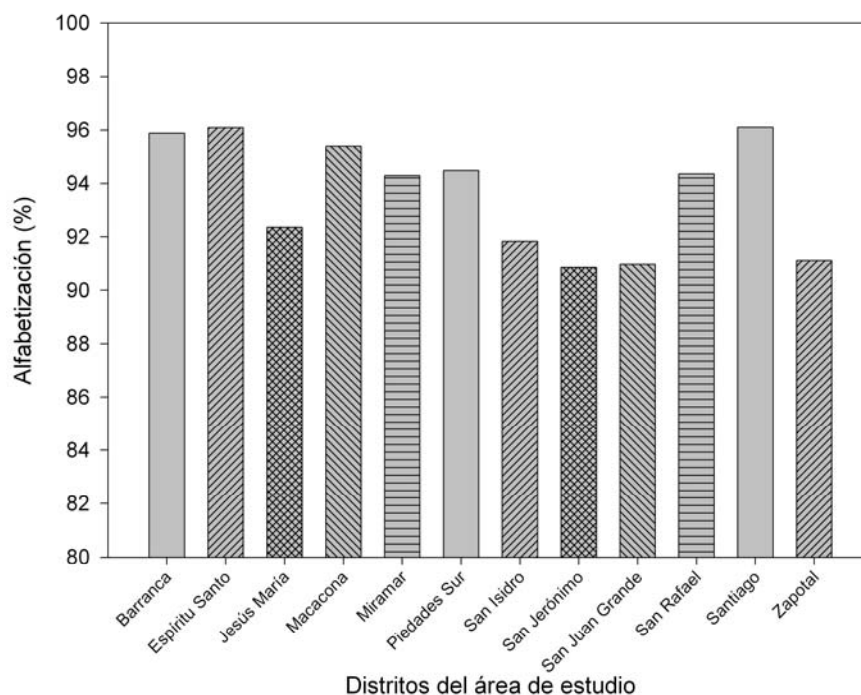


Figura 2. Porcentaje de alfabetización por distritos del área de estudio.

Los promedios de los principales indicadores de educación según el Censo 2000 (INEC 2002) se enlistan en el siguiente cuadro (Cuadro 7).

Cuadro 7. Promedio de los indicadores de educación en los distritos de la zona de estudio.

Analfabetismo	6,34 %
Escolaridad promedio	6,56 años
Asistencia educación regular (%)	63,56 %
Asistencia a educación básica (%)	81,68 %
Población con educación secundaria o mayor (%)	35,69 %

En 1995(a) en la Región Pacífico Central se tenían registrados por el Ministerio de Salud 162 establecimientos de salud, los cuales comprenden ocho centros de salud, tres de ellos en las cabeceras municipales de Esparza, Puntarenas y Miramar; 42 puestos de salud; 41 CEN; 51 áreas de salud comunitaria; siete clínicas C.C.S.S Tipo 1, entre otros.

En los distritos que conforman la zona de estudio existía una tasa de mortalidad general promedio de 4,03 % (Ministerio de Salud 1995b). Una tasa de discapacidad promedio de 6,38 % y el promedio del porcentaje de la población no asegurada era de 17,47 % (INEC 2002). Según la misma fuente, en los distritos de la zona de estudio existían un total de 19.648 viviendas individuales ocupadas, el promedio del número personas por vivienda era de 3,89. Un concentrado de los principales indicadores de vivienda se presenta en el cuadro siguiente (Cuadro 8).

Cuadro 8. Promedios de los principales indicadores de vivienda.

Indicador	Promedio
Viviendas individuales ocupadas	19.648
Promedio de personas por vivienda	3,89
Viviendas propias	77,18 %
Viviendas en buen estado	59,32 %
Viviendas hacinadas	7,85 %
Viviendas con acueducto	82,35 %
Viviendas con sanitario	88,59%
Viviendas con electricidad	96,60%
Viviendas con teléfono	40,72%
Viviendas con computadora	4,83%
Viviendas con vehículo	20,69%

4.10.8 RED VIAL

Constituye un indicador importante para identificar el potencial de los distritos para actividades agropecuarias, ya que una buena infraestructura vial favorece la comercialización de los productos, permite el acceso de los productores a los servicios de apoyo a la producción, principalmente asistencia técnica, compra de insumos (CCT 1994).

Según las hojas cartográficas 1:25.000, en el área de estudio existía una red vial de 660,87 km distribuidos de la siguiente manera (Cuadro 9). Destaca que los tipos de vías de comunicación con mayor extensión en el área de estudio son las vías nuevas con 265,66 km y los caminos de tierra con 201,27 km; mientras que los distritos que tienen mayor cobertura vial en la zona de estudio son Miramar 142,28 km y San Isidro 96,94. A la vez la porción del distrito de Piedades Sur que comprende el área de estudio, no presenta ningún tipo de camino en la cartografía analizada.

Cuadro 9. Infraestructura vial de la zona de estudio por distrito y de acuerdo al tipo de vía.

Distrito	Tipo de vía (km)						Subtotal
	Calle urbana	Camino de tierra	Carretera pavimentada	Carretera sin pavimentar	Nueva vía	Veredas	
<i>Barranca</i>	1,57	11,24	4,44	10,91	26,50	0,00	54,67
<i>Espíritu Santo</i>	23,90	22,04	5,49	9,71	17,40	5,24	83,78
<i>Jesús María</i>	0,00	1,88	1,75	1,37	3,87	0,00	8,87
<i>Machacona</i>	1,67	17,80	14,99	4,62	29,66	6,47	75,21
<i>Miramar</i>	15,52	30,86	5,09	21,05	66,41	3,35	142,28
<i>San Isidro</i>	0,00	24,95	12,51	5,32	54,16	0,00	96,94
<i>San Jerónimo</i>	0,00	34,13	0,00	17,12	18,97	0,04	70,26
<i>San Juan Grande</i>	0,00	32,63	4,76	2,39	14,75	0,26	54,79
<i>San Rafael</i>	0,00	20,57	4,04	5,05	27,41	2,20	59,28
<i>Santiago</i>	0,00	5,08	1,78	0,29	6,52	1,04	14,72
<i>Zapotal</i>	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08
<i>Subtotal</i>	42,66	201,27	54,85	77,83	265,66	18,60	660,87

4.11 TIPOS DE USO DE LA TIERRA (TUT)

Un TUT está formado por una serie de especificaciones técnicas expuestas en un complejo de condiciones físicas, económicas o sociales dadas (FAO 1986, León 1994). Dichas especificaciones incluyen el ambiente actual o futuro, las especies a evaluar, los métodos de manejo y las medidas de conservación (FAO 1976, FAO 1986).

Según FAO (1976) y León (1994), los atributos de los TUT incluyen datos y/o hipótesis sobre:

- a) Productos, incluyendo los productos principales (cultivos, ganado, madera), servicios (instalaciones recreativas) y otros beneficios (conservación de la vida silvestre).
- b) Orientación de mercado, incluyendo si el destino de la producción es la subsistencia o la producción comercial.
- c) La intensidad del capital, la intensidad de laboreo, fuentes de poder (mano de obra, maquinaria).
- d) El conocimiento y la actitud de los usuarios de la tierra (productores).
- e) La tecnología implementada y la infraestructura requerida (maquinaria, fertilizadoras, mejoramiento genético del ganado, etc.)
- f) Tamaño, régimen de tenencia, nivel de agregación, nivel de ingresos (por unidad productiva o superficie).

De acuerdo a la disponibilidad de información y a los intereses de los productores y personal técnico del Proyecto GEF-Silvopastoril en la evaluación de tierras se tomaron en cuenta los TUT cuyas características se resumen en el Anexo 2 y a continuación:

4.11.1 PASTOS SIN ÁRBOLES

Como uno de los criterios para la selección de las fincas del proyecto GEF-Silvopastoril fue que la actividad principal fuese la ganadería, la superficie total de pastos en las fincas del proyecto GEF-silvopastoril ocupaba en el 2004 31,93 km², lo que significa un 65,71% del total del área que comprenden las 136 fincas de dicho proyecto (48,60 km²).

De acuerdo a las observaciones de Casasola (2004⁴) y al interés de los productores del proyecto GEF-Silvopastoil, los pastos naturales y mejorados a considerados en la presente evaluación fueron: jaragua (natural), estrella (mejorado) y brizantha (mejorado).

4 Casasola, F. 2004. Plantas presentes en fincas del proyecto GEF-Silvopastoril. Llamada telefónica. Esparza, CR, CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). Comunicación personal.

A pesar de que ninguna de las especies de pastos a evaluadas son endémicas de Costa Rica (Montenegro y Abarca 1998), se identificó a el pasto jaragua como especie natural, debido a su amplia distribución en la zona y a sus indicadores productivos. En cambio estrella y brizantha fueron considerados como pasturas mejoradas.

Según la base datos de uso de la tierra 2004, los pastos naturales sin árboles en las 136 fincas del proyecto GEF-Silvopastoril ocupan un área aproximada de 1,10 km², los pastos mejorados sin árboles suman área de 0,0052 km², mientras que los pastos mejorados ocupan un área de 5,60 km².

4.11.1.1 Pasto jaragua (*Hyparrhenia rufa* Ness)

Es una planta C4 de origen africano, actualmente dominante en la región tropical con una precipitación anual entre 600 y 1400 mm (FAO 2004). A Costa Rica fue introducida entre 1912 y 1920 junto con el ganado cebú (*Bos indicus*) (Montenegro y Abarca 1998).

Según FAO (2004), jaragua necesita pastarse cuando es tierna, de lo contrario se forman macollas. No persiste con un pastoreo continuo a ras del suelo, pero resiste un intenso pastoreo en rotación y es superior en rendimiento a muchas otras gramíneas cuando la fertilidad del suelo es escasa.

Puede llegar a alcanzar 2 ó más metros de altura. Sus hojas son angostas y medianamente largas, llegando a tener 60 cm de longitud. Crece en forma de cepas, lo cual puede mejorarse con pastoreo y dejándolo producir semilla para obtener una mayor cobertura del suelo. Su reproducción es por medio de semilla sexual la cual es bastante fértil (Lobo y Díaz 2004).

Suele establecerse a partir de semilla recogida a mano localmente y sembrada sin limpiar en herbazales o matorrales quemados sin preparación previa del terreno. Con este método tarda unos dos años en establecerse. Si se siembra semilla limpia en un almácigo preparado y abonado, la gramínea puede pastarse después de unos 5 meses (FAO 2004).

En Costa Rica según Lobo y Díaz (2004), es una especie ideal para climas cálidos, se desarrolla bien desde el nivel del mar hasta los 1200 m y con temperaturas que varían entre los 18 y 35 ° C y con precipitaciones entre los 1000 y 3000 mm. No tolera la sombra, crece muy bien bajo sol y bajo el manejo tradicional del ganadero después de producir semilla se seca. Al cortar la cepa al final del verano, luego de cosechar semilla, produce nuevos retoños los cuales producen forraje durante unos 3 meses en el verano. Es una de las primeras especies en rebrotar cuando empieza la lluvia.

Los mismos autores afirman que *H. rufa* crece mejor en suelos pesados, no muy húmedos, es poco exigente en cuanto a la fertilidad del suelo, presenta un sistema radicular bastante ramificado que le permite contrarrestar la erosión.

Su contenido promedio de proteína cruda y digestibilidad *in vitro* de la materia seca a los 30 días de rebrote es de aproximadamente 8 y 56 %, respectivamente. La producción promedio diaria de forraje es de 35 kg MS/ha. Puede mantener bajo pastoreo rotacional hasta 3 UA/ha durante 5 meses. Es muy utilizado para el engorde de ganado, se puede utilizar también en la elaboración de heno siempre y cuando este no tenga más de 42 días de rebrote (Lobo y Díaz 2004).

4.11.1.2 Brizantha (*Brachiaria brizantha*)

Originaria de África Tropical; introducida en Costa Rica por el convenio MAG-CIAT en el año 1987 y liberada oficialmente por el MAG-CIAT en 1991 en la Estación Experimental Los Diamantes, Guápiles (Limón), Costa Rica (Lobo y Díaz 2004).

Según los mismos autores, *B. brizantha* presenta crecimiento erecto y sus hojas pueden contener vellosidades. Las plantas son de porte macoloso robustas y perennes, que pueden llegar a tener una altura de hasta 2 m. Sus hojas son linear lanceoladas de unos 40 cm de longitud. La inflorescencia tiene forma de espiga unilateral, con una panícula de 2 a 8 racimos rectos.

Según FAO (2004) es un pasto perenne, de hoja ancha, hasta de 2 m de altura. Presenta raíces rizomatosas o estoloníferas. Muy variable en cuanto a porte, hojicidad, pubescencia y rendimiento. Crece en la mayoría de los suelos, en terrenos abrigados con más de 750 mm de lluvia. Resiste sequías moderadas y sujeta los suelos sueltos. Los tipos de porte postrado tienen hojas y tallos de elevado contenido proteico, y forman pasturas valiosas. En secano sólo da uno o dos cortes, ya que su recuperación después de corte es bastante baja. Se propaga por semilla.

Esta gramínea tiene un rango de adaptación que va desde el nivel del mar hasta los 1500 m de altura; se desarrolla muy bien en diferentes tipos de suelos, aún en los ácidos y de baja fertilidad. Se recomienda establecerla en suelos de buen drenaje. Aunque se adapta a regiones que van desde 1000 a 4500 mm de precipitación, es una planta que ha mostrado buena tolerancia a la sequía. Se desarrolla bien en diferentes tipos de suelo, pero prefiere suelos de buena fertilidad (Lobo y Díaz 2004).

Los mismos autores apuntan que su contenido de proteína cruda y digestibilidad *in vitro* de la materia seca en la zona Atlántica de Costa Rica a las seis semanas de rebrote es de 11 y 65%, respectivamente, y su producción de forraje diaria es de 68 kg MS/ha. Se consiguieron ganancias promedio de peso por animal de 769 kg/ha en condiciones de Trópico Húmedo, (Guápiles), bajo un sistema de pastoreo rotacional, (7 días de ocupación y 21 de descanso), y con una carga animal de 3,9 UA/ha. Así mismo, bajo las mismas condiciones pero asociado con *Arachis pintoi* CIAT 17434 la ganancia promedio fue de 965 kg/ha/año.

Es una especie que permite la asociación con leguminosas. Su principal característica es la tolerancia a la principal plaga de los pastos llamada “mosca pinta”, “baba de culebra” o “salivazo” (*Aenolamia postica* Walker). Una limitante de dicha especie es que no soporta el encharcamiento por más de 5 días, llegándose a morir la planta, producto de un complejo de hongos que se forman en la raíz (Lobo y Díaz 2004).

4.11.1.3 Pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*)

Originario del este de África. Crece hasta los 75 cm de altura con gran proliferación de estolones que pueden extenderse a más de 3 m. Las hojas tienen una longitud de 30 a 40 cm. Su inflorescencia tiene de 3 a 20 espiguillas pequeñas y sentadas en un eje común. La viabilidad de la semilla es muy baja en el Trópico (Lobo y Díaz 2004).

Según los mismos autores, se adapta bien desde el nivel del mar hasta los 1300 m, no es exigente en cuanto a la humedad y tolera la sequía, siempre que no sea mayor de 4 meses. Se adapta bien a condiciones de precipitaciones menores de 4500 mm, pero no tolera suelos con mal drenaje o inundados, ni tampoco se adapta a suelos de baja fertilidad o con problemas de salinidad. Es una especie que presenta su mejor comportamiento en suelos fértiles y drenados.

En cuanto a la temperatura, se considera apta para el crecimiento de esta planta una temperatura promedio anual entre los 21 a 27 °C, aunque su crecimiento es más lento a temperaturas promedio comprendidas entre los 18 y 21 °C (CCT 1994). El contenido promedio de proteína y la digestibilidad *in vitro* de la materia seca a los 21 días de rebrote es aproximadamente de 10 y 57%, respectivamente, con una producción promedio diaria de aproximadamente 42 kg MS/ha. En cortes realizados cada seis semanas en el trópico muy húmedo (Guápiles), Seco (Liberia) y Húmedo (San Carlos) se han obtenido producciones de materia secas de 1,5, 1,1 y 1,3 ton/ha, respectivamente (Lobo y Díaz 2004).

4.11.2 PASTOS CON ÁRBOLES

Según la base de datos 2004 del proyecto GEF-Silvopastoril, en las fincas pertenecientes al proyecto existía una superficie de pastos naturales con árboles de 8,63 km², mientras que los pastos mejorados con árboles sumaban 16,07 km².

De acuerdo a la clasificación de densidad de árboles en las pasturas del proyecto GEF-Silvopastoril, una pastura con alta densidad de árboles es aquella que tiene al menos 30 árboles/ha, mientras que una pastura con baja densidad de árboles tiene una densidad comprendida entre 1 a 29 árboles/ha. De esta manera los modelos a evaluar a pesar de ser considerados como de “baja” y “alta” densidad de árboles, en los primeros años ambos entran en la categoría de alta densidad.

Para estimar el rendimiento y el manejo de los pastos más la regeneración natural del cedro, se tomó en consideración los estudios realizados por Villafuerte *et al.* (1999) e Ibrahim y Camargo (2001) respectivamente.

4.11.2.1 Pastura jaragua con regeneración natural de cedro en baja y alta densidad

Para el caso del manejo del TUT pastura de jaragua más cedro en regeneración natural en alta densidad, se consideró una densidad inicial de 120 árboles/ha, con una intensidad de raleo del 50 % a los años 8 y 15 para terminar con una densidad final de 30 árboles/ha. En cuanto al TUT pastura de jaragua más cedro en regeneración natural en baja densidad, se consideró una densidad inicial de 60 árboles/ha, con una intensidad de 50 % y raleos a los años 8 y 15 para terminar con una densidad final de 15 árboles/ha.

Los rendimientos de la pastura jaragua bajo una alta densidad de árboles fueron estimados en una disminución del 50 % para alta densidad y 25 % para baja densidad con respecto al rendimiento de jaragua sin árboles.

4.11.2.2 Pastura brizantha con regeneración natural de cedro en baja y alta densidad

El manejo de los árboles en los TUT pastura de brizantha con regeneración natural de cedro es similar a los de jaragua con regeneración natural. Una diferencia importante es el rendimiento de la pastura de brizantha bajo la influencia de los árboles el cual fue estimado en una disminución del 30% para alta densidad y 15 % para baja densidad con respecto al rendimiento de brizantha sin árboles.

4.11.3 BANCOS FORRAJEROS

Uno de los principales problemáticas de la ganadería de doble propósito en las regiones tropicales es la obtención de alimento suficiente y de buena calidad durante la época seca, ya que se requiere que los animales reciban una dieta balanceada (Holguín e Ibrahim 2004).

El establecimiento de bancos forrajeros es una alternativa a los medios convencionales de suplementación, como el uso de melaza y urea, la suplementación mineral, la utilización de desechos de la industria avícola y la utilización de bloques nutricionales para afrontar el período seco (Villegas *et al.* 1994), que en el área de estudio varía de 4 a 5 meses secos (ITCR 2000).

De acuerdo a la clasificación de uso de la tierra del proyecto GEF-Silvopastoril, se consideran como bancos forrajeros gramíneos a los pastos de corte, o caña de azúcar en alta densidad con o sin árboles; mientras que son bancos forrajeros leñosos aquellos con árboles y arbustos para corte en alta densidad, mayor a 10.000 plantas/ha (Murgueitio *et al.* 2003).

Según la base de datos de uso de la tierra 2004, los bancos forrajeros abarcan en las 136 fincas del proyecto GEF-Silvopastoril un área de 0,20 km² (0,41 %). Correspondiendo a los intereses de los productores del proyecto GEF-Silvopastoril y a las consideraciones planteadas por Hidalgo (1998), las especies evaluadas en ésta categoría de uso fueron:

4.11.3.1 Caña de azúcar (*Saccharum spp.*)

La caña de azúcar es una monocotiledónea, perenne que pertenece a la clase de las angiospermas, familia de las gramíneas. (CCT 1994). Las necesidades de agua de la caña de azúcar oscilan entre 1500 a 2500 mm bien distribuidos, su límite de altitud es de aproximadamente 700 msnm en los trópicos, temperatura media anual óptima de 23 a 27 °C.

No es exigente en cuanto a suelos, se desarrolla en una amplia variedad de ellos, sin embargo la caña tiene un sistema radicular que sobrepasa los 50 cm de profundidad, por lo que requiere suelos profundos, que en los primeros 70 cm sean penetrables por las raíces, prefiere las texturas medianas y los suelos arcillosos no le son recomendables (Weiss 1987).

De acuerdo a Holguín e Ibrahim (2004), los bancos de caña (*Saccharum spp.*) de azúcar pueden ser clasificados como energéticos, ya que la caña aporta altos niveles de energía. La caña cultivada intensivamente, puede alcanzar producciones entre 140 y 220 ton/ha, respondiendo favorablemente a la

fertilización nitrogenada hasta el mes de octubre, a razón de 92 kg de urea/ha/mes o 126 kg de nitrato de amonio (Villegas *et al.* 1994).

Como forraje, los cogollos de caña de azúcar frescos pueden aportar los nutrientes necesarios para satisfacer los requisitos de mantenimiento de los bovinos, pero para la producción es necesario añadir un concentrado proteico (FAO 2004). Según la misma fuente, el consumo de este forraje oscila entre 10 a 15 kg/vaca/día, el cual se reduce entre 5 y 7 kg cuando se incorpora urea a razón de 17 g/ kg de caña picada. Otra opción viable para la alimentación de ganado bovino, consiste en el suministro de aproximadamente 240 kg de una mezcla de caña de azúcar y *Cratylia argentea* picadas, para un grupo de 12 vacas (Holguín *et al.* 2002).

4.11.3.2 King grass (*Pennisetum purpureum* X *Pennisetum typhoides*)

Originario de África, es una planta perenne, muy similar a la caña de azúcar, que alcanza una altura de 3 m, pero con tallos y hojas muy delgadas. Sus raíces forman cepas muy compactas y sólidas que pueden alcanzar hasta 2 m de profundidad. Su inflorescencia es compacta y cilíndrica, de 12 cm a 15 cm de largo (Lobo y Díaz 2004).

Según la misma fuente, king grass crece bien desde el nivel del mar hasta los 2200 m de altitud, con temperaturas ambientales comprendidas entre 18 °C y 30 °C, necesita además, que la región tenga al menos 1000 mm de precipitación anual. Es muy tolerante a la sequía y muestra una gran capacidad de rebrote cuando se inician las lluvias. Prefiere los suelos fértiles y francos, neutros o ligeramente ácidos, pero que tengan buen drenaje, es muy susceptible al exceso de humedad.

Según Lobo y Díaz (2004), el contenido promedio de proteína cruda es de 12 % y la digestibilidad *in vitro* promedio de la materia seca es de un 62 % a los 60 días de rebrote. La producción diaria es de 79 kg MS/ha y en parcelas fertilizadas con 300 kg N/ha, tiene una producción diaria de 127 kg MS/ha.

Los mismos autores señalan que el principal uso del king grass es utilizarlo como pasto de corte y se recomienda realizar este cada 60 a 70 días, además de fertilizarlo con alguna fuente nitrogenada a razón de 150 Kg N/ha/año o más, se recomienda la aplicación de potasio ya que es una planta altamente extractora de este elemento.

4.11.3.3 *Cratylia (Cratylia argentea)*

Es un arbusto nativo de la Amazonía, de la parte central de Brasil y de áreas de Perú, Bolivia y noreste de Argentina (Argel y Lascano 1998). Respecto a sus requerimientos agroecológicos, Holguín e Ibrahim (2004) señalan que se adapta a una altitud de 0 a 1200 msnm. Se adapta a zonas bajas tropicales caracterizadas por sequías hasta de 6 meses y suelos ácidos de baja fertilidad del tipo ultisol y oxisol, bajo éstas condiciones produce buenos rendimientos de forraje bajo corte y tiene la capacidad de rebrotar durante el período seco debido a un desarrollo radicular vigoroso (Argel y Lascano 1998, Lobo y Acuña 2001).

La preparación del suelo recomendada en suelos planos comprende dos pases de arado y una rastrillada, suelos con pendiente superior al 15 % deben sembrarse bajo el sistema de cero labranza (Holguín e Ibrahim 2004). La *Cratylia* produce abundante semilla y su establecimiento es relativamente rápido cuando las condiciones son adecuadas (Argel y Lascano 1998).

De acuerdo a la fuente anterior, la siembra se recomienda hacerla en semilleros o bolsas individuales, para después de seis semanas transplantar las plántulas a campo, plantándolas a una distancia de un metro entre hileras y 0,50 m entre plantas, con lo que se obtiene una densidad de 20.000 plantas/ha (Holguín e Ibrahim 2004). Según los mismos autores, en la mayoría de las especies leñosas, la primera poda se recomienda cuando las plantas han alcanzado de 1 a 1,5 m de altura, aproximadamente seis meses después del trasplante a campo. La frecuencia de podas esta en función de la disponibilidad de humedad, sin embargo es apropiado efectuarla cada 3 o 4 meses.

La calidad nutritiva de *C. argentea* es alta en términos de proteína y dado que tiene bajos niveles de taninos condensados es una buena fuente de nitrógeno fermentable en el rumen, lo cual contribuye a la síntesis de proteína bacteriana y a aumentar el flujo y absorción de N en el tracto posterior. Su consumo está afectado por la madurez de la planta y manejo poscosecha del forraje, siendo bajo cuando se ofrece el follaje inmaduro fresco, pero alto cuando este se orea o seca al sol o se ofrece maduro independientemente de secado (Argel y Lascano 1998).

Orozco (2002) en una evaluación efectuada en la Región Pacífico Central reporta rendimientos de entre 15 ton/ha y 22 ton/ha de material verde en la época lluviosa y 8 ton/ha y 10 ton/ha en la época de estiaje, en plantaciones de cuatro años de edad, cosechadas cada tres meses a una altura de corte aproximada de un metro de altura (Cuadro 10).

Cuadro 10. Productividad de *Cratylia argentea* en la Región Pacífico Central.

Ubicación de la finca	Producción de materia verde (ton/ha/corte)	Producción de materia seca (ton/ha/corte)
Santa Rosa de Guacimal	15,94	5,35
Santa Rosa de Guacimal	18,13	5,36
Cubano de Puntarenas	18,44	5,58
Río Seco de Miramar	22,25	8,05
San Juan Grande de Esparza	22,28	8,51
Peñas Blancas de Esparza	25,31	7,08
San Miguel de Barranca	30,00	9,33
Santa Rosa de Guacimal	54,56	18,33

Tomado de Orozco 2002.

4.11.3.4 Leucaena (*Leucaena leucocephala*)

Es un árbol o arbusto arborescente C3, de raíz profunda y hasta de 10 m de altura, con hojas bipinnadas, folíolos lanceolados y flores de color blanco amarillento en capítulos de tallo largo. Nativa de México, pero actualmente se cultiva mucho en los trópicos como valiosa planta forrajera, especialmente en zonas áridas, donde es difícil que crezca otra planta (FAO 2004).

Prospera en ambientes adversos, adaptándose muy bien a las tierras bajas, crece desde sitios secos con 350 mm/año hasta húmedos con 2.300 mm/año y temperatura media anual de 22 a 30 °C, requiere de un período seco de cuatro a seis meses. Crece en una amplia variedad de suelos, desde neutros, hasta alcalinos, siempre y cuando sean suelos bien drenados, no compactados, ni ácidos. Los mejores resultados se obtienen en suelos con pH de 6.5 a 7.5. Suelos inferiores a 5.5 pH no son recomendables (Zarate 1987). En suelos ácidos es esencial el abono con cal (FAO 2004).

La *L. leucocephala* no debe plantarse arriba de los 900 ó 1.000 m de elevación, ya que es posible que la temperatura se vuelva un factor limitante para su buen desarrollo, además se recomienda utilizar semilla mejorada para maximizar los rendimientos (Zarate 1987).

El sitio de plantación debe quedar libre de malezas durante los primeros meses de crecimiento para evitar la competencia; el espaciamiento de la plantación varía según el objetivo de la misma: para leña y varas (tutor) se planta a dos por dos metros. Para forraje se debe plantar a 0,5 x 0,5 m ó 0,5 x 1 m (Zarate 1987). Aunque en el área de estudio el personal técnico del proyecto GEF-Silvopastoril recomienda hacerlo a 0,75 m X 0,50 m (Holguín e Ibrahim 2004).

Según Zarate (1987), para acelerar el desarrollo de las plantas en vivero, hay que llenar las bolsas de polietileno (7 x 20 cm) con una mezcla de suelo (pH entre 6 y 7), materia orgánica y arena (3:1:1) o utilizar un buen suelo sin mezclar y colocarlos a sombra parcial durante los primeros 8 días. En tres meses y medio, las plántulas están listas para llevarlas al campo, una vez que hayan alcanzado una altura promedio de 35 cm. Si la plantación se establece por siembra directa, es conveniente roturar el suelo y hacer un buen control de malezas, para asegurar un buen prendimiento y desarrollo inicial de la plantación.

De acuerdo a FAO (2004), *L. leucocephala* no puede pastarse excesivamente sin ser exterminada; no debe usarse para pastoreo más de 5 meses al año. Puede despuntarse aproximadamente a 1 m del suelo, lo que mantiene los brotes jóvenes al alcance de los bovinos que ramonean y evita que las vacas rocen sus ubres contra los tocones.

Las hojas y semillas contienen mimosina glucósida, que puede ocasionar la pérdida del pelo en los caballos y vacunos jóvenes. Para disminuir la toxicidad, se añaden sales férricas y si el material tratado se deja en pie durante una semana antes de mezclarlo con los piensos, la toxicidad es muy poca; el contenido de mimosina también puede reducirse por remojo en agua y secado (FAO 2004).

La *Leucaena* es una buena productora de materia orgánica, lográndose producciones anuales de 23 ton/ha, en densidades de 66,600 árboles/ha y cosechas a intervalos de 60 días. Tiene capacidad para formar follaje fácilmente, sus hojas tienen un alto contenido de nitrógeno (4.3 % peso seco). Alcanza su estado reproductivo y de producción en 1 ó 2 años, no obstante, la semilla debe cosecharse de individuos de más de 3 años (Zarate 1987).

El follaje tierno es muy apetecible para los bovinos, rico en proteína y nutritivo (4 a 23 % de materia fresca; 5 a 30 % de materia seca; 20 a 27 % de proteína, rico en calcio, potasio y vitaminas). Tienen un porcentaje de digestibilidad de 60 a 70 %; las legumbres y semillas se emplean en algunos países como pienso concentrado para los bovinos (Zarate 1987, FAO 2004).

Un árbol con copa bien desarrollada puede producir entre 500 y 1,500 g de semilla limpia. Se pueden llegar a cosechar hasta 50 toneladas/ha de hojas y vainas verdes. Producción de leña 50 m³/ha/año. Sus rendimientos en madera varían de 24 a 100 m³ ha/año, según resultados de plantaciones en Filipinas (Zarate 1987).

4.11.4 PLANTACIÓN DE FRUTALES

4.11.4.1 Aguacate (*Persea americana* Mill)

El aguacate es nativo del continente Americano, específicamente de México y Centro América y se distribuye naturalmente hasta Colombia, Venezuela, Ecuador y Perú. Los primeros pobladores de América del área central de México probablemente domesticaron al aguacate por su exquisito sabor (Téliz-Ortíz *et al.* 2000).

Las variedades ‘Hass’ y ‘Fuerte’, se ubican dentro de *P. americana* Mill, siendo posible distinguir variedades botánicas o subespecies, las cuales son referidas generalmente como razas hortícolas: *P. americana* var. *americana*, o raza antillana; *P. americana* var. *drymifolia*, o raza mexicana; y *P. americana* var. *guatemalensis* o raza guatemalteca (Scora *et al.* 2002).

La variedad a evaluar será ‘Hass’, por su amplio dominio en el mercado internacional. Los requerimientos de ‘Hass’ fueron estimados en México por Alcazar-Rocillo *et al.* (1999) en una temperatura media anual 15 a 22 °C, precipitación 800 a 1600 mm, altitud 1400 a 2200 m, pendiente del suelo 0 a 25 % textura media y suelos con profundidad mayor a un metro. No obstante en la definición de los RUT del presente estudio se tomaron en consideración otras fuentes.

Las raíces de aguacate presentan un crecimiento inicial pivotante y posteriormente fasciculado, es decir extendido y superficial ubicado en los primeros cuarenta centímetros de profundidad, no obstante, el aguacate requiere de suelos profundos, con buena capacidad de drenaje y aireación; alto contenido de materia orgánica: 3,5 a 4 %; y buena fertilidad. Aunque se adapta a diferentes tipos que van desde arenosos a arcillosos con pH de 5,5 a 6,5 (Reyes-Alemán y Aguilar 2002).

4.11.4.2 Guayaba (*Psidium guajava*)

Es originaria de los trópicos americanos, probablemente su distribución original iba desde el norte de Perú hasta México y el Caribe (Vázquez-Yanes *et al.* 1999, Gould y Raga 2002).

Según Geilfus (1994), el árbol es pequeño de ocho a nueve metros de alto, el tronco es torcido y tiene la corteza lisa y de color marrón verdosa que se desprende en membranas o placas. Las hojas son alargadas de ocho a 18 cm de largo, con nervaduras pronunciadas. La flor es blanca de unos 2,5 cm de ancho. La forma del fruto es variable desde redondos, hasta alargados y en forma de pera, de unos 2,5 a 10 cm de largo, de color amarilloso verdoso cuando madura.

La precipitación óptima oscila entre los 1000 y los 3800 mm de lluvia anual. Esto le permite como fruta tropical producir todo el año; recomendándose riego en la época seca. Produce desde el nivel del mar hasta los 1100 msnm. Las temperaturas recomendadas para buenas producciones oscilan entre los 15,5 °C hasta los 34 °C inclusive, a temperaturas menores de 3,2 °C la planta sucumbe (MAG 1991).

De acuerdo a la misma fuente, para la obtención de fruta de calidad se prefieren suelos fértiles, profundos, ricos en materia orgánica y bien drenados. A pesar de que el guayabo produce en casi cualquier tipo de suelo, es ideal un pH entre 6 y 7, aunque se conoce de cultivos en pH de 4,5 hasta 8,2.

Es señalada por Vázquez-Yanes *et al.* (1999), como una especie poco resistente a heladas sin embargo cuando es afectada tiene una gran capacidad de recuperación, es resistente a la sequía y al daño por termitas, tolera las exposiciones constantes al viento, sombra, suelos con mal drenaje, compactados, arcillosos, ácidos, suelos pobres, muy degradados y de baja fertilidad e inundaciones temporales. En contraste, la misma fuente cita, que es susceptible a suelos arcillosos, al daño por nemátodos de la raíz, al daño por hongos, daño por epifitas e insectos como las moscas de la fruta de los géneros *Anastrepha* y *Ceratitis*.

El tipo de guayaba a evaluar será la guayaba taiwanesa variedad Tai-kuo-bar, la cual es generalmente grande, redonda, con un peso de 400 a 800 gramos en promedio, con pulpa de color blanco, jugosa y crujiente (MAG 1991).

4.11.4.3 Limón mesina (*Citrus latifolia* Tanaka)

Su origen es incierto, se cree que puede provenir de los archipiélagos del oeste de la India (Sierra 2002). Se presume que es un híbrido entre la lima mexicana (*Citrus aurantifolia* Swingle) y la cidra (*Citrus medica* Linn.) (Vargas *et al.* 1999). El árbol se distingue por ser de mayor tamaño que otros cítricos, con menos espinas, los frutos son más grandes (5,5 cm a 7 cm) menos ácidos y sin semillas (Geilfus 1994).

En cuanto a los requerimientos climáticos, el limón mesina o persa como es llamado en México se cultiva en áreas de hasta 1.200 msnm (CCT 1994); con una precipitación anual de 1.400 mm a 2.500 mm (Vargas *et al.* 1999). Sierra (2002) indica que el cultivo es muy sensible a las bajas temperaturas, dicho factor debe oscilar entre 10 °C a 38 °C con una media de 28 °C.

Es posible encontrar plantaciones comerciales en un amplio rango de suelos, pero el cultivo prefiere los profundos (> 60 cm) y bien drenados, con alto contenido de materia orgánica. En cuanto a la textura se desarrolla bien en las arenosas, siendo más adecuadas las texturas francas y francas arenosas, es preferible evitar suelos arcillosos (Sierra 2002).

4.11.4.4 Mango (*Mangifera indica*)

Las plantaciones productoras están limitadas a zonas que se encuentran por debajo de los 800 metros de elevación en clima tropical. Esto puede variar un poco dependiendo de la latitud y las condiciones de microclima (Mora *et al.* 2002).

El cultivo del mango es susceptible al frío. Las zonas cuya temperatura media anual oscila entre 22 y 27 °C son adecuadas para el desarrollo óptimo del mango, aunque existen diferencias dependiendo de la región de origen, las variedades y del estado fenológico de la planta (Galán 1999, Mora *et al.* 2002).

La temperatura es un factor que también interviene en la viabilidad del polen, temperaturas bajas menores de 10 °C y mayores de 33 °C, afectan la vida del polen, siendo ésta una de las posibles razones del bajo cuaje de frutos, que muestran algunas de las variedades comerciales que son de origen subtropical (Mora *et al.* 2002). Según los mismos autores, temperaturas altas durante la noche (28-32 °C) hacen que la fruta sea dulce y madure bien, pero los días calurosos y las noches frescas (12 a 20 °C), al parecer, ayudan a que la fruta desarrolle un color más atractivo

El rango de adaptación de la especie, va de 700 a 2500 mm, pero lo óptimo es entre 1.000 y 1.500 mm de precipitación al año con una temporada seca de aproximadamente cuatro a seis meses de duración y bien definidos (Mora *et al.* 2002). Siendo más importante la distribución mensual de la lluvia que la cantidad total anual de esta (Galán 1999). El mismo autor señala que las lluvias durante floración, cuajado y cosecha de los frutos son dañinas reduciendo la polinización, el cuajado de frutos y aumentando la susceptibilidad a enfermedades fungosas, principalmente la antracnosis.

En cuanto a los requerimientos edáficos, el mango no es muy exigente y existen plantaciones de mango en suelos con condiciones como suelos de baja profundidad, salinidad, suelos calcáreos, etc que serían limitantes para otras plantas (Galán 1999). No obstante, los suelos ideales para el cultivo del mango son aquellos de textura limosa, profundos y con una capa mínima de 75 cm de profundidad, aunque lo ideal serían suelos de 1 a 1,5 m de profundidad y un pH entre 5,5 y 7,0; puede desarrollarse bien en

suelos arenosos, ácidos o alcalinos moderados, siempre y cuando se fertilicen adecuadamente (Mora *et al.* 2002).

La variedad a evaluar será la 'Keitt', la cual es una fruta muy aceptada en el mercado internacional, la forma del fruto es ovoide oblonga, color amarillo verdoso con chapas rojas, con escasa presencia de fibras, y semilla pequeña, el peso del fruto ronda entre los 600 a 1000 g (Galán 1999).

4.11.4.5 Marañón (*Anacardium occidentale* L.)

El marañón es una planta de originaria del continente americano, para algunos autores su centro de origen comprende El Caribe, el sur de México, América Central y América del sur hasta Perú; para otros el origen está circunscrito al noreste de Brasil (Mendes 1999).

El árbol es de copa abierta, con tronco bajo y torcido que puede alcanzar 20 m de alto, las hojas son grandes y ovales, las flores aparecen en panículas en las extremidades de las ramas. La fruta propiamente es la nuez en forma de riñón, aunque está es a menudo confundida con el pedúnculo succulento en forma de pera, que generalmente presenta una longitud de cinco a diez centímetros y es de color verde, amarillo o rojo en la madurez (Geilfus 1994).

El marañón prospera en zonas cuya precipitación va desde 600 a 3.800 mm anuales de lluvia y la óptima oscila entre 1.000 y 2.000 mm, en Costa Rica se encuentran en regiones con promedios entre 1.500 hasta 3.000 mm de lluvia (MAG 1991). Es importante el régimen estacional de lluvias, ya que el marañón necesita de cuatro a seis meses de sequía para una adecuada floración y fructificación.

Las zonas productoras en Costa Rica, tienen un promedio anual de temperatura de 27,5 °C (MAG 1991). En zonas cuya temperatura es menor a 18 °C disminuye el crecimiento y la productividad. A temperaturas mayores a 30 °C la planta reduce sensiblemente su actividad fotosintética (Mendes 1999).

La altura óptima para el cultivo de este frutal oscila entre 0 a 400 msnm, aunque puede darse bien hasta los 1.000 msnm. La mayoría de las plantaciones en Costa Rica país se encuentran bajo los 500 msnm (MAG 1991). Según la misma fuente, la humedad relativa aceptable es de 60 a 85% pero entre mayor sea, mayor será la incidencia de las enfermedades como mildiu polvoso y antracnosis, las cuales afectan las hojas, flores y brotes y por lo tanto la producción. En el Pacífico Central de Costa Rica la humedad relativa es de 80 %.

Este cultivo por su rusticidad es poco exigente respecto a suelos y se adapta a una gran diversidad: pedregosos, arenosos y pesados, siempre que tengan buen drenaje. Sin embargo, las condiciones físicas del terreno ideales son: suelos fértiles, de textura arenosa, estructura muy desarrollada, profundos y buen drenaje (MAG 1991, Mendes 1999). Se prefieren suelos con una ligera acidez, es decir, un pH entre 5 y 6,5.

Su sistema radical le permite soportar fuertes vientos, pero le son perjudiciales para su desarrollo ya que se modifica su tamaño y forma, es resistente a la sequía, tolera suelos infértiles, suelos ácidos, suelos alcalinos, roció salino, e inundación temporal. En contraparte no tolera el fuego, es susceptible a heladas, inundaciones prolongadas, suelos salinos, suelos arcillosos, suelos fuertemente alcalinos, calizos, daño por epifitas, termitas, roedores y hongos que son la causa primaria de la muerte de árboles (Vázquez-Yanes *et al.* 1999).

4.11.4.6 Naranja (*Citrus sinensis* L.)

Esta especie será incluida en la evaluación pese a la opinión de Morton (2000) que señala a la naranja como una especie apta para el subtrópico, no para el trópico, debido a la alta presencia de este frutal en los potreros de las fincas del proyecto GEF-Silvopastoril. La naranja se originó probablemente en el norte de Birmania, el sur de China e India; actualmente se cultiva en zonas templadas, subtropicales y tropicales del mundo (Vargas *et al.* 1999).

El árbol es mediano (7 a 10 m), erecto si es de semilla, de copa ancha y redonda si es de injerto. Tiene espinas en las axilas de las hojas, las hojas son brillosas y redondeadas en la base, puntiagudas en la extremidad con el pecíolo con aletas marcadas. La flor es blanca perfecta y bisexual y autofértil en la mayoría de las variedades. El fruto es redondo de 6 a 10 cm de diámetro, con la cáscara lisa o ligeramente rugosa, dicho fruto presenta una coloración naranja en climas mediterráneos y un poco más verdoso en los climas tropicales (Geilfus 1994).

Las altitudes aptas para el cultivo de la naranja se sitúan entre 500 msnm y 1200 msnm (CCT 1994). Respecto a la temperatura, se considera necesaria una variación entre la temperatura del día y de la noche en la época de maduración del fruto (Reuther 1973); pudiendo ser cultivadas con una temperatura promedio de 18 a 28 °C y precipitaciones anuales de 1.800 mm hasta 2.500 mm bien distribuidos con un máximo de 10 meses de sequía (Vargas *et al.* 1999).

Según la misma fuente, las condiciones de suelo ideales corresponden a suelos profundos, de textura franca a franca-arenosa, bien drenados; no obstante se adapta a suelos otras texturas mientras tengan buen drenaje, prefiere pH de 5,5 a 7,5 y pendiente de 1 a 50 %.

4.11.5 PLANTACIÓN DE FORESTALES

4.11.5.1 Caoba (*Swietenia macrophylla* King)

Es originaria de los bosques húmedos de México hasta la cuenca del Amazonas (Geilfus 1994). Su distribución natural abarca desde el norte de Veracruz, México hasta el extremo occidental de Brasil (Vázquez-Yanes *et al.* 1999, CAB Internacional 2000). En Costa Rica se le encuentra en la provincia de Guanacaste, el Pacífico Central y los chiles (zona norte) (Jiménez *et al.* 2002).

La caoba es un árbol alto (hasta 50 m) con un tronco erecto y libre de ramas, la corteza es fisurada, las hojas se presentan en pares de tres a seis hojas glabras, oblicuamente lanceoladas, de color verde oscuro, las flores son pequeñas y dispuestas en panículas presentando una coloración blanca o cremosa, los frutos son cápsulas de ovoides a piriformes, de 12 a 20 cm de largo y con semillas paradas y aladas (Geilfus 1994, Holdridge *et al.* 1997).

Requiere un rango de precipitación de 1.000 a 2.500 mm, aunque ocasionalmente se le encuentra hasta en lugares con 5.000 mm. (Geilfus 1994). El rango altitudinal ideal se encuentra entre 50 a 500 msnm, pero puede llegar hasta los 1400 msnm, la temperatura media anual se sitúa entre 22 a 28 °C, tolerando un máximo de cuatro meses de sequía (OFI y CATIE 2003).

El máximo crecimiento se obtiene en suelos profundos, fértiles, profundos, bien drenados y con PH neutro a ligeramente alcalino, no obstante puede adaptarse a otras condiciones de suelo (OFI y CATIE 2003). Crece en sitios planos a moderadamente planos (Jiménez *et al.* 2002).

Es una especie demandante de luz, se beneficia por los claros, firme al viento, resistente a la sequía, la madera de árboles que crecen en regiones de clima más seco es más valiosa, la madera cosechada resiste al daño de termitas, tolera suelos con mal drenaje, pero no soporta encharcamientos. En contraparte, es intolerante al fuego, susceptible al daño por ramoneo y susceptible al barrenador *Hypsipyla grandella* Zeller (Vázquez-Yanes *et al.* 1999).

4.11.5.2 Cedro (*Cedrela odorata* L.)

Es originario de América Tropical y se extiende naturalmente desde México hasta el Norte de Argentina (excepto Chile) y las islas Caribe (Vázquez-Yanes *et al.* 1999). En Costa Rica se encuentra tanto en la vertiente del Atlántico, como en la del Pacífico, desde el nivel del mar hasta 1200 msnm (Jiménez *et al.* 2002).

Es un árbol que alcanza los 35 m de alto y hasta un metro de diámetro, sus hojas son grandes y compuestas de cinco a 11 pares de foliolos, en ocasiones al estrujarlas producen un olor similar al ajo, las flores están dispuestas en panículas largas, terminales o axilares de hasta 40 cm de largo, los frutos son cápsulas dehiscentes, oblongo-elipsoides, con cinco valvas y semillas aladas (Geilfus 1994, Holdridge *et al.* 1997).

El requerimiento de altitud va desde el nivel del mar hasta los 1200 msnm, la temperatura media anual desde los 20 a 32 °C, soportando sequías de hasta seis meses (OFI y CATIE 2003). El rango de precipitación va de 2500 a 4000 mm anuales, en zonas con precipitaciones menores a 2500 mm no desarrolla bien y presenta fustes cortos y frecuentemente torcidos (Vázquez-Yanes *et al.* 1999).

Requiere de suelos profundos, fértiles, bien drenados y aireados con buena fertilidad, la textura variable desde ligera hasta pesada, el pH de ácido a neutro (5 a 7) (OFI y CATIE 2003).

Al igual que la caoba es exigente en cuanto a su requerimiento de luz, es moderadamente resistente a heladas, las plantas mueren a 5 °C, es resistente a la sequía, la madera cosechada es resistente a las termitas y al fuego, tolera suelos ácidos y compactados, parece preferir suelos calcáreos, exposición constante al viento e inundación temporal. En contraposición sus plántulas no toleran el fuego, es susceptible al ramoneo, a suelos arcillosos, daño por epifitas y parásitos y muy susceptible al barrenador *H. grandella* (OFI y CATIE 2003, Vázquez-Yanes *et al.* 1999).

4.11.5.3 Cocobolo (*Dalbergia retusa* Hemsl.)

Especie originaria de América Tropical, se distribuye naturalmente desde México hasta Panamá. En Costa Rica se le encuentra en la provincia de Guanacaste, el Pacífico Central y Los Chiles en la zona norte, a elevaciones entre 50 a 300 msnm (Jiménez *et al.* 2002).

El árbol es pequeño o mediano, alcanzando una altura de 15 a 20 m y un diámetro de 0,40 a 0,70 m, las hojas son alternas, ovadas u oblongas, frecuentemente inequiláteras, envés pubescente o casi glabro, las

flores son blancas dispuestas en panículas axilares o terminales de cinco a 20 cm de longitud, los frutos son estipitados angostamente oblongos, de seis a 13 cm de largo y de 1,5 cm a 2,5 cm de ancho, generalmente atenuados de la base y con una a cinco semillas (Holdridge *et al.* 1997, OFI y CATIE 2003).

En condiciones naturales el cocobolo se encuentra en zonas con una precipitación menor a los 2.000 mm al año, una estación seca mayor o igual a 3 meses, una altitud de 50 a 700 msnm y una temperatura anual de 25 a 35 °C, la cual coincide con el óptimo de germinación determinado por García y Stéfano (2000). No obstante lo anterior, las plantaciones no deben establecerse en altitudes superiores a 300 msnm, ni en climas muy húmedos (OFI y CATIE 2003).

El cocobolo parece adaptarse bien a suelos de mediana a baja fertilidad en zonas secas o con déficit hídrico de varios meses (Torres y Luján 2002). Se le encuentra en suelos desde profundos a rocosos y en terrenos planos a moderadamente planos (menores a 15 % de pendiente) (OFI y CATIE 2003).

4.11.5.4 Guachipelín (*Diphysa americana* Mill.)

Es originaria de la América tropical y se encuentra distribuida, desde el sur de México hasta Panamá (Geilfus 1994). En Costa Rica se presenta en ambas vertientes, pero es más frecuente en la vertiente del pacífico hasta el valle central, a elevaciones entre 50 a 1300 msnm (Jiménez *et al.* 2002).

Es en general un árbol pequeño de cinco a nueve metros de altura, pero puede alcanzar los 20 m en buenos sitios, tiene hojas compuestas por nueve y hasta 15 folíolos de color verde brillante en la superficie, pálidas por debajo. Las flores son amarillas y se presentan en racimos axilares de cuatro a siete centímetros de largo, los frutos son inflados de aproximadamente seis centímetros de largo y de 1,5 cm a dos centímetros de ancho (Geilfus 1994, Holdridge *et al.* 1997).

En condiciones naturales se encuentra en altitudes desde el nivel del mar hasta 1.200 msnm, elevaciones mayores limitan su desarrollo, creciendo mejor en elevaciones menores a 900 msnm. La temperatura anual es de 24 °C, y el rango de precipitación va desde los 800 mm hasta los 3.500 mm, soportando sequías de hasta seis meses (OFI y CATIE 2003).

No es muy exigente en cuanto a los requerimientos edáficos y los soporta bajos en fertilidad, con pH de algo ácido a neutro, drenaje de medio a bueno, pendiente media. Crece bien donde hay sombra y en laderas de zonas bajas (OFI y CATIE 2003).

4.11.5.5 Guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam.)

El guácimo es originario de la América Tropical, desde el sur de México, hasta las Antillas, Paraguay y el norte de Argentina (Gelfius 1994). Es un árbol mediano, de dos a 15 m de alto y diámetros de hasta 50 cm dependiendo del sitio, presenta copa ancha e irregular con ramas arqueadas, las hojas son puntiagudas y con los bordes dentados, en zonas secas son vellosas. Las flores se presentan en racimos, compuestas por muchas florecitas amarillas, el fruto es una cápsula de 2,5 cm de largo y aspecto verrugoso (Geilfus 1994, OFI y CATIE 2003).

Se desarrolla en un rango de altitud de cero a 1.200 msnm, temperatura media anual de 18 a 25 °C, con periodos secos de cuatro a siete meses, con precipitaciones anuales de 600 a 3.500 mm (OFI y CATIE 2003).

Aunque tolera una amplia variedad de suelos, crece mejor en suelos aluviales y arcillosos de tierras bajas, en texturas ligeras, medianas o pesadas, pH mayor a 5,5, buen drenaje y pendientes planas a medias (Vázquez-Yanes *et al.* 1999, OFI y CATIE 2003).

Demanda luz, es firma al viento, resistente al fuego, pudrición de la madera y a la sequía, tolera inundaciones temporales. En contraparte, no tolera suelos compactados donde su desarrollo disminuye, es susceptible a suelos con alto contenido de arcilla, su madera es susceptible a las termitas, al ramoneo y a daños por epifitas e insectos (Vázquez-Yanes *et al.* 1999).

4.11.5.6 Guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*)

El guanacaste es originario de América Central, desde el sur de México hasta Colombia (Geilfus 1994). En Costa Rica se encuentra en ambas vertientes, pero más frecuentemente en el Pacífico, entre 50 a 1.200 msnm (Jiménez *et al.* 2002).

El árbol es grande y longevo, de hasta 40 m de altura y 3 m de DAP (OFI y CATIE 2003). La copa es extendida y su corteza presenta muchas lenticelas, las hojas son compuestas, bipinnadas y alternas (Holdridge *et al.* 1997, Jiménez *et al.* 2002). Las inflorescencias son axilares y están dispuestas en grupos de una a tres con 2 a 6 cm de largo y 1 cm de ancho, de color verde a blancuzco, los frutos son legumbres reniformes indehiscentes, glabras de 8 a 10 cm diámetro, las semillas son ovoides 1,5 cm de largo y un centímetro de ancho, de lisas a pardas y rodeadas por un anillo claro (Jiménez *et al.* 2002).

En condiciones naturales se presenta en zonas con una precipitación de 750 a 2500 mm, aunque su hábitat propicio no rebasa los 500 m, soporta una estación seca de tres a seis meses, altitud de cero a 1.200 msnm y temperatura media anual de 23 a 28 °C (OFI y CATIE 2003). Crece mejor en suelos profundos, fértiles y de textura media, tolera un rango de pH desde alcalinos hasta ligeramente ácidos (OFI y CATIE 2003).

Su madera es resistente al daño por insectos, daño por termitas, a la pudrición y al daño por hongos, es resistente a la sequía, tolera la sombra, suelos salinos, suelos compactados e inundación temporal. Es intolerante al fuego en estado de plántulas y juveniles, susceptible al daño por ramoneo, algunos insectos (*Stator generalis*, *Coenipita bibitrix*) dañan su semilla, plántulas y tallos jóvenes son afectados por hongos del orden Uredinales (Vázquez-Yanes *et al.* 1999).

4.11.5.7 Laurel (*Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken)

El laurel es originario de los boques semi-húmedos de América, desde México y las Antillas hasta Brasil y Bolivia (Geilfus 1994). En Costa Rica se encuentra en ambas vertientes en elevaciones de hasta 1200 msnm (Jiménez *et al.* 2002).

El mismo autor describe a *C. alliodora* como un árbol de hasta 35 m de altura, con fuste cilíndrico blanco grisáceo a parduzco; las hojas son simples alternas, ovadas a lanceolado-elípticas de 8 a 18 cm de largo y de 3 a 8 cm de ancho, ápice acuminado, ásperas en el haz y con tricomas estrellados. Las flores son de 8 a 12 mm de largo y de 2 a 2,5 mm de grosor, de color blanco y crecen en racimos vistosos; el fruto parece una flor seca, con no más de un centímetro de longitud en cuyo interior lleva una semilla parecida en color y tamaño a un grano de arroz (CATIE 1994).

En condiciones naturales su crecimiento se da en un amplio rango de condiciones ecológicas, desarrollándose favorablemente en climas cálido húmedos con temperaturas máximas de 18 °C como mínima a 32 °C como máxima (Vázquez-Yanes *et al.* 1999); con una media de por lo menos 23 °C (OFI y CATIE 2003). La misma fuente señala que se presenta en zonas con altitud de 0 a 1.000 msnm en la vertiente del Pacífico, a 0 a 700 msnm en la vertiente del atlántico, soportando hasta siete meses secos, la precipitación varía de 600 a 5.000 mm anuales, requiriendo de al menos 2.000 mm.

El laurel requiere suelos bien drenados, de textura media, fértiles, con pH de 4,5 a 6,5 (CATIE 1994, OFI y CATIE 2003). Geilfus (1994), señala que se puede plantar en suelos calizos, arcillosos o rocosos siempre y cuando sean profundos y exista un buen drenaje. Es resistente a la sequía, al daño por

termitas, tolerante a la exposición constante al viento, a los suelos ácidos y suelos arcillosos. Demanda una exposición casi del 100 % al sol, no tolera un nivel freático cercano, debe evitar plantarse en suelos que presentan acumulación de agua, es susceptible al ataque de la chinche de encaje (*Dyctyla monotripida*) (Vázquez-Yanes *et al.* 1999).

4.11.5.8 Madero negro (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walph).

El madero negro es originario de América tropical, desde México hasta Panamá, aunque se ha difundido por todo el trópico, incluyendo el Caribe, África, Asia y Oceanía (Geilfus 1994).

El árbol es de tamaño mediano y con copa estrecha, las hojas son compuestas formadas por 7 a 17 foliolos, ovados a elípticos u oblongo lanceolados, de 3 a 7 cm de largo, opuestos en el raquis, de color gris claro en el envés, las flores aparecen en racimos densos de 5 a 10 cm de largo, los pétalos son rosados, un poco púrpuras o blancos, los frutos son legumbres aplanadas, de 5 a 10 cm de largo y de 1 a 1,5 cm de ancho, con semillas pardas (Holdridge *et al.* 1997).

Su ámbito de distribución natural prevalece en un clima subhúmedo relativamente uniforme, se le encuentra desde el nivel del mar hasta los 1200 msnm, con temperaturas de 20 a 30 °C precipitaciones anuales de 500 a 2.300 mm y 5 meses de período seco (Vázquez-Yanes *et al.* 1999, OFI y CATIE 2003). Según la última fuente, tolera un amplio rango de suelos, desde arena pura a vertisoles, pero usualmente se encuentra en regasoles poco profundos o rocosos de origen volcánico o aluvial. Estos son habitualmente de buen drenaje, poco profundos, pedregosos y compactados o erosionados, también tolera vientos salitrosos y dunas costeras pero no suelos salinos.

Es resistente al fuego y a la sequía, sin embargo su crecimiento se ve afectado en sitios con más de 8 meses de déficit hídrico o en áreas con menos de 600 mm anuales. Tolerancia suelos alcalinos, arenosos, arcillosos, ácidos, compactados y pobres, tolera inundaciones periódicas, pudrición (madera en pie y cosechada), su madera presenta una disposición anatómica que le permite ser resistente al ataque de agentes biológicos, tolera el ramoneo (Vázquez-Yanes *et al.* 1999). Según la misma fuente, no tolera mal drenaje interno, es susceptible a las heladas, las hojas son dañadas por áfidos, daño por roedores, epifitas, hongos del suelo del género *Fusarium* spp.

Las hojas tienen un alto valor nutritivo (18-30 % proteína y 13-30 fibra), digestibilidad de (48 a 77 %), bajo contenido de taninos, no obstante presenta un problema de palatabilidad, pero los animales se

pueden acostumbrar, solo puede ser usado como forraje por rumiantes, ya que para algunas especies menores no rumiantes resulta tóxico (OFI y CATIE 2003).

4.11.5.9 Pochote (*Bombacopsis quinata*)

El pochote se distribuye naturalmente desde Nicaragua hasta Colombia y Venezuela, en Costa Rica se le encuentra en la vertiente del Pacífico, provincias de Guanacaste y Pacífico Central, desde el nivel del mar hasta los 900 m de elevación (Jiménez *et al.* 2002).

Es un árbol grande, tronco a menudo irregular, con gambas grandes, la copa extendida y con muchos aguijones, las hojas son compuestas por de tres a siete foliolos de obovados a oblongo obovados, glabros, los pétalos son lineares de 7 a 11 cm de largo, con muchos estambres, los frutos son unas cápsulas pardas, glabras, anguladas, de 4 a 10 cm de largo, las semillas vienen envueltas en un algodón parduzco (Holdridge *et al.* 1997).

En condiciones naturales se le encuentra desde el nivel del mar hasta los 800 msnm, con una precipitación media anual de 800 a 2000 mm año, temperatura media anual de 20 a 27 °C y soporta de dos a cinco meses secos (OFI y CATIE 2003). Según la misma fuente, solo se recomienda económicamente en suelos fértiles, con precipitaciones mayores a 1000 mm por año, suelos profundos planos y bien drenados, con texturas menores al 50 % de arcilla.

La pendiente es un factor limitante en zonas secas y de lluvias estacionales fuertes, donde favorece el escurrimiento, en consecuencia hay poca infiltración para proveer almacenamiento de agua para los árboles (Cordero y Boshier 2003). Según los mismos autores, los suelos arcillosos en los dos primeros horizontes, con alta pendiente y pH bajo, producen los menores incrementos al igual que los arcillosos superficiales, compactados de baja fertilidad natural, la falta de humedad es el factor más limitante.

En condiciones favorables puede crecer 4 cm de DAP y 2 m de altura por año, los turnos finales varían de acuerdo al propósito de la producción, pero para aserrío, desenrollo y chapa es de 25 a 35 años según la calidad de sitio, los rendimientos durante los primeros 15 años rondan entre 10 a 15 cm³, para después decrecer y finalizar con 350 a 375 m³/ha.

5 MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se definió con ayuda del ArcView. A partir de la creación de una zona de amortiguamiento de 1 km alrededor de las fincas del proyecto GEF-Silvopastoril con la extensión “Buffer wizard”. Posteriormente con la ayuda del comando “combine” se sobrepuso el mapa de suelos 1:50.000 de la región Pacífico Central y se eliminaron tanto las fincas, como el área que rebasaba sus límites, obteniendo de ésta forma el límite de la parte noroeste de la zona de estudio. Finalmente se sobrepuso el mapa de distritos y se eliminaron porciones de distritos que correspondían la zona de amortiguamiento que abarcaban zonas sin fincas y fuera de la zona de interés (Mapa 1). En el anterior proceso se procuró que el área contara con los datos necesarios para poder llevar a cabo la evaluación. No obstante, dos zonas importantes por la presencia de fincas pertenecientes al proyecto GEF-Silvopastoril, no contaban con información de suelos.

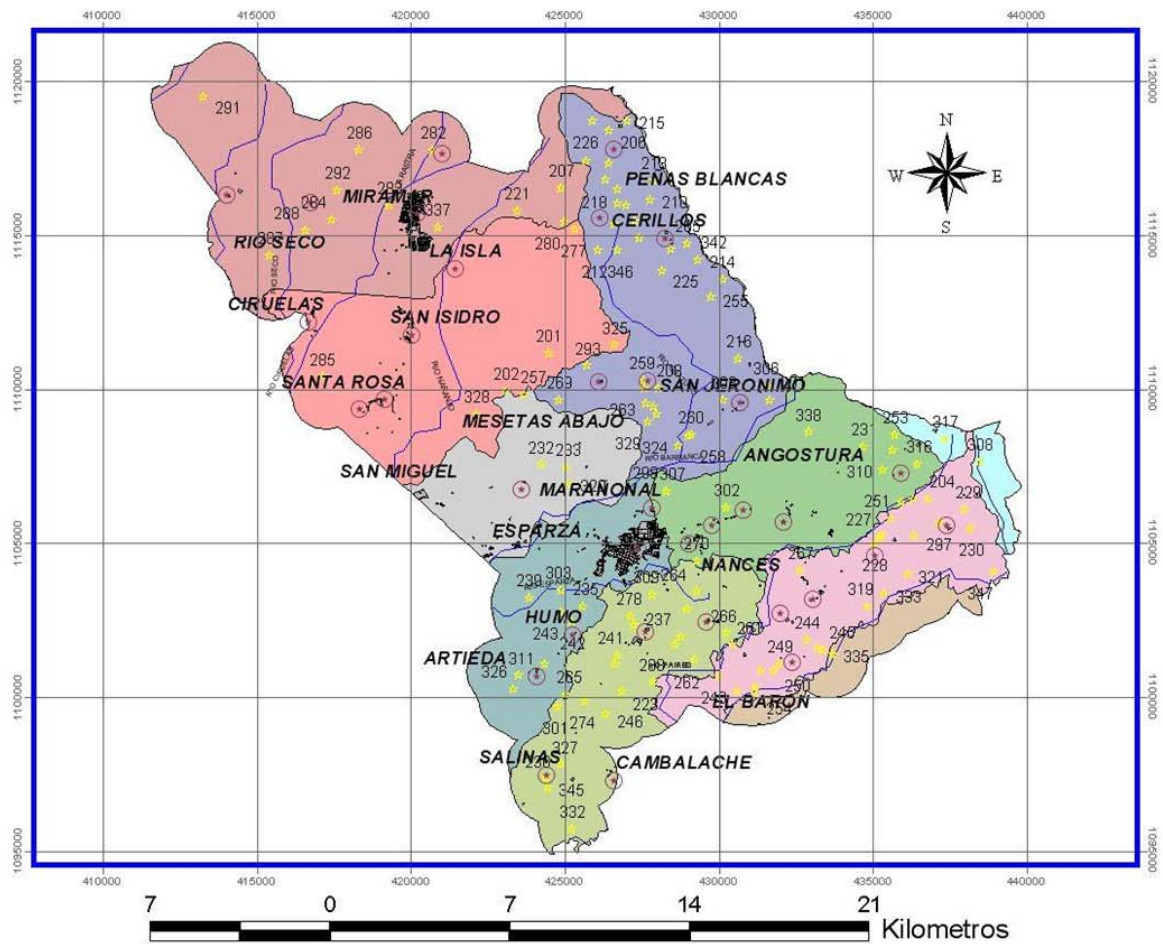
5.2 MATERIALES

Para la elaboración de la evaluación de tierras se emplearon principalmente fuentes de información secundaria disponibles y las bases de datos del proyecto GEF-Silvopastoril.

5.2.1 FUENTES DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

- ✓ Atlas digital de Costa Rica (ITCR 2000).
- ✓ Base de datos SIG, la cual incluye polígonos del uso 2003 y 2004 de acuerdo a la clasificación de usos del proyecto; las cercas vivas existentes, y los datos del PSA de ambos años.
- ✓ Datos climatológicos obtenidos en el Instituto Meteorológico Nacional (IMN, CR) y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA, CR).
- ✓ Estudio de “zonificación agropecuaria en la Región Pacífico Central, escala 1:50.000” y mapa de suelos de la Región Pacífico Central de Costa Rica (CCT 1994).
- ✓ Encuesta socioeconómica del proyecto GEF-Silvopastoril, la cual incluye variables de datos generales de la unidad de producción.
- ✓ Hojas cartográficas digitales a escala de trabajo 1:25000: 3245-I-NE, 32345-I-NW, 3245-I-SW, 3246-II-NW, 3246-II-SE, 3246-II-SW, 3246-III-NE, 3246-III-SE.

✓ Información bibliográfica, sobre las especies de interés para efectuar la evaluación de tierras.



CATIE
Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
Maestría en Agricultura Ecológica
Elaboración: Pável Bautista Solís
Turrialba, Costa Rica, Octubre 2004

Proyección Costa Rica Transversal de Mercator
Escala de Presentación 1:200.000
Escala de Trabajo: 1:50.000
Extensión: 337,93 km²
Esteroide WGS84
Datum: WGS84
Meridiano Central: -84
Factor de Escala: 0,9996
Este Falso: 500.000
Norte Falso: 0

Mapa 1. Área de estudio.

5.2.2 OTRAS FUENTES

Para integrar la base de conocimientos se recurrió a información proporcionada por expertos: productores líderes que forman parte del proyecto GEF-Silvopastoril, personal técnico del mismo, personal técnico del CATIE y los miembros del comité asesor (ANEXO 1).

5.3 PROGRAMAS

Se usó principalmente el programa ArcView 3.3 (ESRI 1992) para la manipulación de la información proveniente de la base de datos SIG y la elaboración de los mapas. Además, en la evaluación de tierras se utilizó el sistema automatizado para la evaluación de tierras ALES Ver. 4.2 (Cornell University 1991).

Los gráficos fueron hechos con el programa SigmaPlot 2000 Ver. 6 (SPSS 2000). Por último, también se usó el software Office XP Ver. en español (Microsoft Corporation 2000), específicamente el operador de bases de datos Access XP para integrar una base de datos de características socioeconómicas generales del área de estudio, el procesador de texto Word XP para digitalizar el presente escrito y la hoja de cálculo Excell XP para analizar datos.

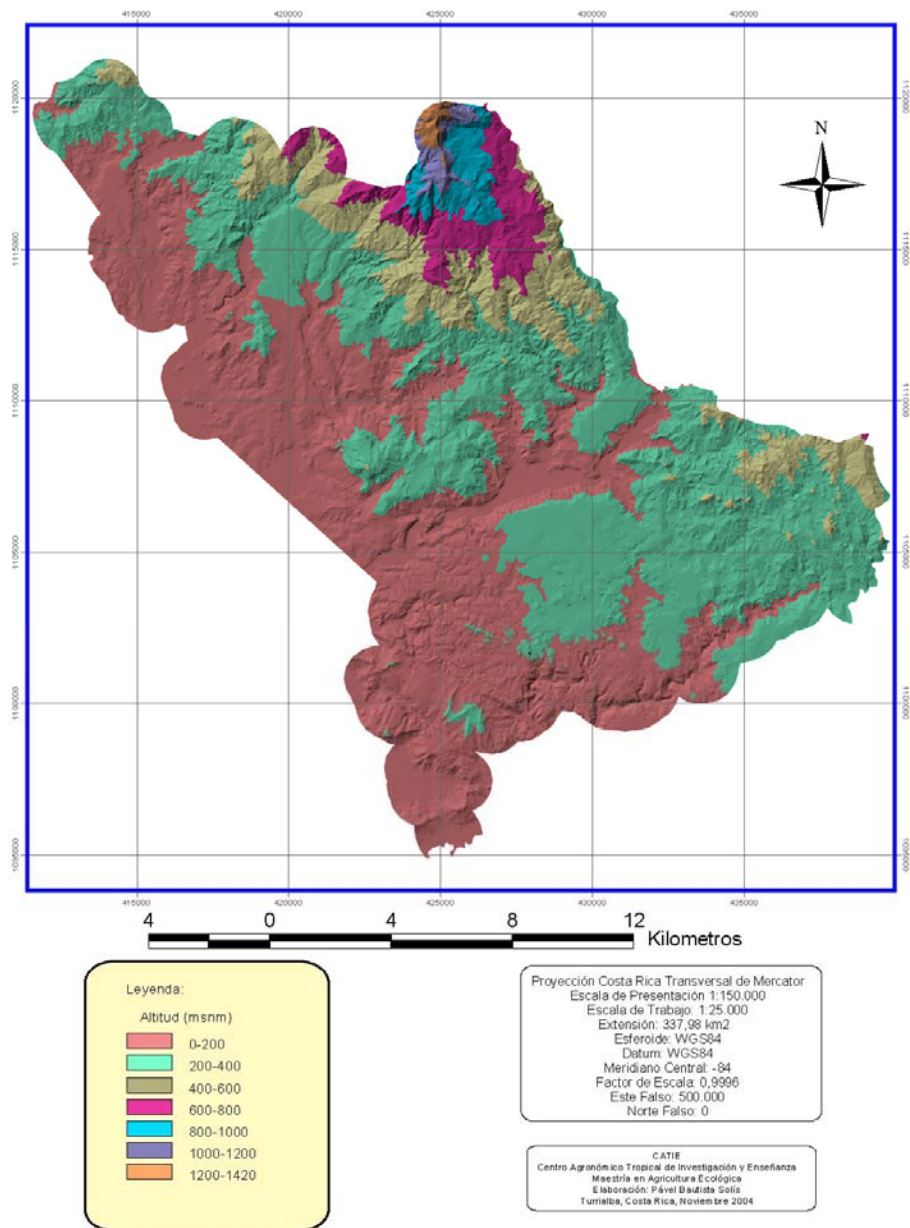
5.4 PROCEDIMIENTO

El procedimiento empleado fue una adaptación del esquema de evaluación de tierras de la FAO (1976). Para facilitar el proceso de evaluación, se desarrolló un sistema de expertos: “SSP-silv” para evaluar el área de estudio mediante la supervisión del ALES. La evaluación de tierras se llevó a cabo por el método de abajo-arriba (León 1994), el cual se facilitó gracias a la información secundaria especificada en el capítulo de materiales. De ésta forma, la mayor parte de la información secundaria fue manipulada mediante el ArcView 3.3 y Excell XP, para obtener la información básica para llevar a cabo la evaluación, para después conformar una base de conocimientos que permitió realizar la evaluación de tierras mediante el ALES.

5.4.1 DEFINICIÓN DE LAS UNIDADES DE MAPEO O CARTOGRÁFICAS (UT)

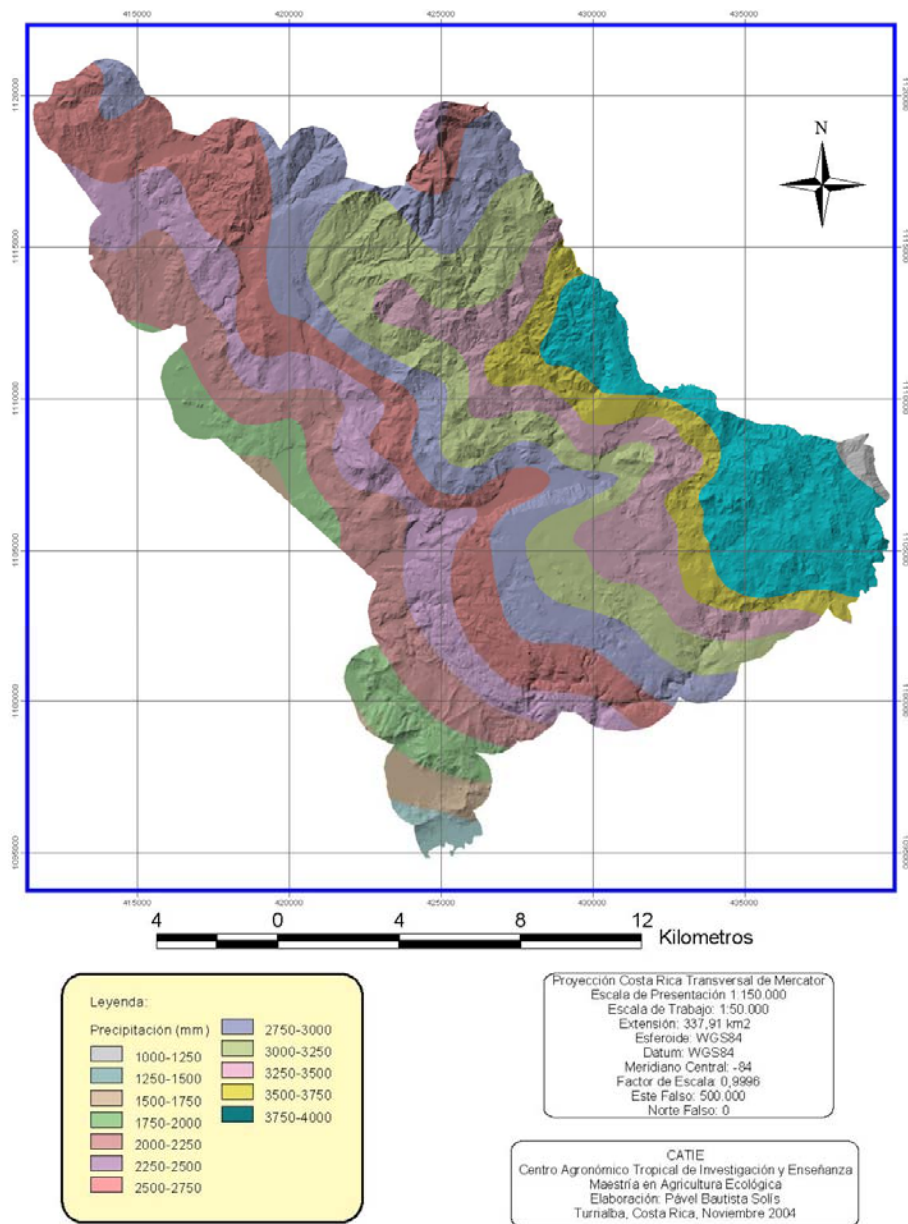
Debido a la calidad y escala de trabajo de las fuentes de información secundaria empleadas en el presente estudio, fue posible efectuar la evaluación con una escala de trabajo de 1:50.000. La evaluación de tierras, pretendió definir la aptitud de la tierra a una escala de semidetalle (1:50.000), para obtener criterios para la planificación de la tierra tanto a nivel regional como a nivel general de fincas, es decir recomendaciones generales de uso y manejo.

Las unidades de tierra, fueron determinadas por tres criterios principales: la altitud, la precipitación promedio anual y el tipo de unidad cartográfica de suelo. Para la generación del mapa base de altitud, se construyó con el ArcView 3.3 un modelo de elevación digital (MED), usando los ‘shapes’ de las hojas cartográficas 1:25.000: curvas a nivel, puntos de elevación, ríos y finalmente un polígono del área de estudio para delimitar la misma. Acto seguido se reclasificó el mapa de altitud en siete rangos (Mapa 2).



Mapa 2. Altitud de la zona de estudio.

En la construcción del mapa base de precipitación promedio anual, se utilizó el mapa 1:50.000 de precipitaciones de la Región Pacífico Central (Arroyo y Araya 2004). Dicho mapa fue reclasificado en 12 rangos (Mapa 3).



Mapa 3. Precipitación promedio anual en el área de estudio.

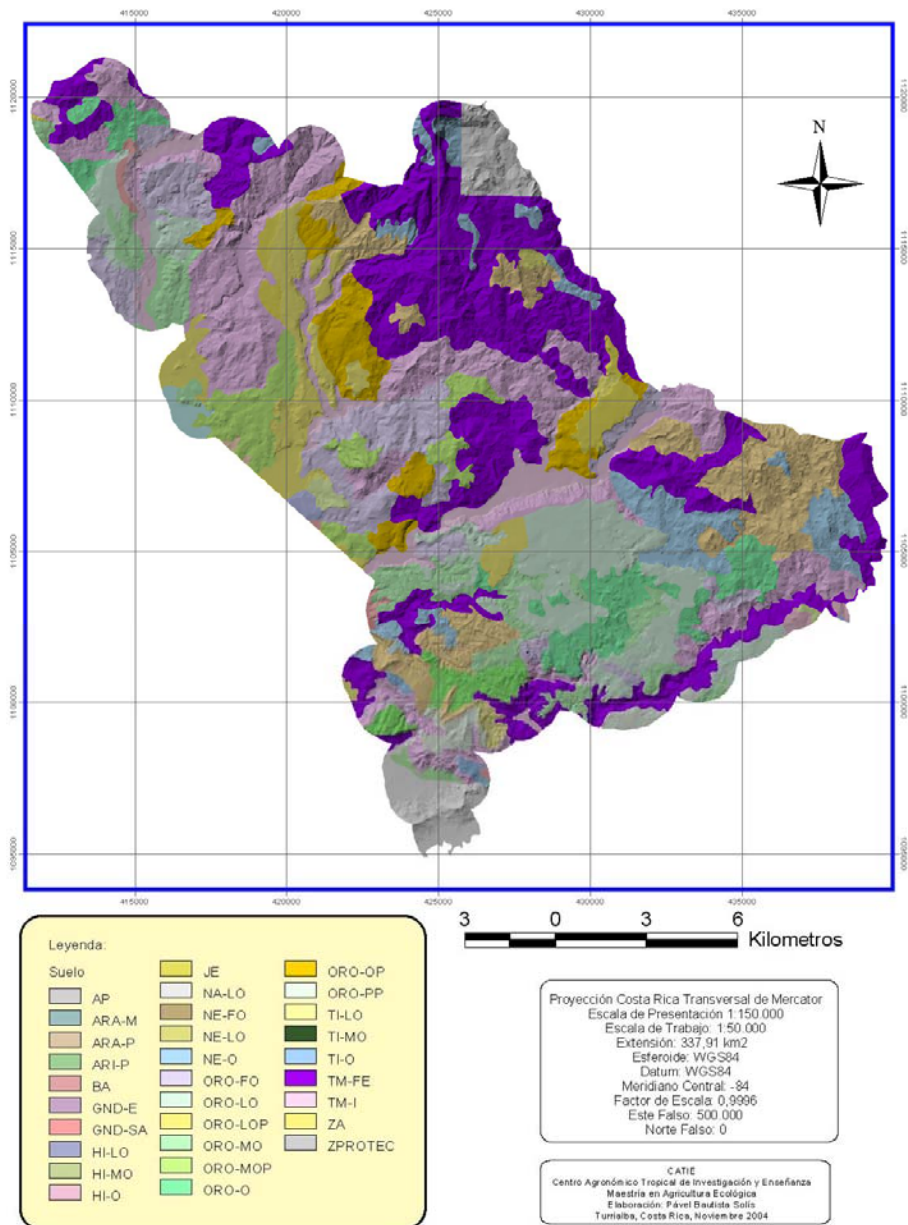
Como mapa base de suelo, se empleó el generado por el CCT (1994), el cual utilizó el sistema de clasificación conocido como “taxonomía de suelos” (Mapa 4). Para efectuar el mapeo de suelos, el estudio de reconocimiento de suelos de la Región Pacífico Central empleó el análisis fisiográfico, que

dio como resultado una cartografía con cuatro unidades de mapeo: asociaciones, las cuales están formadas por más de un grupo de suelo; consociaciones, las cuales son unidades monotáxicas formadas solo un tipo de suelo; grupos no diferenciados, que son unidades politáxicas formadas por más de un tipo de suelo; y tierras misceláneas, las cuales son áreas no aptas para las actividades agropecuarias (CCT 1994). En el área de estudio se identificaron un total de 30 unidades cartográficas de suelos, de las cuales la que mayor área aportó fue la de TM-FE con un 22,65% (Cuadro 11).

Cuadro 11. Unidades cartográficas de suelos presentes en el área de estudio.

Unidad Cartográfica	Tipo	Área (km2)	Porcentaje (%)	Unidad Cartográfica	Tipo	Área (km2)	Porcentaje (%)
AP	Área protegida	5,50	1,63	ORO-FO	Consociación	21,85	6,47
ARA-M	Consociación	1,28	0,38	ORO-LO	Consociación	26,30	7,78
ARA-P	Consociación	0,22	0,07	ORO-LOP	Consociación	11,34	3,36
ARI-P	Grupo no diferenciado	0,57	0,17	ORO-MO	Consociación	15,76	4,66
BA	Consociación	1,25	0,37	ORO-MOP	Consociación	11,46	3,39
GND-E	Grupo no diferenciado	55,01	16,28	ORO-O	Consociación	14,35	4,25
GND-SA	Grupo no diferenciado	0,08	0,02	ORO-OP	Consociación	13,82	4,09
HI-LO	Consociación	0,79	0,23	ORO-PP	Consociación	3,39	1,00
HI-MO	Consociación	1,07	0,32	TI-LO	Asociación	0,98	0,29
HI-O	Consociación	0,77	0,23	TI-MO	Asociación	4,50	1,33
JE	Consociación	4,43	1,31	TI-O	Asociación	0,81	0,24
NA-LO	Consociación	0,25	0,07	TM-FE	Tierras misceláneas	76,54	22,65
NE-FO	Consociación	26,70	7,90	TM-I	Tierras misceláneas	11,60	3,43
NE-LO	Consociación	0,68	0,20	ZA	Consociación	4,35	1,29
NE-O	Consociación	16,07	4,76	ZPROTEC	Zona protegida	6,22	1,84

Elaborado a partir de (CCT 1994)



Mapa 4. Unidades cartográficas de suelos.

5.4.2 DISCRIMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA TIERRA (CAT)

Las características de la tierra son atributos cuantificables o de apreciación lógica (León 1994), las cuales proceden principalmente de fuentes secundarias en el presente estudio. Para seleccionar las características de la tierra se construyó una matriz oferta *versus* demanda de recursos de la tierra con la información secundaria disponible, seleccionándose las CAT que fueron consideradas más importantes para la evaluación y las que contaban tanto con información de oferta como de demanda (Cuadro 12).

Cuadro 12. Características de la tierra seleccionadas para la evaluación y sus categorías.

CAT	Unidad	Código	Categorías		CAT	Unidad	Código	Categorías	
Drenaje	Escala	Dre	Excesivo		Pendiente	%	Pen	< 3	
			Moderadamente excesivo					3-8	
			Bueno					8-15	
			Lento					15-30	
			Nulo					>30	
Elevación	msnm	Elv	0-200	1000-1200	Precipitación	mm	Pma	1000-1500	3500-4000
			200-400	1200-1420	media anual			1500-2000	
			400-600					2000-2500	
			600-800					2500-3000	
			800-1000					3000-3500	
Erosión observada	Escala	Ero	Nula		Profundidad efectiva	Cm	Pef	< 30	
			Leve					30-60	
			Moderada					60-90	
			Severa					90-120	
			Muy severa					> 120	
Fertilidad	Escala	Fer	Alta		Temperatura	°C	Tma	20-21	25-26
			Moderadamente alta		media anual			21-22	26-27
			Media					22-23	27-28
			Moderadamente baja					23-24	
			Baja					24-25	
Índice de cobertura vial	Índice	Icv	< 0,50		Textura subsuelo	Escala	Tsb	Gruesas	
			0,50-0,75					Moderadamente gruesas	
			0,75-1,0					Medianas	
			1,0-1,50					Moderadamente finas	
			> 1,50					Finas	
Pedregosidad	Escala	Ped	Sin piedras		Textura superficial	Escala	Tsp	Gruesas	
			Ligeramente pedregoso					Moderadamente gruesas	
			Moderadamente pedregoso					Medianas	
			Pedregoso					Moderadamente finas	
			Muy pedregoso					Finas	

5.4.3 SELECCIÓN DE LOS TIPOS DE USO DE LA TIERRA (TUT)

La selección de los TUT se basó en las recomendaciones del personal técnico del proyecto GEF-Silvopastoril, MAG, así como la preferencia de los productores por las especies de árboles frutales y/o maderables.

Los TUT seleccionados para la presente evaluación fueron los pastos sin árboles: jaragua, estrella y brizantha; pastos con árboles: regeneración natural de cedro en alta y baja densidad sobre pastos jaragua y brizantha; los bancos forrajeros de gramíneas: caña y king grass, los bancos forrajeros de leñosas: *Cratylia* y *Leucaena*; las plantaciones de frutales: aguacate ‘Hass’, guayaba taiwanesa, limón

mesina, mango ‘Keitt’, marañón, naranja ‘valencia’; las plantaciones forestales: caoba, cedro, cocobolo, guachipelín, guácimo, guanacaste, laurel, madero negro y pochote.

A todos los TUT seleccionados se les determinó su aptitud física. Con respecto a la determinación de la aptitud económica, solo se efectuó para todos los TUT: pastos sin árboles, pastos con árboles, bancos forrajeros, plantaciones de frutales, para las plantaciones forestales solo se realizó sobre pochote, cocobolo, guanacaste.

5.4.4 DEFINICIÓN DE LOS REQUISITOS DE USO DE LA TIERRA (RUT)

Los RUT son requerimientos no medibles en forma directa, pero que se pueden estimar mediante juicios de valor, jerarquizando una o más características de la tierra. Como es importante definir los RUT con el menor número posible de CAT, se tomaron en cuenta solo las CAT que se consideraron necesarias. Además, dado que en la evaluación de tierras supervisada por ALES es recomendable no incluir más de una vez una la misma CAT en diferentes RUT para no sobreestimar esa característica, en la presente evaluación se estructuraron los RUT sin repetir las CAT. A la vez, se definió una lista de las RUT general, aunque algunas de acuerdo a cada TUT solo aplican específicamente para un uso determinado.

En el presente estudio los RUT fueron definidos a partir de las directivas publicadas por FAO (1976, 1985), por recomendaciones del grupo de expertos y por la revisión de otros estudios de evaluación de tierras (Orozco 1993, León 1994, CCT 1994). El siguiente cuadro muestra los ocho RUT definidos para la presente evaluación, así como sus CAT respectivas (Cuadro 13).

Cuadro 13. Requisitos de uso de la tierra (RUT) y características (CAT) empleadas en su definición.

RUT	Código	CAT
Accesibilidad	Acc	Índice real de cobertura vial
Altitud	Alt	Elevación
Capacidad de laboreo	Lab	Pedregosidad
Disponibilidad de agua	Dag	Precipitación media anual y drenaje
Disponibilidad de nutrientes	Dnu	Fertilidad y textura superficial
Factibilidad de árboles	Far	Profundidad efectiva y textura del subsuelo
Riesgo de erosión	Rer	Pendiente y erosión observada
Temperatura	Tmp	Temperatura media anual

Además se asignaron cinco niveles de severidad a cada CUT de acuerdo a su naturaleza (Cuadro 14).

Cuadro 14. Niveles severidad de los requisitos de uso de la tierra (RUT).

RUT	Niveles					
	Código	1	2	3	4	5
Accesibilidad	Acc	Buena	Regular	Media	Baja	Muy baja
Altitud	Alt	Buena	Moderadamente baja	Moderadamente alta	Baja	Alta
Capacidad de laboreo	Lab	Buena	Regular	Media	Baja	Nula
Disponibilidad de agua	Dag	Buena	Mod. Baja	Mod. excesiva	Baja	Excesiva
Disponibilidad de nutrimentos	Dnu	Buena	Moderadamente buena	Media	Moderadamente baja	Baja
Factibilidad de árboles	Far	Alta	Moderadamente alta	Media	Moderadamente baja	Baja
Riesgo de erosión	Rer	Nulo	Bajo	Medio	Regular	Alto
Temperatura	Tmp	Optima	Moderadamente baja	Moderadamente alta	Baja	Alta

5.4.5 ÁRBOLES DE DECISIÓN (ARD)

Los modelos de evaluación en el ALES son empíricos y permiten una gran flexibilidad, ya que se pueden incorporar información de prácticamente cualquier ámbito de conocimiento para elaborar el modelo. La estructura de la evaluación en el ALES comprende como punto medular la conformación de árboles de decisión. Estos, son juicios de valor jerarquizados aplicados sobre la combinación de diversas características (CAT, CUT), semejando la estructura natural de un árbol para así definir nuevamente un juicio que rige a un determinado parámetro.

En la presente evaluación se elaboraron tres clases de ARD:

- a) ARD de los RUT. Para la elaboración del primer árbol se conjugaron las CAT que los expertos consideraron necesarias y se le asignó un juicio de valor de acuerdo a la escala de severidad de las CUT, para así obtener de acuerdo a los señalamientos de los expertos y la literatura consultada, los requisitos de uso para cada TUT.
- b) ARD de las subclases de aptitud física. En la conformación del segundo árbol se combinaron los juicios de valor o niveles de severidad del árbol anterior para definir la aptitud física de los TUT.
- c) ARD del rendimiento proporcional (RP). Este se obtuvo por la conjugación de los niveles de severidad del árbol de decisión de los RUT, para definir el nivel del rendimiento de cada TUT.

5.4.6 APTITUD FÍSICA

La evaluación física se elaboró utilizando una adaptación las directivas de la FAO (1976); y fue efectuada mediante la supervisión del ALES. Con el ALES la aptitud física fue definida por dos métodos: limitación máxima, el cual simplemente señala los requisitos más limitantes; y por árboles de decisión.

Los TUT cuya aptitud física se obtuvo a partir del árbol de decisión fueron plantación de aguacate y mango, banco forrajero de *Leucaena*, *Cratylia*, pastos jaragua, brizantha y plantación de pochote. Mientras que los TUT evaluados por el método de limitación máxima fueron el pasto estrella, los pastos con regeneración natural de cedro, el resto de plantaciones de frutales, los bancos forrajeros de caña y king grass, además de las plantaciones forestales.

En 12 unidades de mapeo: 16, 17, 18, 20, 21, 26, 45, 57, 58, 306, 310 y 311, aunque correspondiera evaluar un TUT utilizando el árbol de decisión correspondiente, se utilizó el método de limitación máxima ya que para dichas unidades no se contaba con información de suelo.

5.4.7 EVALUACIÓN ECONÓMICA

Los TUT evaluados económicamente fueron los pastos con y sin árboles, los bancos forrajeros, las plantaciones frutales, tres plantaciones forestales: cocobolo, guanacaste y pochote. Cabe anotar que en el caso de las unidades cartográficas que resultaron con clase de aptitud N2, no son tomadas en cuenta para la evaluación económica por el ALES. Así mismo, las 11 unidades cartográficas que no contaban con información de suelos, tampoco fueron evaluadas económicamente. El proceso de evaluación económica incluyó además de la estimación de los rendimientos, la obtención de los siguientes indicadores económicos: margen bruto, relación beneficio costo, tasa interna de retorno y valor presente neto para cada TUT. Se consideró una tasa de descuento, es decir el valor real del dinero de 6,56 %.

La estimación de los rendimientos se llevó a cabo por el método de rendimiento proporcional (RP), en el cual primero se fijó un rendimiento óptimo, el cual no es sinónimo del rendimiento máximo potencial, sino que es un rendimiento que es factible de alcanzar de acuerdo a las condiciones agroecológicas y al manejo técnico del TUT correspondiente. A partir del rendimiento óptimo, con ayuda de los expertos y la literatura consultada se elaboró el árbol de decisión para estimar los rendimientos proporcionales de cada TUT, conjugando al menos tres RUT, los cuales fueron elegidos de acuerdo a la importancia específica en la producción de cada TUT y a la disponibilidad de

información. En el caso de los TUT pastos con regeneración natural de cedro el rendimiento proporcional de la madera de cedro fue obtenido a partir de un proceso de simulación realizado por Chagoya (2005⁵).

Para poder llevar a cabo la evaluación económica el ALES requiere contar con los datos de precio por unidad de los insumos necesarios para el manejo de cada TUT y sus productos correspondientes, los cuales fueron obtenidos a partir de consultas a productores líderes, revisión de literatura, consulta a casas comerciales de productos agropecuarios, datos del Consejo Nacional de la Producción (2004) y el CENADA (González 2004).

Además, se llevó a cabo un análisis de costos de establecimiento-manejo y precios de los productos de los TUT analizados económicamente, por medio de la realización de gráficos y la descripción de las principales tendencias encontradas en estos.

La evaluación económica se efectuó tomando en consideración un horizonte de planificación de 8 años, período supuestamente necesario para que la mayoría de los TUT frutales estabilice tanto sus costos de producción, como sus rendimientos. Los TUT pastos y bancos forrajeros también se adaptaron a dicho horizonte. Para evaluar económicamente las plantaciones forestales, dado que presentan turnos de aprovechamiento en períodos de por lo menos 20 años, se decidió considerar en los ingresos el valor del volumen estimado de incremento hasta los 8 años, pero considerando en su caso los gastos propios del aprovechamiento.

Por otra parte, el tratar de fijar un precio general a la producción de los TUT pastos y bancos forrajeros resultó complicado ya que en el mercado actual, no se comercializan estos productos como forrajes. Por lo tanto, se calculó el precio en base a los costos de producción, dividiendo el total de los costos entre los 8 años del horizonte de planificación.

Finalmente, se evaluó el impacto del PSA de acuerdo al esquema utilizado por el proyecto GEF-Silvopastoril. Para ello se modeló hipotéticamente el PSA por cambio de uso de la tierra desde usos con menores índices de pago hacia los TUT evaluados económicamente.

⁵ Chagoya Fuentes, JL. 2005. Simulación de rendimiento de madera de cedro. (Comunicación personal). Programa de Doctorado. Turrialba, CR, CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). Comunicación personal.

5.4.7.1 Modelaje y selección de escenarios con PSA

En el cuadro 15, se aprecian los tipos de uso de la tierra a partir de los cuales es posible obtener un PSA, por el cambio de uso de la tierra a pastos naturales y mejorados.

Cuadro 15. Cambios de uso de la tierra por hectárea con PSA, desde diferentes usos hacia pastos naturales o mejorados.

Uso de la tierra anterior o línea base	Índice línea base	Incremento a TUT a pastos naturales y mejorados***	PSA esquema 1* (\$75 USD/ha/año)	PSA esquema 2** (\$110 USD/ha/año)
Cultivos de ciclo corto o pastura degradada	0,00	0,20	15,00	22,00
Cultivos de ciclo corto o pastura degradada	0,00	***0,50	37,50	55,00
Pastura natural sin árboles	0,20	***0,30	22,50	33,00

* Durante 4 años, ** Durante 2 años.

En el cuadro 16, se aprecian los tipos de uso de la tierra a partir de los cuales es posible obtener un PSA, por el cambio de uso de la tierra a pastos naturales con alta densidad de árboles.

Cuadro 16. Cambios de uso de la tierra por hectárea con PSA, desde diferentes usos hacia pastos naturales con alta densidad de árboles.

Uso de la tierra anterior o línea base	Índice línea base	Incremento a TUT pastos naturales con alta densidad de árboles	PSA esquema 1* (\$75 USD/ha/año)	PSA esquema 2** (\$110 USD/ha/año)
Cultivos de ciclo corto o pastura degradada	0,00	1,00	75,00	110,00
Pastura natural sin árboles	0,20	0,80	60,00	88,00
Pastura mejorada sin árboles o cultivo de semiperennes	0,50	0,50	37,50	55,00
Pastura natural con baja densidad de árboles	0,60	0,40	30,00	44,00
Pastura natural enriquecida con baja densidad de árboles	0,60	0,40	30,00	44,00
Pastura mejorada enriquecida con baja densidad de árboles	0,70	0,30	22,50	33,00
Cultivo homogéneo de frutales (monocultivo)	0,70	0,30	22,50	33,00
Banco forrajero de gramíneas	0,80	0,20	15,00	22,00
Pastura mejorada con baja densidad de árboles	0,90	0,10	7,50	11,00
Banco forrajero para corte de leñosas	0,90	0,10	7,50	11,00

* Durante 4 años, ** Durante 2 años.

En el cuadro 17, se aprecian los tipos de uso de la tierra a partir de los cuales es posible obtener un PSA, por el cambio de uso de la tierra a pastos mejorados con alta densidad de árboles.

Cuadro 17. Cambios de uso de la tierra por hectárea con PSA, desde diferentes usos hacia pastos mejorados con alta densidad de árboles.

Uso de la tierra anterior o línea base	Índice línea base	Incremento a TUT pastos mejorados con alta densidad de árboles	PSA esquema 1* (\$75 USD/ha/año)	PSA esquema 2** (\$110 USD/ha/año)
Cultivos de ciclo corto o pastura degradada	0,00	1,30	97,50	143,00
Pastura natural sin árboles	0,00	1,30	97,50	143,00
Pastura mejorada sin árboles o cultivo de semiperennes	0,20	1,10	82,50	121,00
Pastura natural con baja densidad de árboles	0,50	0,80	60,00	88,00
Pastura natural enriquecida con baja densidad de árboles	0,50	0,80	60,00	88,00
Pastura mejorada enriquecida con baja densidad de árboles	0,60	0,70	52,50	77,00
Cultivo homogéneo de frutales (monocultivo)	0,60	0,70	52,50	77,00
Banco forrajero de gramíneas	0,60	0,70	52,50	77,00
Pastura mejorada con baja densidad de árboles	0,70	0,60	45,00	66,00
Banco forrajero para corte de leñosas	0,70	0,60	45,00	66,00
Pastura natural con alta densidad de árboles	0,80	0,50	37,50	55,00
Policultivo de frutales	0,90	0,40	30,00	44,00
Banco forrajero para corte diversificado	1,00	0,30	22,50	33,00
Plantación de maderables en monocultivo	1,10	0,20	15,00	22,00

* Durante 4 años, ** Durante 2 años.

En el cuadro 18, se aprecian los tipos de uso de la tierra a partir de los cuales es posible obtener un PSA, por el cambio de uso de la tierra a bancos forrajeros de gramíneas.

Cuadro 18. Cambios de uso de la tierra por hectárea con PSA, desde diferentes usos hacia bancos forrajeros de gramíneas.

Uso de la tierra anterior o línea base	Índice línea base	Incremento a TUT bancos forrajeros de gramíneas	PSA esquema 1* (\$75 USD/ha/año)	PSA esquema 2** (\$110 USD/ha/año)
Cultivos de ciclo corto o pastura degradada	0,00	0,80	60,00	88,00
Pastura natural sin árboles	0,20	0,60	45,00	66,00
Pastura mejorada sin árboles o cultivo de semiperennes	0,50	0,30	22,50	33,00
Pastura natural con baja densidad de árboles	0,60	0,20	15,00	22,00
Pastura natural enriquecida con baja densidad de árboles	0,60	0,20	15,00	22,00
Pastura mejorada enriquecida con baja densidad de árboles	0,70	0,10	7,50	11,00
Cultivo homogéneo de frutales (monocultivo)	0,80	0,10	7,50	11,00

* Durante 4 años, ** Durante 2 años.

En el cuadro 19, se enlistan los tipos de uso de la tierra, a partir de los cuales es posible obtener un PSA por el cambio de uso de la tierra a bancos forrajeros de leñosas.

Cuadro 19. Cambios de uso de la tierra por hectárea con PSA, desde diferentes usos hacia bancos forrajeros de leñosas.

Uso de la tierra anterior o línea base	Índice línea base	Incremento a TUT bancos forrajeros de leñosas	PSA esquema 1* (\$75 USD/ha/año)	PSA esquema 2** (\$110 USD/ha/año)
Cultivos de ciclo corto o pastura degradada	0.00	0.90	67.50	99.00
Pastura natural sin árboles	0.20	0.70	52.50	77.00
Pastura mejorada sin árboles o cultivo de semiperennes	0.50	0.40	30.00	44.00
Pastura natural con baja densidad de árboles	0.60	0.30	22.50	33.00
Pastura natural enriquecida con baja densidad de árboles	0.60	0.30	22.50	33.00
Pastura mejorada enriquecida con baja densidad de árboles	0.70	0.20	15.00	22.00
Cultivo homogéneo de frutales (monocultivo)	0.70	0.20	15.00	22.00
Banco forrajero de gramíneas	0.80	0.10	7.50	11.00
Pastura mejorada con baja densidad de árboles	0.90	0.00	0,00	0,00

* Durante 4 años, ** Durante 2 años.

En el cuadro 20, se aprecian los tipos de uso de la tierra a partir de los cuales es posible obtener un PSA, por cambio de uso de la tierra a monocultivo de frutales.

Cuadro 20. Cambios de uso de la tierra por hectárea con PSA, desde diferentes usos hacia plantaciones frutales (monocultivo).

Uso de la tierra anterior o línea base	Índice línea base	Incremento a TUT frutales	PSA esquema 1* (\$75 USD/ha/año)	PSA esquema 2** (\$110 USD/ha/año)
Cultivos de ciclo corto o pastura degradada	0,00	0,70	52,50	77,00
Pastura natural sin árboles	0,20	0,50	37,50	55,00
Pastura mejorada sin árboles o cultivo de semiperennes	0,50	0,20	15,00	22,00
Pastura natural con baja densidad de árboles	0,60	0,10	7,50	11,00
Pastura natural enriquecida con baja densidad de árboles	0,60	0,10	7,50	11,00

* Durante 4 años, ** Durante 2 años.

En el cuadro 21, se enlistan los tipos de uso de la tierra a partir de los cuales es posible obtener un PSA, por el cambio de uso de la tierra a plantaciones forestales (monocultivo).

Cuadro 21. Cambios de uso de la tierra por hectárea con PSA, desde diferentes usos hacia plantaciones forestales (monocultivo).

Uso de la tierra anterior o línea base	Índice línea base	Incremento a TUT forestales	PSA esquema 1* (\$75 USD/ha/año)	PSA esquema 2** (\$110 USD/ha/año)
Cultivos de ciclo corto o pastura degradada	0.00	1.20	90.00	132.00
Pastura natural sin árboles	0.20	1.00	75.00	110.00
Pastura mejorada sin árboles o cultivo de semiperennes	0.50	0.70	52.50	77.00
Pastura natural con baja densidad de árboles	0.60	0.60	45.00	66.00
Pastura natural enriquecida con baja densidad de árboles	0.60	0.60	45.00	66.00
Pastura mejorada enriquecida con baja densidad de árboles	0.70	0.50	37.50	55.00
Cultivo homogéneo de frutales (monocultivo)	0.70	0.50	37.50	55.00
Banco forrajero de gramíneas	0.80	0.40	30.00	44.00
Pastura mejorada con baja densidad de árboles	0.90	0.30	22.50	33.00
Banco forrajero para corte de leñosas	0.90	0.30	22.50	33.00
Pastura natural con alta densidad de árboles	1.00	0.20	15.00	22.00
Policultivo de frutales	1.10	0.10	7.50	11.00

* Durante 4 años, ** Durante 2 años.

Los mayores ingresos por PSA1 y PSA2 modelados por cada cambio de uso de la tierra fueron usados para comparar el impacto del PSA sobre los indicadores económicos de todos los TUT analizados económicamente.

6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 UNIDADES DE MAPEO U CARTOGRÁFICAS

De la sobreposición de los mapas base, se obtuvieron un total de 311 unidades de mapeo homogéneas (337,98 km²), las cuales son identificadas a partir de un número consecutivo. La ubicación de las mismas se muestra a continuación (Mapa 5).

De las 311 UT obtenidas, un total de 299 (326,05 km²) unidades de mapeo contaron con el total de la información requerida para la evaluación, mientras que 12 UT (11,70 km²) carecieron de la información de suelos necesaria para evaluar la tierra, ya fuera por el método de árboles de decisión o por el método de limitación máxima. Por lo anterior la información obtenida para poder evaluar las UT: 16, 17, 18, 20, 21, 26, 45, 57, 58, 306, 310 y 311, no fue suficiente para elaborar los modelos de evaluación de la aptitud física y carecen de evaluación económica.

6.2 MODELOS DE EVALUACIÓN DE LA APTITUD FÍSICA

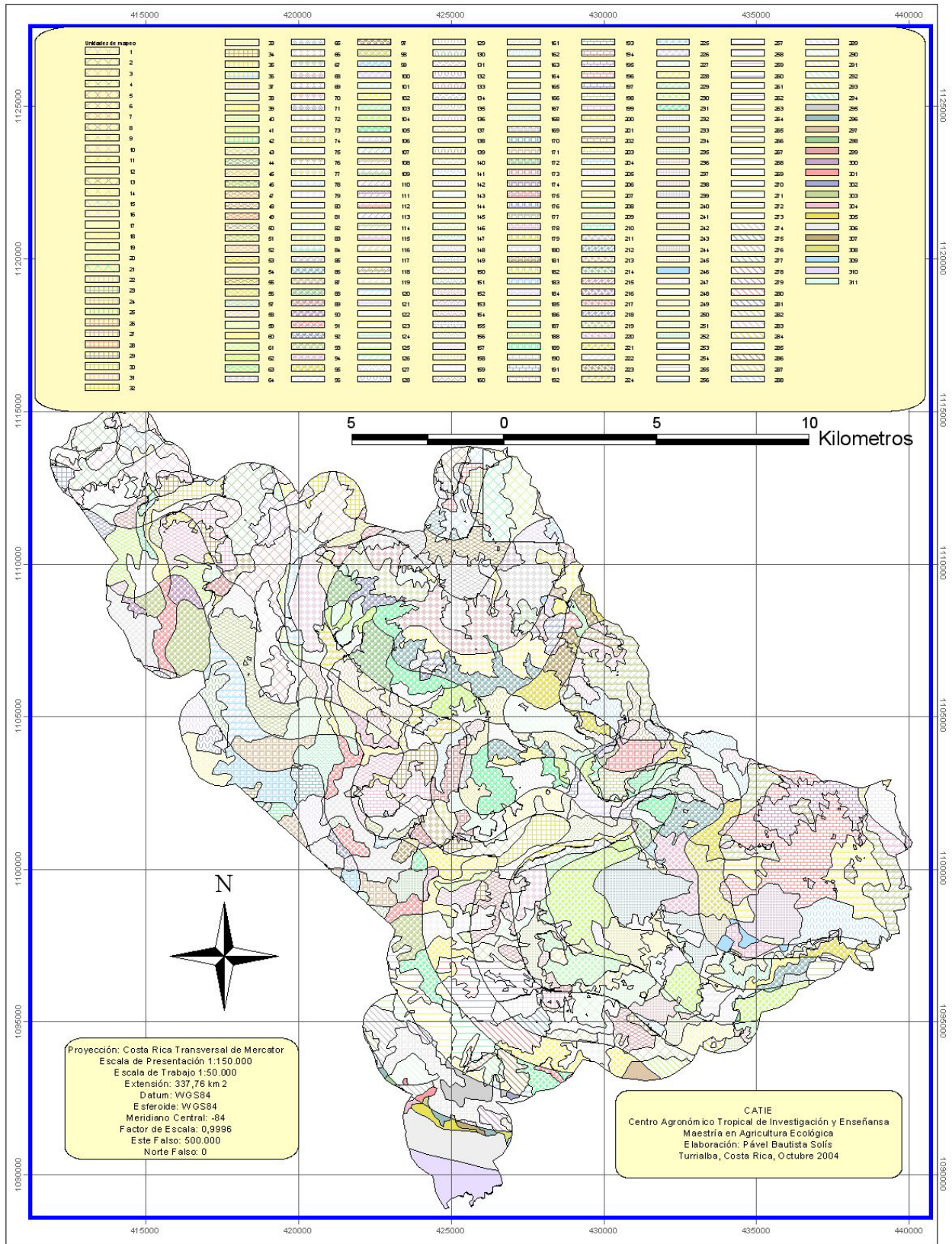
En general, el proceso de evaluación de tierras ha dado como resultado información importante para obtener recomendaciones para la planificación regional. Al terminar la validación de los mapas obtenidos, se pueden obtener recomendaciones generales sobre que TUT en un momento dado puede desarrollarse mejor en un área geográfica determinada.

6.2.1 ÁRBOLES DE DECISIÓN

Del total de las TUT evaluados (n=26, 100 %), la aptitud física de siete TUT (31,81 %): plantaciones de aguacate, mango; bancos forrajeros de *Cratylia*, *Leucaena*; pastos jaragua, brizantha y la plantación forestal de pochote, fue obtenida elaborando para cada uno de ellos un árbol de decisión. De acuerdo a los parámetros señalados por expertos y/o a literatura consultada los árboles de decisión incluyeron los siguientes parámetros (Cuadro 22).

Cuadro 22. Estructura de los árboles de decisión para evaluar aptitud física.

		Tipos de uso de la tierra						
Requisitos de uso de la tierra empleados		Aguacate	Mango	<i>Leucaena</i>	<i>Cratylia</i>	Jaragua	Brizantha	Pochote
		Far	Alt	Rer	Rer	Rer	Rer	Far
		Rer	Far	Alt	Alt	Alt	Alt	Alt
		Alt	Rer	Dnu	Dnu	Dag	Dnu	Dnu



Mapa 5. Unidades de mapeo del área de estudio.

Las características de la tierra que los expertos determinaron como necesarias en la mayor parte de los árboles de decisión son la altitud (Alt) y el riesgo de erosión (Rer). Además, los expertos consideraron necesario incluir la CAT factibilidad de árboles (Far) para los TUT aguacate, mango, pochote; y no la incluyeron para los TUT *Cratylia* y *Leucaena* por ser arbustos. El resto de las CAT empleadas para construir los árboles de decisión fueron la disponibilidad de nutrimentos (Dnu) y la disponibilidad de agua (Dag).

6.2.2 LIMITACIÓN MÁXIMA

La aptitud física de los 19 TUT restantes (5.681 observaciones) fue evaluada por el método de limitación máxima. Analizando los resultados de dicha evaluación, se encontró que resultaron más limitantes las CAT: factibilidad de árboles (FAR) con un total de 3.357 observaciones con alguna limitante (OAL), el riesgo de erosión (Rer) con un total de 2.025 OAL, la disponibilidad de agua (Dag) con 717 OAL, la disponibilidad de nutrimentos (Dnu) con 603 OAL, la altitud (Alt) con 288 OAL y la temperatura (Tmp) con 71 OAL.

6.3 APTITUD FÍSICA

Del total de las 23 especies propuestas para la evaluación gracias a la literatura consultada y a la contribución de expertos se logró evaluar la aptitud física de 22. La excepción fue el nance (*Byrsonima crassifolia* L.), el cual no fue evaluado debido a no haber podido encontrar expertos en el cultivo, ni la información bibliográfica suficiente para establecer los parámetros necesarios para la evaluación.

Cabe hacer hincapié en que los resultados de la evaluación de los TUT consideraron características específicas de manejo agronómico y comportamiento de las especies vegetales bajo un arreglo espacial determinado (ANEXO 2). Por lo tanto si en los resultados se observan áreas no aptas para el desarrollo de cierto TUT, no significa que bajo otras circunstancias las especies vegetales evaluadas no puedan desarrollarse en dicha área.

6.4 EVALUACIÓN ECONÓMICA

6.4.1 ANÁLISIS DE COSTOS

Los costos totales de establecimiento y manejo de los TUT pasto natural y mejorados durante el período de evaluación (8 años), fueron estimados en \$663,47 USD para jaragua, \$297,81 USD para brizantha y \$301,58 USD para estrella. El comportamiento de los costos a lo largo del período de evaluación se aprecia en la siguiente gráfica (Figura 3).

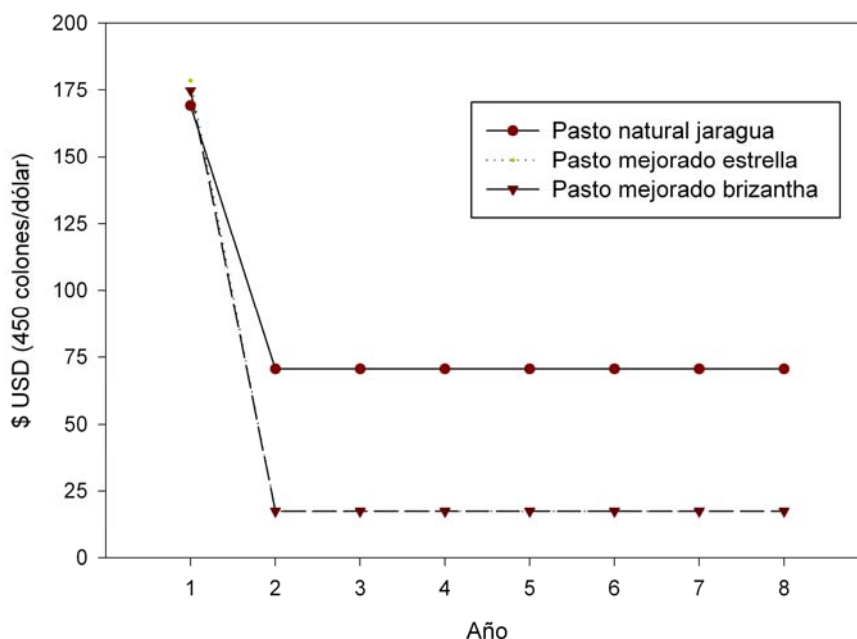


Figura 3. Comportamiento de los costos de establecimiento y manejo por hectárea de los TUT pastos naturales y mejorados.

La tendencia en los costos de establecimiento y manejo de los TUT pastos naturales y mejorados, refleja en parte los beneficios (económico-técnicos) de los pastos mejorados, dado que gracias a su agresividad cubren mejor el terreno y se reduce el número de chapias (químicas o manuales). En contraparte, el establecimiento de los TUT pastos mejorados brizantha y estrella es más caro que el de jaragua en un 3,36 % y 5,59 % respectivamente, debido al precio elevado del material vegetativo que sirve como semilla en el caso de estrella y al de la semilla de brizantha.

Los costos totales de establecimiento y manejo de los TUT pastos con regeneración natural de cedro a lo largo del período de evaluación fueron estimados en \$599,44 USD para el TUT pasto jaragua con regeneración natural de cedro en baja densidad, \$615,49 USD para el TUT pasto jaragua con regeneración natural de cedro en alta densidad \$516,23 USD para el TUT pasto brizantha con regeneración natural de cedro en baja densidad y \$572,24 para el TUT pasto brizantha con regeneración natural de cedro en alta densidad.

La variación de los costos a través del período de evaluación se muestra a continuación (Figura 4). Los costos de manejo de Brizantha siguen resultando menos costosos que los de jaragua, no obstante el

rango se reduce por la mano de obra necesaria para el cuidado de los árboles, además de que el control de malezas no es realizado químicamente.

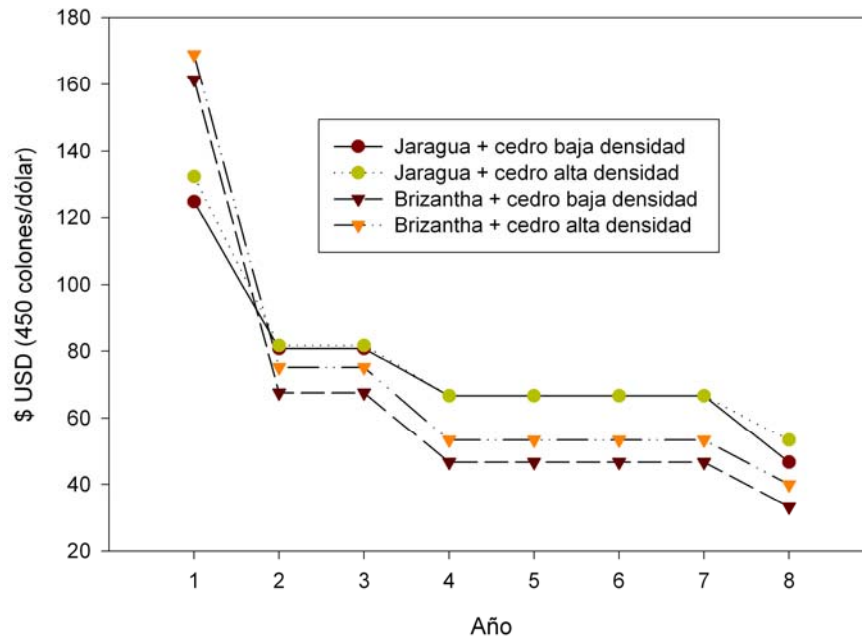


Figura 4. Comportamiento de los costos de establecimiento y manejo por hectárea de los TUT pastos con regeneración natural de cedro en baja y alta densidad.

Los costos de totales de establecimiento y manejo de los TUT bancos forrajeros a lo largo del horizonte de evaluación se estimaron en \$2.076,40 USD para el banco forrajero de *Cratylia argentea*, \$1.796,50 USD para el banco forrajero de *Leucaena leucocephala*, \$3.171,43 USD para el banco forrajero de caña y \$3.413,45 USD para el banco forrajero de King grass. La distribución de los costos puede observarse en la siguiente gráfica (Figura 5).

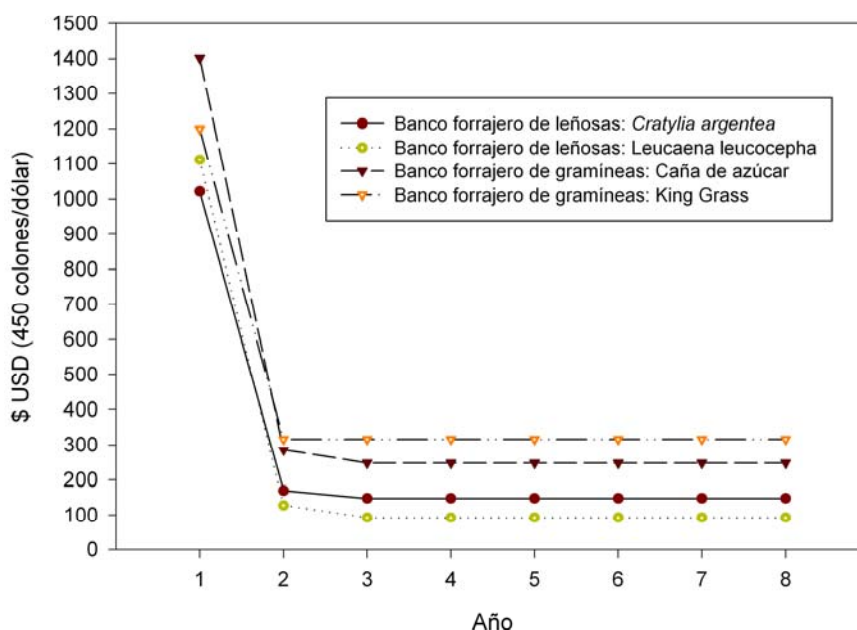


Figura 5. Comportamiento de los costos de establecimiento y manejo por hectárea de los TUT bancos forrajeros de gramíneas y leñosas.

Se decidió incluir entre los costos del primer año la compra de una picadora mecánica (\$444,44 USD), que significó un 14,01 % del total de los costos de establecimiento y manejo durante 8 años del banco de caña, 21,40 % de los costos del banco de cratylia, 13,02 % de los costos del banco de king grass y 24,73 % de los costos del banco forrajero de leucaena.

Como se aprecia los costos de manejo de los TUT bancos forrajeros son estables a lo largo del horizonte de planificación, probablemente por que al contrario de los TUT frutales al segundo año ya pueden expresar todo su potencial productivo. Además se observa una tendencia de los bancos forrajeros de gramíneas a ser más caros que los bancos forrajeros de leñosas.

Lo anterior obedece en parte al manejo de los TUT bancos forrajeros de leñosas. Donde la incorporación al suelo de al menos 2 cortes/año, en el período de lluvias y/o de mayor abundancia de pastos, permite prescindir de la fertilización química y depender menos de la compra de insumos externos. Los costos dependientes del nivel de producción para los TUT bancos forrajeros son los siguientes (Cuadro 23):

Cuadro 23. Costos dependientes de la producción para los TUT bancos forrajeros.

TUT	Concepto	Jornales/ton	Precio (USD)
Caña	Cosecha-picado	0,40	6,66
<i>Cratylia</i>	Cosecha-picado	0,50	6,66
King grass	Cosecha-picado	0,44	6,66
<i>Leucaena</i>	Cosecha-picado	0,50	6,66

Los costos totales promedio de establecimiento y manejo de los TUT plantaciones de frutales en un horizonte de 8 años; tomando en consideración los costos dependientes de la producción, fueron estimados en \$12.961,67 USD para el caso de la plantación de aguacate, \$6.715,78 USD para la plantación de guayaba, \$6.621,08 USD para la plantación de limón mesina, \$4.003,67 USD para la plantación de mango, \$2.848,26 USD para la plantación de marañón y \$8.403,17 USD para la plantación de naranja. Es importante señalar que los costos dependientes del nivel de producción fueron estimados en las siguientes cantidades (Cuadro 24).

Cuadro 24. Costos dependientes de la producción para los TUT frutales.

TUT	Concepto	Unidades/ton	Precio (USD)
Aguacate	Mano de obra para cosecha	3,03	6,66
Guayaba	Mano de obra para clasificación	2,50	6,66
Guayaba	Mano de obra para cosecha	4,50	6,66
Limón mesina	Mano de obra para cosecha	5,74	6,66
Limón mesina	Transporte	1,00	22,22
Mango	Mano de obra para clasificación	1,59	6,66
Mango	Mano de obra para cosecha	3,03	6,66
Marañón	Canastos para cosecha	2,18	1,00
Marañón	Mano de obra para clasificación	2,02	6,66
Marañón	Mano de obra para cosecha	5,74	6,66
Naranja	Mano de obra para cosecha	1,51	6,66
Naranja	Transporte	1,00	22,22

El comportamiento de los costos de establecimiento y manejo de los TUT plantaciones de frutales a lo largo del horizonte de evaluación se puede apreciar en la siguiente gráfica (Figura 6).

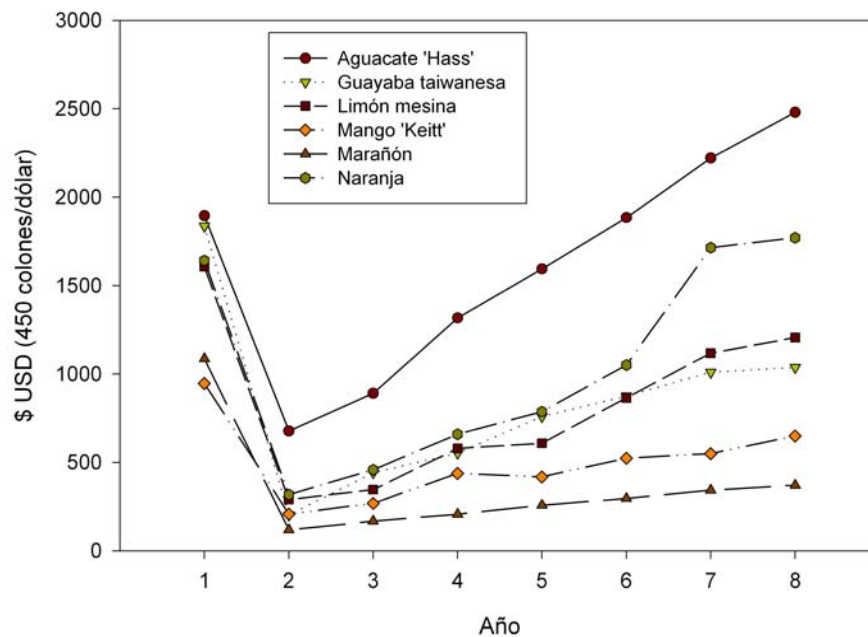


Figura 6. Comportamiento de los costos totales para el establecimiento y manejo de una hectárea de los TUT plantaciones frutales.

La tendencia que se observa se puede explicar debido a la alta cantidad de mano de obra requerida durante el año de establecimiento, posteriormente durante el período juvenil de los frutales la necesidad de mano de obra es baja. Por último cuando a medida que la producción se va incrementando, los costos se elevan producto de la mano de obra necesaria para la fertilización cosecha, clasificación y/o transporte de la fruta.

Los costos de establecimiento y manejo de la plantación forestal de pochote considerando un turno final de aprovechamiento de 24 años sumaron \$3.384,57 USD para producto final madera en pie. Mientras que para la venta de madera entregada en depósito alcanzaron los \$23.985,50 USD, considerando que por cada metro cúbico de madera puesta en el depósito se tienen que pagar 80,38 dólares por gastos de la volteo, transporte y aserrío.

Por otra parte, los costos de establecimiento y mantenimiento a los 8 años de establecida la plantación (rendimiento potencial parcial) para venta de madera en pie resultaron en \$2.847,32 USD para cocobolo, \$2.712,90 USD para guanacaste y \$2.712,96 USD para pochote. En tanto, los costos de establecimiento y mantenimiento a los 8 años de establecimiento (rendimiento potencial parcial) para

venta de madera aserrada se calcularon en \$6.499,06 USD para cocobolo, \$6.191,11 USD para guanacaste y \$7.820,26 para pochote.

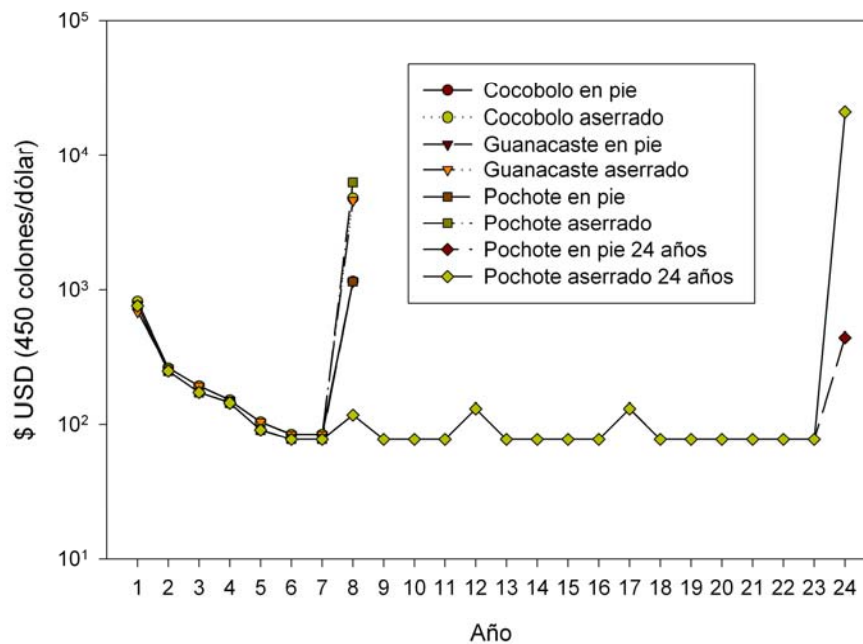


Figura 7. Comportamiento de los costos totales de establecimiento y manejo de los TUT plantaciones forestales.

Como se aprecia en la figura 7, las tendencias de los costos a lo largo de los horizontes de planificación para las 3 especies evaluadas, son muy similares. Encontrándose solo pequeñas diferencias producto de casos especiales en el manejo que requiere cada especie, por ejemplo en el caso de cocobolo, se consideró un incremento en la mano de obra para realizar podas ya que dicha especie tiende a ramificar excesivamente (OFI y CATIE 2003). De acuerdo a los mismos autores, para guanacaste se consideró también un incremento en la cantidad de mano de obra para chapias, dado que el estado juvenil de dicha especie suele ser menos competitiva.

6.4.2 ANÁLISIS DE PRECIOS

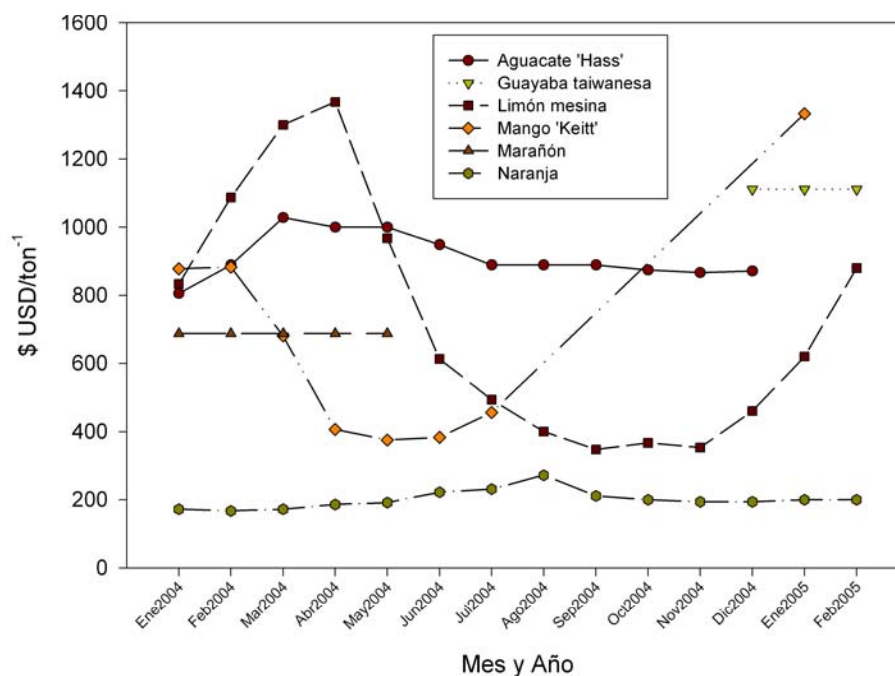
Los precios de los productos de los TUT pastos y bancos forrajeros, fueron obtenidos a partir de la división de los costos totales de establecimiento y manejo entre el rendimiento normalizado (ha) durante el horizonte de planificación (8 años). En los TUT pastos brizantha más la regeneración natural de cedro, resalta el incremento del costo de producción de los pastos con respecto a brizantha sin árboles, producto del manejo y la interacción de los mismos (Cuadro 25).

Cuadro 25. Precios de los productos de los TUT pastos naturales, mejorados con y sin regeneración natural de cedro y bancos forrajeros.

Producto	Precio/ton (Colones)	Precio/ton (\$ USD*)
Forraje de caña	6.151,50	13,67
Forraje de <i>Cratylia argentea</i>	7.929,00	17,62
Forraje de King grass	4.486,50	9,97
Forraje de <i>Leucaena leucocephala</i>	9.157,50	20,35
Pasto brizantha	1.395,00	3,10
Pasto brizantha + regeneración natural de cedro en baja densidad	2.844,00	6,32
Pasto brizantha + regeneración natural de cedro en alta densidad	3.829,50	8,51
Pasto estrella	1.543,50	3,43
Pasto jaragua	3.730,50	8,29
Pasto jaragua + regeneración natural de cedro en baja densidad	4.496,02	9,99
Pasto jaragua + regeneración natural de cedro en alta densidad	6.924,57	15,39

Tasa de cambio 450 colones/dólar

La estacionalidad de los precios de los frutales a lo largo del año se aprecia en la figura 8. La naranja posee un precio prácticamente muy estable durante todo el año, mientras que en el limón mesina la variación durante el año es más notable.



Elaborado a partir de datos del CNP 2004.

Figura 8. Estacionalidad de precios de los productos TUT plantación de frutales.

Al respecto de los precios de los TUT frutales cabe resaltar, que existen frutales como aguacate, limón persa y la naranja, con buena información respecto a los precios de estos productos; y en contraparte frutales como el marañón y la guayaba taiwanesa su volumen de comercialización es tan bajo que resultó más difícil el conseguir los precios correspondientes de estos productos. De esta manera, en la evaluación para el TUT frutales fueron considerados como precios las medias del rango de precios otorgados por el Consejo Nacional de la Producción (2004) (Cuadro 26).

Cuadro 26. Precios de los productos de los TUT frutales empleados en la evaluación económica.

Producto	Precio/kg Colones	Precio/kg (\$ USD)	Precio/ton Colones	Precio/ton (\$ USD)
Aguacate 'Hass'	410,58	0,91	410.580,00	912,40
Guayaba Taiwanesa	500,00	1,11	499.999,50	1.111,11
Limón Mesina	324,23	0,72	324.225,00	720,50
Mango 'Keitt'	303,47	0,67	303.471,00	674,38
Marañón	309,38	0,69	309.375,00	687,50
Naranja 'Valencia'	90,45	0,20	90.445,50	200,99

Elaborado con datos del CNP 2004. Tasa de cambio 450 colones/dólar

Los precios de los productos de los TUT con componente forestal plantaciones de cocobolo, guanacaste y pochote; y pastos más regeneración natural de cedro, fueron obtenidos a partir de revisiones de literatura, consultas a aserraderos se muestran a continuación. La madera más cara es la del pochote, seguida por la madera del cocobolo, cedro y finalmente la madera del guanacaste es la más barata (Cuadro 27).

Cuadro 27. Precios de los productos TUT plantaciones forestales evaluados económicamente.

Especie	Producto	Precio (colones/m ³)	Precio (\$USD/m ³)
Cedro	Madera en pie	32.598,00	72,44
Cocobolo	Madera en pie	32.850,00	73,00
	Madera aserrada	237.249,00	527,22
Guanacaste	Madera en pie	29.200,50	64,89
	Madera aserrada	109.498,50	243,33
Pochote	Madera en pie	36.499,50	81,11
	Madera aserrada	292.000,50	648,89

6.4.3 INDICADORES ECONÓMICOS

6.4.3.1 Jaragua

Un total de 160 (51,44 %) unidades de mapeo fueron evaluadas económicamente para el TUT pasto natural jaragua. Los rendimientos proporcionales y totales de las UT evaluadas se presentan a continuación (Cuadro 28).

Cuadro 28. Rendimiento proporcional (RP) y total para el TUT pasto natural jaragua.

Unidad de mapeo (UT)	RP	Rendimiento total normalizado (tonMS/ha/año) ⁻¹								Rendimiento normalizado acumulado (tonMS/ha/8años) ⁻¹	
		1	2	3	4	5	6	7	8		
23, 25, 33, 35, 36, 41, 42, 60, 62, 63, 71, 73, 78, 82, 83, 91, 122, 124, 125, 130, 131, 133, 134, 135, 142, 145, 156, 165, 171, 176, 183, 187, 191, 197, 202, 210, 211, 213, 217, 218, 222, 227, 229, 234, 236, 238, 239, 240, 253, 257, 262, 264, 266, 282, 283, 309	1,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	80,00
29, 47, 48, 50, 75, 90, 93, 98, 128, 146, 168, 185, 199, 207, 212, 250, 263, 303, 305, 307	0,98	9,80	9,80	9,80	9,80	9,80	9,80	9,80	9,80	9,80	78,40
10, 11, 19, 22, 24, 30, 31, 34, 38, 39, 40, 46, 49, 52, 56, 76, 77, 79, 85, 89, 94, 96, 129, 132, 137, 139, 162, 175, 198, 215, 223, 230, 233, 235, 241, 247, 248, 251, 252, 254, 258-260, 265, 268, 270-272, 276, 277, 284, 285, 291, 292, 293, 295, 297, 300	0,95	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	76,00
298, 301, 304	0,90	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	72,00
2, 12, 51, 116, 120, 273, 278, 279, 281, 286, 287, 289, 290, 294, 296, 299, 302, 308	0,85	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	68,00
117, 147, 274, 288	0,75	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	60,00

De las 160 UT analizadas económicamente, 56 UT resultaron con un rendimiento proporcional (RP) del 100 %, 20 UT con un RP del 98 %, 59 UT con un RP del 95 %, 3 UT con un RP del 90 %, 18 UT con un RP del 85 % y 4 UT con un RP del 75 %.

Los indicadores económicos se muestran a continuación. Los escenarios con PSA fueron elaborados considerando el mayor ingreso por cambio de uso de la tierra PSA1: \$15,00 USD, PSA2: \$22,00 USD (Cuadro 29).

Cuadro 29. Indicadores económicos para el TUT pasto natural jaragua, considerando el pago por servicios ambientales por cambio desde uso de la tierra de cultivos de ciclo corto o pastura degradada.

Caso	Unidades de mapeo	Esquema	VPN* normalizado (\$USD/ha) ⁻¹	RBC	MB normalizado (\$USD/ha) ⁻¹	TIR
1	23, 25, 33, 35, 36, 41, 42, 60, 62, 63, 71, 73, 78, 82, 83, 91, 122, 124, 125, 130, 131, 133, 134, 135, 142, 145, 156, 165, 171, 176, 183, 187, 191, 197, 202, 210, 211, 213, 217, 218, 222, 227, 229, 234, 236, 238, 239, 240, 253, 257, 262, 264, 266, 282, 283, 309	Sin PSA	-51,89	0,91	0,00	0,00
		PSA 1	-0,59	1,00	7,50	6,56
		PSA 2	-11,88	0,98	5,50	4,92
2	29, 47, 48, 50, 75, 90, 93, 98, 128, 146, 168, 185, 199, 207, 212, 250, 263, 303, 305, 307	Sin PSA	-61,95	0,89	-1,65	-1,29
		PSA 1	-10,65	0,98	5,84	5,08
		PSA 2	-21,94	0,96	3,84	3,41
3	10, 11, 19, 22, 24, 30, 31, 34, 38, 39, 40, 46, 49, 52, 56, 76, 77, 79, 85, 89, 94, 96, 129, 132, 137, 139, 162, 175, 198, 215, 223, 230, 233, 235, 241, 247, 248, 251, 252, 254, 258-260, 265, 268, 270-272, 276, 277, 284, 285, 291, 292, 293, 295, 297, 300	Sin PSA	-77,06	0,86	-4,14	-3,31
		PSA 1	-25,76	0,95	3,35	3,00
		PSA 2	-37,05	0,93	1,35	1,23
4	298, 301, 304	Sin PSA	-102,25	0,82	-8,29	-6,84
		PSA 1	-50,95	0,91	-0,79	-0,76
		PSA 2	-62,24	0,89	-2,79	-2,64
5	2, 12, 51, 116, 120, 273, 278, 279, 281, 286, 287, 289, 290, 294, 296, 299, 302, 308	Sin PSA	-127,44	0,77	-12,43	-10,44
		PSA 1	-76,14	0,86	-4,93	-4,54
		PSA 2	-87,43	0,84	-6,93	-6,53
6	117, 147, 274, 288	Sin PSA	-177,83	0,68	-20,73	-18,27
		PSA 1	-126,53	0,77	-13,23	-13,04
		PSA 2	-137,82	0,75	-15,23	-15,22

*Horizonte de planificación 8 años, tasa de descuento 6,56 %

6.4.3.2 Brizantha

Un total de 219 (70,41 %) unidades de mapeo fueron evaluadas económicamente para el TUT pasto mejorado brizantha. Los rendimientos proporcionales y totales de las UT evaluadas se presentan a continuación (Cuadro 30).

De las 219 UT analizadas económicamente, 93 UT resultaron con un RP del 100 %, 48 UT resultaron con un RP del 95 %, 25 UT resultaron con un RP del 90 %, 41 UT resultaron con un RP del 85 %, 10 UT resultaron con un RP del 80 %, 1 UT con un RP del 75 % y 1 UT con un RP del 70 %.

Cuadro 30. Rendimiento proporcional (RP) y total para el TUT pasto mejorado brizantha.

Unidad de mapeo (UT)	RP	Rendimiento total normalizado (tonMS/ha/año) ⁻¹								Rendimiento normalizado acumulado (tonMS/ha/8 años) ⁻¹	
		1	2	3	4	5	6	7	8		
23, 25, 29, 33, 35, 36, 41, 42, 47, 48, 60, 62, 63, 71, 73, 75, 78, 82, 83, 90, 91, 93, 99, 100, 101, 102, 119, 122, 124, 125, 130, 131, 133, 134, 135, 142, 145, 146, 152, 156, 158, 159, 165, 168, 171, 176, 181, 182, 183, 185, 187, 191, 197, 198, 202, 205, 206, 209, 210, 211, 212, 213, 217, 218, 222, 227, 229, 230, 233, 234, 236, 238, 239, 240, 241, 247, 248, 251, 252, 253, 254, 257, 261, 262, 264, 266, 269, 282, 283, 303, 305, 307, 309	1,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	96,00
10, 11, 19, 38, 40, 50, 65, 76, 77, 84, 88, 89, 94, 98, 109, 121, 126, 128, 129, 137, 139, 154, 160, 161, 166, 170, 175, 188, 199, 207, 214, 215, 219, 220, 225, 235, 242, 243, 244, 245, 249, 250, 259, 265, 290, 298, 299, 302	0,95	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40	91,20
107, 108, 111, 123, 155, 163, 172, 174, 184, 208, 224, 237, 246, 256, 263, 273, 275, 278, 280, 286, 287, 289, 294, 301, 304	0,90	10,80	10,80	10,80	10,80	10,80	10,80	10,80	10,80	10,80	86,40
22, 24, 30, 31, 34, 39, 46, 49, 52, 56, 74, 79, 80, 85, 96, 132, 157, 162, 169, 189, 193, 204, 223, 258, 260, 268, 270, 271, 272, 276, 277, 279, 284, 285, 291, 292, 293, 295, 297, 300, 308	0,85	10,20	10,20	10,20	10,20	10,20	10,20	10,20	10,20	10,20	81,60
103, 118, 164, 167, 177, 178, 179, 194, 196, 281	0,80	9,60	9,60	9,60	9,60	9,60	9,60	9,60	9,60	9,60	76,80
2	0,75	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	72,00
148	0,70	8,40	8,40	8,40	8,40	8,40	8,40	8,40	8,40	8,40	67,20

A continuación se presentan los indicadores económicos estimados para el TUT pasto mejorado brizantha considerando el mayor ingreso por cambio de uso de la tierra para ambos esquemas PSA1: \$37,50 USD, PSA2: \$55,00 USD (Cuadro 31).

Cuadro 31. Indicadores económicos para el TUT pasto mejorado brizantha, considerando el pago por servicios ambientales por cambio desde uso de la tierra de cultivos de ciclo corto o pastura degradada.

Caso	Unidades de mapeo	Esquema	VPN* normalizado (\$USD/ha) ⁻¹	RBC	MB normalizado (\$USD/ha) ⁻¹	TIR
1	23, 25, 29, 33, 35, 36, 41, 42, 47, 48, 60, 62, 63, 71, 73, 75, 78, 82, 83, 90, 91, 93, 99, 100, 101, 102, 119, 122, 124, 125, 130, 131, 133, 134, 135, 142, 145, 146, 152, 156, 158, 159, 165, 168, 171, 176, 181, 182, 183, 185, 187, 191, 197, 198, 202, 205, 206, 209, 210, 211, 212, 213, 217, 218, 222, 227, 229, 230, 233, 234, 236, 238, 239, 240, 241, 247, 248, 251, 252, 253, 254, 257, 261, 262, 264, 266, 269, 282, 283, 303, 305, 307, 309	Sin PSA	-44,90	0,83	0,00	0,00
		PSA 1	83,38	1,31	18,74	20,31
		PSA 2	55,14	1,20	13,74	17,10
2	10, 11, 19, 38, 40, 50, 65, 76, 77, 84, 88, 89, 94, 98, 109, 121, 126, 128, 129, 137, 139, 154, 160, 161, 166, 170, 175, 188, 199, 207, 214, 215, 219, 220, 225, 235, 242, 243, 244, 245, 249, 250, 259, 265, 290, 298, 299, 302	Sin PSA	-56,21	0,79	-1,86	-1,77
		PSA 1	72,07	1,27	16,88	18,59
		PSA 2	43,83	1,16	11,88	14,99
3	107, 108, 111, 123, 155, 163, 172, 174, 184, 208, 224, 237, 246, 256, 263, 273, 275, 278, 280, 286, 287, 289, 294, 301, 304	Sin PSA	-67,51	0,75	-3,72	-3,63
		PSA 1	60,77	1,22	15,02	16,89
		PSA 2	32,53	1,12	10,02	12,98
4	22, 24, 30, 31, 34, 39, 46, 49, 52, 56, 74, 79, 80, 85, 96, 132, 157, 162, 169, 189, 193, 204, 223, 258, 260, 268, 270, 271, 272, 276, 277, 279, 284, 285, 291, 292, 293, 295, 297, 300, 308	Sin PSA	-78,82	0,71	-5,58	-5,58
		PSA 1	49,46	1,18	13,16	15,04
		PSA 2	21,22	1,08	8,16	10,69
5	103, 118, 164, 167, 177, 178, 179, 194, 196, 281	Sin PSA	-90,13	0,67	-7,44	-7,62
		PSA 1	38,15	1,14	11,30	13,24
		PSA 2	9,91	1,04	6,30	8,57
6	2	Sin PSA	-101,44	0,63	-9,30	-9,74
		PSA 1	26,84	1,10	9,44	11,43
		PSA 2	-1,40	0,99	4,44	6,22
7	148	Sin PSA	-112,74	0,58	-11,16	-11,98
		PSA 1	15,54	1,06	7,58	9,36
		PSA 2	-12,70	0,95	2,58	3,82

*Horizonte de planificación 8 años, tasa de descuento 6,56 %.

6.4.3.3 Estrella

Un total de 232 (74,59 %) unidades de mapeo fueron evaluadas económicamente para el TUT pasto mejorado estrella. Los rendimientos proporcionales y totales de las UT evaluadas se presentan a continuación (Cuadro 32).

De las 232 UT analizadas económicamente, 106 UT resultaron con un RP del 100 %, 110 UT con un RP del 95 %, 11 UT con un RP del 90 % y 5 UT con un RP del 0,85 %. Los indicadores económicos estimados para el TUT pasto mejorado estrella considerando el mayor ingreso por cambio de uso de la tierra PSA1: \$37,50 USD, PSA2: \$55,00 USD son (Cuadro 33):

Cuadro 32. Rendimiento proporcional (RP) y total para el TUT pasto mejorado estrella.

Unidad de mapeo (UT)	RP	Rendimiento total normalizado (tonMS/ha/año) ⁻¹								Rendimiento normalizado acumulado (tonMS/ha/8 años) ⁻¹
		1	2	3	4	5	6	7	8	
23, 25, 29, 33, 35, 36, 41, 42, 47, 48, 60, 62, 63, 71, 73, 75, 78, 82, 83, 90, 91, 93, 99-102, 119, 122, 124, 125, 128, 130, 131, 133-135, 139, 142, 145, 146, 152, 154, 156, 158-161, 165, 166, 168, 170, 171, 175, 176, 181-183, 185, 187, 191, 197, 198, 202, 205, 206, 209-213, 217, 218, 222, 227, 229,230, 233, 234, 236, 238-241, 244, 247, 248, 251-254, 256, 257, 261-264, 266, 269, 282, 283, 301, 303, 304, 305, 307, 309	1.00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	88,00
10, 11, 19, 24, 30, 31, 34, 38-40, 46, 49, 50, 52, 56, 65, 74, 76, 77, 79, 80, 84, 85, 88, 89, 94, 96, 98, 103, 107, 108, 109, 111, 118, 121, 123, 126, 129, 132, 137, 155, 157, 162, 163, 164, 167, 169, 172, 174, 177-179, 184, 188, 189, 193, 194, 196, 199, 204, 207, 208, 214, 215, 219, 220, 223-225, 235, 237, 242, 243, 245, 246, 249, 250, 258-260, 265, 268, 270, 271-273, 275-281, 284-287, 289-295, 297-300, 302, 308	0.95	10,45	10,45	10,45	10,45	10,45	10,45	10,45	10,45	83,60
2, 12, 22, 51, 116, 117, 120, 147, 148, 153, 296	0.90	9,90	9,90	9,90	9,90	9,90	9,90	9,90	9,90	79,20
106, 149, 150, 274, 288	0.85	9,35	9,35	9,35	9,35	9,35	9,35	9,35	9,35	74,80

Cuadro 33. Indicadores económicos para el TUT pasto mejorado estrella, considerando el pago por servicios ambientales por cambio desde uso de la tierra de cultivos de ciclo corto o pastura degradada.

Caso	Unidades de mapeo	Esquema	VPN* normalizado (\$USD/ha) ⁻¹	RBC	MB normalizado (\$USD/ha) ⁻¹	TIR
1	23, 25, 29, 33, 35, 36, 41, 42, 47, 48, 60, 62, 63, 71, 73, 75, 78, 82, 83, 90, 91, 93, 99-102, 119, 122, 124, 125, 128, 130, 131, 133-135, 139, 142, 145, 146, 152, 154, 156, 158-161, 165, 166, 168, 170, 171, 175, 176, 181-183, 185, 187, 191, 197, 198, 202, 205, 206, 209-213, 217, 218, 222, 227, 229,230, 233, 234, 236, 238-241, 244, 247, 248, 251-254, 256, 257, 261-264, 266, 269, 282, 283, 301, 303, 304, 305, 307, 309	Sin PSA	-45,81	0,83	0,00	0,00
		PSA 1	82,47	1,30	18,74	19,85
		PSA 2	54,23	1,20	13,74	16,50
2	10, 11, 19, 24, 30, 31, 34, 38-40, 46, 49, 50, 52, 56, 65, 74, 76, 77, 79, 80, 84, 85, 88, 89, 94, 96, 98, 103, 107, 108, 109, 111, 118, 121, 123, 126, 129, 132, 137, 155, 157, 162, 163, 164, 167, 169, 172, 174, 177-179, 184, 188, 189, 193, 194, 196, 199, 204, 207, 208, 214, 215, 219, 220, 223-225, 235, 237, 242, 243, 245, 246, 249, 250, 258-260, 265, 268, 270, 271-273, 275-281, 284-287, 289-295, 297-300, 302, 308	Sin PSA	-57,25	0,79	-1,88	-1,76
		PSA 1	71,03	1,26	16,86	18,09
		PSA 2	42,79	1,16	11,86	14,46
3	2, 12, 22, 51, 116, 117, 120, 147, 148, 153, 296	Sin PSA	-68,71	0,75	-3,77	-3,60
		PSA 1	59,57	1,22	14,97	16,43
		PSA 2	31,33	1,11	9,97	12,46
4	106, 149, 150, 274, 288	Sin PSA	-80,15	0,71	-5,65	-5,53
		PSA 1	48,13	1,18	13,09	14,86
		PSA 2	19,89	1,07	8,09	10,46

*Horizonte de planificación 8 años, tasa de descuento 6,56 %.

6.4.3.4 Jaragua con regeneración natural de cedro en baja densidad

Un total de 218 (70,09%) unidades de mapeo fueron evaluadas económicamente para el presente TUT. Los rendimientos proporcionales y totales de las UT evaluadas se presentan a continuación (Cuadro 34).

Cuadro 34. Rendimiento proporcional (RP) y total para el TUT pastura jaragua con regeneración natural de cedro en baja densidad.

Unidad de mapeo (UT)	RP	Rendimiento total normalizado (tonMS/ha/año) ⁻¹ y (m ³ /ha/año) ⁻¹								Rendimiento normalizado acumulado (tonMS o m ³ /ha/8 años) ⁻¹
		1	2	3	4	5	6	7	8	
29, 33, 35, 36, 41, 42, 47, 48, 63, 71, 73, 78, 83, 99, 100, 101, 102, 119, 122, 124, 125, 131, 135, 152, 156, 158, 159, 161, 175, 176, 181, 182, 185, 187, 197, 198, 205, 208, 229, 230, 233, 236, 238, 239, 240, 241, 243, 244, 245, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 254, 256, 257, 261, 262, 264, 266, 269, 280	1,00	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	60,00
10, 11, 19, 23, 25, 38, 40, 50, 62, 65, 75, 76, 77, 82, 84, 88, 107, 108, 109, 111, 121, 126, 128, 129, 137, 139, 145, 146, 154, 160, 170, 172, 174, 184, 188, 206, 207, 209, 212, 214, 215, 219, 220, 224, 225, 242, 246, 263, 275, 284, 285, 293	0,98	7,35	7,35	7,35	7,35	7,35	7,35	7,35	7,35	58,80
30, 31, 34, 39, 46, 49, 56, 74, 79, 80, 85, 103, 157, 162, 169, 177, 178, 179, 189, 193, 194, 204, 258, 268	0,95	7,13	7,13	7,13	7,13	7,13	7,13	7,13	7,13	57,00
60, 89, 91, 94, 98, 123, 130, 133, 142, 155, 163, 165, 166, 199, 213, 217, 218, 222, 227, 234, 237, 253, 259, 273, 278, 286, 287, 289, 294, 297, 309, 311	0,90	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	54,00
22, 24, 52, 90, 93, 118, 134, 164, 167, 168, 171, 183, 191, 196, 202, 210, 211, 260, 281, 282, 283, 298, 303, 305, 307	0,85	6,38	6,38	6,38	6,38	6,38	6,38	6,38	6,38	51,00
132, 235, 265, 290, 299, 302, 308	0,80	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	48,00
96, 223, 270, 272, 276, 277, 279, 291, 292, 295, 300, 301, 304	0,75	5,63	5,63	5,63	5,63	5,63	5,63	5,63	5,63	45,00
41, 42, 156, 187, 257, 262, 264, 266	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	*11,60	*11,60
29, 33, 35, 36, 47, 48, 50, 62, 63, 71, 73, 75, 78, 82, 83, 99, 100, 101, 102, 119, 122, 124, 125, 128, 131, 135, 145, 146, 152, 158, 159, 161, 175, 176, 181, 185, 197, 198, 205, 212, 229, 230, 233, 236, 238, 239, 240, 241, 243, 244, 245, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 254, 261, 263, 269, 280	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	*9,28	*9,28
10, 11, 19, 23, 25, 38, 40, 65, 76, 77, 84, 88, 89, 94, 98, 107, 108, 109, 111, 121, 123, 126, 129, 137, 139, 154, 155, 160, 163, 166, 170, 172, 174, 182, 184, 188, 199, 206, 207, 209, 214, 215, 219, 220, 224, 225, 237, 242, 246, 256, 259, 273, 275, 278, 284, 285, 286, 287, 289, 293, 294, 297	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	*6,96	*6,96
22, 24, 30, 31, 34, 39, 46, 49, 52, 56, 60, 74, 79, 80, 85, 90, 91, 93, 96, 103, 118, 130, 132, 133, 134, 142, 157, 162, 164, 165, 167, 168, 169, 171, 177, 178, 179, 183, 189, 191, 193, 194, 196, 202, 204, 208, 210, 211, 213, 217, 218, 222, 223, 227, 234, 235, 253, 258, 260, 265, 268, 270, 271, 272, 276, 277, 279, 281, 282, 283, 290, 291, 292, 295, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 307, 308, 309, 311	0,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	*6,38	*6,38

* Rendimiento de madera cedro en pie.

De las 218 UT analizadas económicamente para el producto pastura de jaragua, 64 UT resultaron con un RP del 100 %, 52 UT con un RP del 98%, 24 UT con un RP del 95 %, 32 UT con un RP del 90 %, 25 UT con un RP del 85 %, 7 UT con un RP del 80 %, y 14 UT con un RP del 75 %. En tanto que de las 218 UT analizadas económicamente para el producto madera de cedro en pie 8 UT resultaron con un RP del 100 %, 62 UT resultaron con un RP del 80 %, 62 UT resultaron con un RP del 60 % y 86 UT resultaron con un RP del 55 %.

Los indicadores económicos estimados para el TUT pasto jaragua con regeneración natural de cedro en baja densidad considerando el mayor ingreso por cambio de uso de la tierra para ambos esquemas PSA1: \$75 USD, PSA2: \$110 USD son (Cuadro 35):

Cuadro 35. Indicadores económicos para el TUT pastura jaragua con regeneración natural de cedro en baja densidad, considerando el pago por servicios ambientales por cambio desde uso de la tierra de cultivos de ciclo corto o pastura degradada.

Caso	Unidades de mapeo	Esquema	VPN* normalizado (\$USD/ha) ⁻¹	RBC	MB normalizado (\$USD/ha) ⁻¹	TIR
1	41, 42, 156, 187, 257, 262, 264, 266	Sin PSA	458,20	1,91	105,03	29,35
		PSA 1	714,77	2,42	142,53	60,67
		PSA 2	658,29	2,31	132,53	64,42
2	29, 33, 35, 36, 47, 48, 63, 71, 73, 78, 83, 99, 100, 101, 102, 119, 122, 124, 125, 131, 135, 152, 158, 159, 161, 175, 176, 181, 185, 197, 198, 205, 229, 230, 233, 236, 238, 239, 240, 241, 243, 244, 245, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 254, 261, 269, 280	Sin PSA	357,11	1,71	84,02	26,23
		PSA 1	613,68	2,22	121,52	59,39
		PSA 2	557,20	2,11	111,52	62,12
3	50, 62, 75, 82, 128, 145, 146, 212, 263	Sin PSA	348,01	1,69	82,52	25,63
		PSA 1	604,58	2,20	120,02	58,37
		PSA 2	548,10	2,09	110,02	60,44
4	182, 256	Sin PSA	256,02	1,51	63,01	22,62
		PSA 1	512,59	2,02	100,51	57,01
		PSA 2	456,11	1,91	90,51	59,66
5	10, 11, 19, 23, 25, 38, 40, 65, 76, 77, 84, 88, 107, 108, 109, 111, 121, 126, 129, 137, 139, 154, 160, 170, 172, 174, 184, 188, 206, 207, 209, 214, 215, 219, 220, 224, 225, 242, 246, 275, 284, 285, 293	Sin PSA	246,92	1,49	61,52	21,98
		PSA 1	503,49	2,00	99,02	55,91
		PSA 2	447,01	1,89	89,02	58,43
6	208	Sin PSA	230,75	1,46	57,76	21,52
		PSA 1	487,32	1,97	95,26	56,85
		PSA 2	430,84	1,86	85,26	59,29
7	89, 94, 98, 123, 155, 163, 166, 199, 237, 259, 273, 278, 286, 287, 289, 294, 297	Sin PSA	210,50	1,42	55,52	19,99
		PSA 1	467,07	1,93	93,02	53,65
		PSA 2	410,59	1,82	83,02	55,49
8	30, 31, 34, 39, 46, 49, 56, 74, 79, 80, 85, 103, 157, 162, 169, 177, 178, 179, 189, 193, 194, 204, 258, 268	Sin PSA	207,99	1,41	54,02	19,99
		PSA 1	464,56	1,92	91,52	53,65
		PSA 2	408,08	1,81	81,52	55,49
9	60, 91, 130, 133, 142, 165, 213, 217, 218, 222, 227, 234, 253, 309, 311	Sin PSA	185,23	1,37	50,27	18,23
		PSA 1	441,80	1,88	87,77	50,90
		PSA 2	385,32	1,77	77,77	52,15
10	22, 24, 52, 90, 93, 118, 134, 164, 167, 168, 171, 183, 191, 196, 202, 210, 211, 260, 281, 282, 283, 298, 303, 305, 307	Sin PSA	162,48	1,32	46,52	16,71
		PSA 1	419,05	1,83	84,02	48,43
		PSA 2	362,57	1,72	74,02	48,83
11	132, 235, 265, 290, 299, 302, 308	Sin PSA	139,72	1,28	42,78	15,20
		PSA 1	396,29	1,79	80,28	45,73
		PSA 2	339,81	1,68	70,28	45,16
12	96, 223, 270, 271, 272, 276, 277, 279, 291, 292, 295, 300, 301, 304	Sin PSA	116,97	1,23	39,03	13,76
		PSA 1	373,54	1,74	76,53	42,77
		PSA 2	317,06	1,63	66,53	42,10

*Horizonte de planificación 8 años, tasa de descuento 6,56 %.

6.4.3.5 Jaragua con regeneración natural de cedro en alta densidad

Un total de 235 (75,56 %) unidades de mapeo fueron evaluadas económicamente para el presente TUT. Los rendimientos proporcionales y totales de las UT evaluadas se presentan a continuación (Cuadro 36).

Cuadro 36. Rendimiento proporcional (RP) y total para el TUT pastura jaragua con regeneración natural de cedro en alta densidad.

Unidad de mapeo (UT)	RP	Rendimiento total normalizado (tonMS/ha/año) ⁻¹ y (m ³ /ha/año) ⁻¹								Rendimiento normalizado acumulado (tonMS o m ³ /ha/8 años) ⁻¹
		1	2	3	4	5	6	7	8	
23, 25, 29, 33, 35, 36, 41, 42, 47, 48, 63, 71, 73, 78, 83, 99, 100, 101, 102, 119, 122, 124, 125, 131, 135, 152, 156, 158, 159, 161, 170, 175, 176, 181, 182, 185, 187, 197, 198, 205, 206, 208, 209, 229, 230, 233, 236, 238, 239, 240, 241, 243, 244, 245, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 254, 256, 257, 261, 262, 264, 266, 269, 280	1,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	40,00
10, 11, 19, 30, 31, 34, 38, 39, 40, 46, 49, 50, 56, 62, 65, 74, 75, 76, 77, 79, 80, 82, 84, 85, 88, 103, 107, 108, 109, 111, 121, 126, 128, 129, 137, 139, 145, 146, 154, 157, 160, 162, 166, 169, 172, 174, 177, 178, 179, 184, 188, 189, 193, 194, 204, 207, 212, 214, 215, 219, 220, 224, 225, 242, 246, 258, 263, 268, 275, 284, 285, 293	0,98	4,90	4,90	4,90	4,90	4,90	4,90	4,90	4,90	39,20
66, 67, 70, 72, 92, 110, 112, 113, 127, 173, 190, 192, 255, 267	0,95	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	38,00
22, 24, 52, 60, 89, 91, 94, 98, 118, 123, 130, 133, 142, 155, 163, 164, 165, 167, 196, 199, 213, 217, 218, 222, 227, 234, 237, 253, 259, 260, 273, 278, 281, 286, 287, 289, 294, 297, 309, 311	0,90	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	36,00
53, 90, 93, 134, 168, 171, 183, 191, 195, 202, 210, 211, 282, 283, 298, 303, 305, 307	0,85	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25	34,00
96, 132, 223, 235, 265, 270, 271, 272, 276, 277, 279, 290, 291, 292, 295, 299, 300, 302, 308	0,80	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	32,00
203, 301, 304	0,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	30,00
41, 42, 156, 187, 257, 262, 264, 266	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	*11,90	*11,90
23, 25, 29, 33, 35, 36, 47, 48, 50, 62, 63, 71, 73, 75, 78, 82, 83, 99, 100, 101, 102, 119, 122, 124, 125, 128, 131, 135, 145, 146, 152, 158, 159, 161, 170, 175, 176, 181, 182, 185, 197, 198, 205, 206, 209, 212, 229, 230, 233, 236, 238, 239, 240, 241, 243, 244, 245, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 254, 261, 263, 269, 280	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	*9,52	*9,52
10, 11, 19, 22, 24, 30, 31, 34, 38, 39, 40, 46, 49, 52, 56, 65, 74, 76, 77, 79, 80, 84, 85, 88, 89, 94, 98, 103, 107, 108, 109, 111, 118, 121, 123, 126, 129, 137, 139, 154, 155, 157, 160, 162, 163, 164, 166, 167, 169, 172, 174, 177, 178, 179, 184, 188, 189, 193, 194, 196, 199, 204, 207, 214, 215, 219, 220, 224, 225, 237, 242, 246, 256, 258, 259, 260, 268, 273, 275, 278, 281, 284, 285, 286, 287, 289, 293, 294, 297	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	*7,14	*7,14
53, 60, 66, 67, 70, 72, 90, 91, 92, 93, 96, 110, 112, 113, 127, 130, 132, 133, 134, 142, 165, 168, 171, 173, 183, 190, 191, 192, 195, 202, 203, 208, 210, 211, 213, 217, 218, 222, 223, 227, 234, 235, 253, 255, 265, 267, 270, 271, 272, 276, 277, 279, 282, 283, 290, 291, 292, 295, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 307, 308, 309, 311	0,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	*6,55	*6,55

* Rendimiento de madera cedro en pie.

De las 235 UT analizadas económicamente para el producto pastura de jaragua, 69 UT resultaron con un RP del 100 %, 72 UT con un RP del 98%, 14 UT con un RP del 95 %, 40 UT con un RP del 90 %, 18 UT con un RP del 85 %, 19 UT con un RP del 80 %, y 3 UT con un RP del 75 %. En tanto que de las 235 UT analizadas económicamente para el producto madera de cedro en pie 8 UT resultaron con un RP del 100 %, 68 UT resultaron con un RP del 80 %, 89 UT resultaron con un RP del 60 % y 70 UT resultaron con un RP del 55 %.

Los indicadores económicos estimados para el TUT pasto jaragua con regeneración natural de cedro en alta densidad considerando el mayor ingreso por cambio de uso de la tierra para ambos esquemas PSA1: \$75 USD, PSA2: \$110 USD son (Cuadro 37):

Cuadro 37. Indicadores económicos para el TUT pastura jaragua con regeneración natural de cedro en alta densidad, considerando el pago por servicios ambientales por cambio desde uso de la tierra de cultivos de ciclo corto o pastura degradada.

Caso	Unidades de mapeo	Esquema	VPN* normalizado (\$USD/ha) ⁻¹	RBC	MB normalizado (\$USD/ha) ⁻¹	TIR
1	41, 42, 156, 187, 257, 262, 264, 266	Sin PSA	470,08	1,91	107,76	29,19
		PSA 1	726,65	2,41	145,26	58,75
		PSA 2	670,17	2,30	135,26	61,27
2	23, 25, 29, 33, 35, 36, 47, 48, 63, 71, 73, 78, 83, 99, 100, 101, 102, 119, 122, 124, 125, 131, 135, 152, 158, 159, 161, 170, 175, 176, 181, 182, 185, 197, 198, 205, 206, 209, 229, 230, 233, 236, 238, 239, 240, 241, 243, 244, 245, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 254, 261, 269, 280	Sin PSA	366,38	1,71	86,21	26,06
		PSA 1	622,95	2,21	123,71	57,45
		PSA 2	566,47	2,10	113,71	59,10
3	50, 62, 75, 82, 128, 145, 146, 212, 263	Sin PSA	357,03	1,69	84,67	25,48
		PSA 1	613,60	2,19	122,17	55,94
		PSA 2	557,12	2,08	112,17	58,10
4	256	Sin PSA	262,67	1,51	64,66	22,46
		PSA 1	519,24	2,01	102,16	55,04
		PSA 2	462,76	1,90	92,16	56,81
5	10, 11, 19, 30, 31, 34, 38, 39, 40, 46, 49, 56, 65, 74, 76, 77, 79, 80, 84, 85, 88, 103, 107, 108, 109, 111, 121, 126, 129, 137, 139, 154, 157, 160, 162, 166, 169, 172, 174, 177, 178, 179, 184, 188, 189, 193, 194, 204, 207, 214, 215, 219, 220, 224, 225, 242, 246, 258, 268, 275, 284, 285, 293	Sin PSA	253,32	1,49	63,12	21,87
		PSA 1	509,89	1,99	100,62	54,10
		PSA 2	453,41	1,88	90,62	55,58
6	208	Sin PSA	236,75	1,46	59,28	21,48
		PSA 1	493,32	1,96	96,78	54,42
		PSA 2	436,84	1,85	86,78	56,66
7	22, 24, 52, 89, 94, 98, 118, 123, 155, 163, 164, 167, 196, 199, 237, 259, 260, 273, 278, 281, 286, 287, 289, 294, 297	Sin PSA	215,94	1,42	56,97	19,79
		PSA 1	472,51	1,92	94,47	51,74
		PSA 2	416,03	1,81	84,47	53,25
8	66, 67, 70, 72, 92, 110, 112, 113, 127, 173, 190, 192, 255, 267	Sin PSA	213,38	1,41	55,43	19,38
		PSA 1	469,95	1,91	92,93	49,90
		PSA 2	413,47	1,80	82,93	50,59
9	60, 91, 130, 133, 142, 165, 213, 217, 218, 222, 227, 234, 253, 309, 311	Sin PSA	190,02	1,37	51,58	18,25
		PSA 1	446,59	1,87	89,08	49,13
		PSA 2	390,11	1,76	79,08	49,94
10	53, 90, 93, 134, 168, 171, 183, 191, 195, 202, 210, 211, 282, 283, 298, 303, 305, 307	Sin PSA	166,64	1,32	47,73	16,67
		PSA 1	423,21	1,82	85,23	46,36
		PSA 2	366,73	1,71	75,23	46,57
11	96, 132, 223, 235, 265, 270, 271, 272, 276, 277, 279, 290, 291, 292, 295, 299, 300, 302, 308	Sin PSA	143,26	1,28	43,89	15,11
		PSA 1	399,83	1,78	81,39	43,99
		PSA 2	343,35	1,67	71,39	43,31
12	203, 301, 304	Sin PSA	119,89	1,23	40,04	13,75
		PSA 1	376,46	1,73	77,54	41,41
		PSA 2	319,98	1,62	67,54	40,03

*Horizonte de planificación 8 años, tasa de descuento 6,56 %.

6.4.3.6 Brizantha con regeneración natural de cedro en baja densidad

Un total de 235 (75,56 %) unidades de mapeo fueron evaluadas económicamente para el presente TUT. Los rendimientos proporcionales y totales de las UT evaluadas se presentan a continuación (Cuadro 38).

Cuadro 38. Rendimiento proporcional (RP) y total para el TUT pastura brizantha con regeneración natural de cedro en baja densidad.

Unidad de mapeo (UT)	RP	Rendimiento total normalizado (tonMS/ha/año) ⁻¹ y (m ³ /ha/año) ^{-1*}								Rendimiento normalizado acumulado (tonMS o m ³ /ha/8 años) ⁻¹	
		1	2	3	4	5	6	7	8		
29, 33, 35, 36, 41, 42, 47, 48, 63, 71, 73, 78, 83, 99, 100, 101, 102, 119, 122, 124, 125, 131, 135, 152, 156, 158, 159, 161, 175, 176, 181, 182, 185, 187, 197, 198, 205, 229, 230, 233, 236, 238, 239, 240, 241, 243, 244, 245, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 254, 256, 257, 261, 262, 264, 266, 269, 280	1,00	10,20	10,20	10,20	10,20	10,20	10,20	10,20	10,20	10,20	81,60
10, 11, 19, 23, 25, 38, 40, 50, 60, 62, 65, 75, 76, 77, 82, 84, 88, 91, 107, 108, 109, 111, 121, 126, 128, 129, 130, 133, 137, 139, 142, 145, 146, 154, 160, 165, 170, 172, 174, 184, 188, 206, 207, 209, 212, 213, 214, 215, 217, 218, 219, 220, 222, 224, 225, 227, 234, 242, 246, 263, 275, 284, 285, 293, 309, 311	0,95	9,69	9,69	9,69	9,69	9,69	9,69	9,69	9,69	9,69	77,52
89, 94, 98, 123, 134, 155, 163, 166, 171, 183, 191, 199, 202, 208, 210, 211, 237, 259, 273, 278, 282, 283, 286, 287, 289, 294, 297, 303, 305	0,90	9,18	9,18	9,18	9,18	9,18	9,18	9,18	9,18	9,18	73,44
30, 31, 34, 39, 46, 49, 56, 66, 67, 70, 72, 74, 79, 80, 85, 90, 92, 93, 103, 110, 112, 113, 127, 157, 162, 168, 169, 173, 177, 178, 179, 189, 190, 192, 193, 194, 204, 255, 258, 267, 268, 298, 307	0,85	8,67	8,67	8,67	8,67	8,67	8,67	8,67	8,67	8,67	69,36
118, 132, 164, 167, 195, 196, 235, 265, 290, 299, 301, 302, 304, 308	0,80	8,16	8,16	8,16	8,16	8,16	8,16	8,16	8,16	8,16	65,28
22, 24, 52, 53, 260, 281	0,75	7,65	7,65	7,65	7,65	7,65	7,65	7,65	7,65	7,65	61,20
96, 203, 223, 270, 271, 272, 276, 277, 279, 291, 292, 295, 300	0,70	7,14	7,14	7,14	7,14	7,14	7,14	7,14	7,14	7,14	57,12
41, 42, 156, 176, 187, 197, 257, 262, 264, 266	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	*11,60	*11,60
29, 33, 35, 36, 47, 48, 50, 62, 63, 71, 73, 75, 78, 82, 83, 99, 100, 101, 102, 119, 122, 124, 125, 128, 131, 135, 145, 146, 152, 158, 159, 161, 175, 181, 185, 198, 205, 212, 229, 230, 233, 236, 238, 239, 240, 241, 243, 244, 245, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 254, 261, 263, 269, 280	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	*9,28	*9,28
10, 11, 19, 23, 25, 38, 40, 65, 76, 77, 84, 88, 89, 94, 98, 107, 108, 109, 111, 121, 123, 126, 129, 137, 139, 154, 155, 160, 163, 166, 170, 172, 174, 182, 184, 188, 199, 206, 207, 208, 209, 214, 215, 219, 220, 224, 225, 237, 242, 246, 256, 259, 273, 275, 278, 284, 285, 286, 287, 289, 293, 294, 297	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	*6,96	*6,96
22, 24, 30, 31, 34, 39, 46, 49, 52, 53, 56, 66, 67, 70, 72, 74, 79, 80, 85, 90, 91, 92, 93, 96, 103, 110, 112, 113, 118, 127, 130, 132, 133, 134, 142, 157, 162, 164, 165, 167, 168, 169, 171, 173, 177, 178, 179, 183, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 202, 203, 204, 210, 211, 213, 217, 218, 222, 223, 227, 234, 235, 253, 255, 258, 260, 265, 267, 268, 270, 271, 272, 276, 277, 279, 281, 282, 283, 290, 291, 292, 295, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 307, 308, 309, 311	0,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	*6,38	*6,38

* Rendimiento de madera cedro en pie.

De las 235 UT analizadas económicamente para el producto pastura de jaragua, 63 UT resultaron con un RP del 100 %, 67 UT con un RP del 95 %, 29 UT con un RP del 90 %, 43 UT con un RP del 85 %, 14 UT con un RP del 80 %, 6 UT con un RP del 75 %, y 13 UT con un RP del 70 %. En tanto que de las 235 UT analizadas económicamente para el producto madera de cedro en pie 10 UT resultaron con un RP del 100 %, 60 UT resultaron con un RP del 80 %, 63 UT resultaron con un RP del 60 % y 102 UT resultaron con un RP del 55 %.

Los indicadores económicos estimados para el TUT pasto brizantha con regeneración natural de cedro en baja densidad considerando el mayor ingreso por cambio de uso de la tierra para ambos esquemas PSA1: \$97,50 USD, PSA2: \$143 USD son (Cuadro 39):

Cuadro 39. Indicadores económicos para el TUT pastura brizantha con regeneración natural de cedro en baja densidad, considerando el pago por servicios ambientales por cambio desde uso de la tierra de cultivos de ciclo corto o pastura degradada.

Caso	Unidades de mapeo	Esquema	VPN* normalizado (\$USD/ha) ⁻¹	RBC	MB normalizado (\$USD/ha) ⁻¹	TIR
1	41, 42, 156, 176, 187, 197, 257, 262, 264, 266	Sin PSA	451,59	2,01	105,07	26,95
		PSA 1	785,12	2,76	153,82	61,78
		PSA 2	711,71	2,60	140,82	65,25
2	29, 33, 35, 36, 47, 48, 63, 71, 73, 78, 83, 99, 100, 101, 102, 119, 122, 124, 125, 131, 135, 152, 158, 159, 161, 175, 181, 185, 198, 205, 229, 230, 233, 236, 238, 239, 240, 241, 243, 244, 245, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 254, 261, 269, 280	Sin PSA	350,50	1,79	84,06	24,09
		PSA 1	684,03	2,53	132,81	60,28
		PSA 2	610,62	2,37	119,81	63,62
3	50, 62, 75, 82, 128, 145, 146, 212, 263	Sin PSA	330,88	1,74	80,84	22,90
		PSA 1	664,41	2,49	129,59	58,58
		PSA 2	591,00	2,32	116,59	61,50
4	182, 256	Sin PSA	249,41	1,56	63,06	20,81
		PSA 1	582,94	2,31	111,81	58,85
		PSA 2	509,53	2,14	98,81	62,29
5	10, 11, 19, 23, 25, 38, 40, 65, 76, 77, 84, 88, 107, 108, 109, 111, 121, 126, 129, 137, 139, 154, 160, 170, 172, 174, 184, 188, 206, 207, 209, 214, 215, 219, 220, 224, 225, 242, 246, 275, 284, 285, 293	Sin PSA	229,79	1,52	59,83	19,49
		PSA 1	563,32	2,26	108,58	57,11
		PSA 2	489,91	2,10	95,58	59,62
6	89, 94, 98, 123, 155, 163, 166, 199, 208, 237, 259, 273, 278, 286, 287, 289, 294, 297	Sin PSA	210,18	1,47	56,60	18,43
		PSA 1	543,71	2,22	105,35	56,37
		PSA 2	470,30	2,05	92,35	59,24
7	60, 91, 130, 133, 142, 165, 213, 217, 218, 222, 227, 234, 253, 309, 311	Sin PSA	204,52	1,46	54,58	18,22
		PSA 1	538,05	2,21	103,33	55,02
		PSA 2	464,64	2,04	90,33	57,18
8	134, 171, 183, 191, 202, 210, 211, 282, 283, 303, 305	Sin PSA	184,91	1,41	51,35	17,19
		PSA 1	518,44	2,16	100,10	54,60
		PSA 2	445,03	2,00	87,10	56,65
9	30, 31, 34, 39, 46, 49, 56, 66, 67, 70, 72, 74, 79, 80, 85, 90, 92, 93, 103, 110, 112, 113, 127, 157, 162, 168, 169, 173, 177, 178, 179, 189, 190, 192, 193, 194, 204, 255, 258, 267, 268, 298, 307	Sin PSA	165,30	1,37	48,12	15,98
		PSA 1	498,83	2,12	96,87	52,47
		PSA 2	425,42	1,95	83,87	53,98
10	118, 132, 164, 167, 195, 196, 235, 265, 290, 299, 301, 302, 304, 308	Sin PSA	145,68	1,33	44,89	14,82
		PSA 1	479,21	2,07	93,64	50,52
		PSA 2	405,80	1,91	80,64	51,94
11	22, 24, 52, 53, 260, 281	Sin PSA	126,07	1,28	41,66	13,76
		PSA 1	459,60	2,03	90,41	48,58
		PSA 2	386,19	1,87	77,41	49,12
12	96, 203, 223, 270, 271, 272, 276, 277, 279, 291, 292, 295, 300	Sin PSA	106,47	1,24	38,43	12,47
		PSA 1	440,00	1,99	87,18	46,60
		PSA 2	366,59	1,82	74,18	46,44

*Horizonte de planificación 8 años, tasa de descuento 6,56 %.

6.4.3.7 Brizantha con regeneración natural de cedro en alta densidad

Un total de 235 (75,56 %) unidades de mapeo fueron evaluadas económicamente para el presente TUT. Los rendimientos proporcionales y totales de las UT evaluadas se presentan a continuación (Cuadro 40).

Cuadro 40. Rendimiento proporcional (RP) y total para el TUT pastura brizantha con regeneración natural de cedro en alta densidad.

Unidad de mapeo (UT)	RP	Rendimiento total normalizado (tonMS/ha/año) ⁻¹ y (m ³ /ha/año) ⁻¹								Rendimiento normalizado acumulado (tonMS o m ³ /ha/8 años) ⁻¹
		1	2	3	4	5	6	7	8	
10, 11, 19, 23, 25, 29, 33, 35, 36, 38, 40, 41, 42, 47, 48, 63, 65, 71, 73, 76, 77, 78, 83, 84, 88, 99, 100, 101, 102, 107, 108, 109, 119, 121, 122, 124, 125, 126, 129, 131, 135, 137, 152, 156, 158, 159, 161, 170, 175, 176, 181, 182, 184, 185, 187, 188, 197, 198, 205, 206, 209, 214, 215, 219, 220, 224, 225, 229, 230, 233, 236, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 254, 256, 257, 261, 262, 264, 266, 269, 275, 280, 284, 285, 293	1,00	8,40	8,40	8,40	8,40	8,40	8,40	8,40	8,40	67,20
30, 31, 34, 39, 46, 49, 50, 56, 60, 62, 74, 75, 79, 80, 82, 85, 89, 91, 94, 103, 111, 123, 128, 130, 133, 139, 142, 145, 146, 154, 155, 157, 160, 162, 163, 165, 166, 169, 172, 174, 177, 178, 179, 189, 193, 194, 204, 207, 212, 213, 217, 218, 222, 227, 234, 237, 253, 258, 259, 263, 268, 273, 278, 286, 287, 289, 294, 297, 309, 311	0,95	7,98	7,98	7,98	7,98	7,98	7,98	7,98	7,98	63,84
22, 24, 52, 90, 93, 98, 118, 134, 164, 167, 168, 171, 183, 196, 199, 202, 208, 210, 211, 260, 281, 282, 283, 298, 303, 305, 307	0,90	7,56	7,56	7,56	7,56	7,56	7,56	7,56	7,56	60,48
66, 67, 70, 72, 92, 110, 112, 113, 127, 132, 173, 190, 192, 235, 255, 265, 267, 290, 299, 302, 308	0,85	7,14	7,14	7,14	7,14	7,14	7,14	7,14	7,14	57,12
96, 195, 223, 270, 271, 272, 276, 277, 279, 291, 292, 295, 300, 301, 304	0,80	6,72	6,72	6,72	6,72	6,72	6,72	6,72	6,72	53,76
53	0,75	6,30	6,30	6,30	6,30	6,30	6,30	6,30	6,30	50,40
203	0,70	5,88	5,88	5,88	5,88	5,88	5,88	5,88	5,88	47,04
41, 42, 156, 176, 187, 197, 257, 261, 262, 264, 266, 269	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	*11,90	*11,90
10, 11, 19, 23, 25, 29, 33, 35, 36, 38, 40, 47, 48, 50, 62, 63, 65, 71, 73, 75, 76, 77, 78, 82, 83, 84, 88, 89, 94, 99, 100, 101, 102, 107, 108, 109, 119, 121, 122, 124, 125, 126, 128, 129, 131, 135, 137, 145, 146, 152, 158, 159, 161, 170, 175, 181, 182, 184, 185, 188, 198, 205, 206, 209, 212, 214, 215, 219, 220, 224, 225, 229, 230, 233, 236, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 254, 256, 259, 263, 273, 275, 278, 280, 284, 285, 286, 287, 289, 293, 294, 297	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	*9,52	*9,52
22, 24, 30, 31, 34, 39, 46, 49, 52, 56, 74, 79, 80, 85, 98, 103, 111, 118, 123, 139, 154, 155, 157, 160, 162, 163, 164, 166, 167, 169, 172, 174, 177, 178, 179, 189, 193, 194, 196, 199, 204, 207, 237, 258, 260, 268, 281	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	*7,14	*7,14
53, 60, 66, 67, 70, 72, 90, 91, 92, 93, 96, 110, 112, 113, 127, 130, 132, 133, 134, 142, 165, 168, 171, 173, 183, 190, 191, 192, 195, 202, 203, 208, 210, 211, 213, 217, 218, 222, 223, 227, 234, 235, 253, 255, 265, 267, 270, 271, 272, 276, 277, 279, 282, 283, 290, 291, 292, 295, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 307, 308, 309, 311	0,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	*6,55	*6,55

* Rendimiento de madera cedro en pie.

De las 235 UT analizadas económicamente para el producto pastura de jaragua, 99 UT resultaron con un RP del 100 %, 70 UT con un RP del 95%, 28 UT con un RP del 90 %, 21 UT con un RP del 85 %, 15 UT con un RP del 80 %, 1 UT con un RP del 75 %, y 1 UT con un RP del 70 %. En tanto que para el producto madera de cedro en pie 12 UT resultaron con un RP del 100 %, 106 UT resultaron con un RP del 80 %, 47 UT resultaron con un RP del 60 % y 70 UT resultaron con un RP del 55 %.

Los indicadores económicos estimados para el TUT pasto brizantha con regeneración natural de cedro en alta densidad considerando el mayor ingreso por cambio de uso de la tierra para ambos esquemas PSA1: \$97,50 USD, PSA2: \$143 USD son (Cuadro 41):

Cuadro 41. Indicadores económicos para el TUT pastura brizantha con regeneración natural de cedro en alta densidad, considerando el pago por servicios ambientales por cambio desde uso de la tierra de cultivos de ciclo corto o pastura degradada.

Caso	Unidades de mapeo	Esquema	VPN* normalizado (\$USD/ha) ⁻¹	RBC	MB normalizado (\$USD/ha) ⁻¹	TIR
1	41, 42, 156, 176, 187, 197, 257, 261, 262, 264, 266, 269	Sin PSA	461,50	1,94	107,79	26,57
		PSA 1	795,03	2,62	156,54	59,19
		PSA 2	721,62	2,47	143,54	62,07
2	10, 11, 19, 23, 25, 29, 33, 35, 36, 38, 40, 47, 48, 63, 65, 71, 73, 76, 77, 78, 83, 84, 88, 82, 83, 84, 88, 99, 100, 101, 102, 107, 108, 109, 119, 121, 122, 124, 125, 126, 129, 131, 135, 137, 152, 158, 159, 161, 170, 175, 181, 182, 184, 185, 188, 198, 205, 206, 209, 214, 215, 219, 220, 224, 225, 229, 230, 233, 236, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 254, 256, 275, 280, 284, 285, 293	Sin PSA	357,80	1,73	86,24	23,74
		PSA 1	691,33	2,41	134,99	57,72
		PSA 2	617,92	2,26	121,99	60,38
3	50, 62, 75, 82, 89, 94, 128, 145, 146, 212, 259, 263, 273, 278, 286, 287, 289, 294, 297	Sin PSA	336,07	1,68	82,66	22,52
		PSA 1	669,60	2,36	131,41	55,76
		PSA 2	596,19	2,21	118,41	58,01
4	30, 31, 34, 39, 46, 49, 56, 74, 79, 80, 85, 103, 111, 123, 139, 154, 155, 157, 160, 162, 163, 166, 169, 172, 174, 177, 178, 179, 189, 193, 194, 204, 207, 237, 258, 268	Sin PSA	232,36	1,47	61,11	19,12
		PSA 1	565,89	2,15	109,86	54,30
		PSA 2	492,48	2,00	96,86	56,20
5	22, 24, 52, 98, 118, 164, 167, 196, 199, 260, 281	Sin PSA	210,63	1,43	57,53	18,08
		PSA 1	544,16	2,11	106,28	53,81
		PSA 2	470,75	1,96	93,28	55,77
6	60, 91, 130, 133, 142, 165, 213, 217, 218, 222, 227, 234, 253, 309, 311	Sin PSA	206,44	1,42	55,72	18,08
		PSA 1	539,97	2,10	104,47	53,81
		PSA 2	466,56	1,95	91,47	55,77
7	90, 93, 134, 168, 171, 183, 191, 202, 208, 210, 211, 282, 283, 298, 303, 305, 307	Sin PSA	184,71	1,38	52,14	16,79
		PSA 1	518,24	2,05	100,89	51,63
		PSA 2	444,83	1,90	87,89	53,21
8	66, 67, 70, 72, 92, 110, 112, 113, 127, 132, 173, 190, 192, 235, 255, 265, 267, 290, 299, 302, 308	Sin PSA	162,98	1,33	48,56	15,49
		PSA 1	496,51	2,01	97,31	49,57
		PSA 2	423,10	1,86	84,31	50,67
9	96, 195, 223, 270, 271, 272, 276, 277, 279, 291, 292, 295, 300, 301, 304	Sin PSA	141,22	1,29	44,99	14,26
		PSA 1	474,75	1,97	93,74	47,36
		PSA 2	401,34	1,82	80,74	47,89
10	53	Sin PSA	119,50	1,24	41,41	13,03
		PSA 1	453,03	1,92	90,16	45,35
		PSA 2	379,62	1,77	77,16	45,35
11	203	Sin PSA	97,76	1,20	37,83	11,82
		PSA 1	431,29	1,88	86,58	43,33
		PSA 2	357,88	1,73	73,58	42,61

*Horizonte de planificación 8 años, tasa de descuento 6,56 %.

6.4.3.8 Caña de azúcar

Un total de 100 (32,15%) unidades de mapeo fueron evaluadas económicamente para el TUT banco forrajero de caña de azúcar. Los rendimientos proporcionales y totales de las UT evaluadas se presentan a continuación (Cuadro 42). De las 100 UT analizadas económicamente, 16 UT resultaron con un RP del 100 %, 2 UT con un RP del 95%, 10 UT con un RP del 85 %, 66 UT con un RP del 70 % y 6 UT con un RP del 65 %.

Cuadro 42. Rendimiento proporcional (RP) y total para el TUT banco forrajero de caña de azúcar.

Unidad de mapeo (UT)	RP	Rendimiento total normalizado (ton/ha/año) ⁻¹								Rendimiento normalizado acumulado (ton/ha/8 años) ⁻¹	
		1	2	3	4	5	6	7	8		
23, 25, 35, 36, 60, 91, 130, 133, 142, 156, 176, 182, 187, 197, 213, 263	1.00	0.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	238.00
280, 298	0.95	0.00	32.30	32.30	32.30	32.30	32.30	32.30	32.30	32.30	226.10
273, 275, 278, 286, 287, 289, 290, 294, 299, 302	0.85	0.00	28.90	28.90	28.90	28.90	28.90	28.90	28.90	28.90	202.30
1-9, 12, 32, 43, 51, 54, 61, 64, 68, 81, 86, 87, 95, 97, 104-106, 114-117, 120, 136, 138, 140, 141, 143, 144, 147-151, 153, 180, 186, 200, 201, 216, 221, 226, 228, 231, 232, 274, 279, 281, 284, 285, 288, 291-293, 295-297, 300, 308	0.70	0.00	23.80	23.80	23.80	23.80	23.80	23.80	23.80	23.80	166.60
15, 37, 44, 55, 59, 69	0.65	0.00	22.10	22.10	22.10	22.10	22.10	22.10	22.10	22.10	154.70

Los indicadores económicos estimados para el TUT banco forrajero de caña de azúcar considerando el mayor ingreso por cambio de uso de la tierra para ambos esquemas PSA1: \$60 USD, PSA2: \$88 USD son (Cuadro 43):

Cuadro 43. Indicadores económicos para el TUT banco forrajero de caña de azúcar, considerando el pago por servicios ambientales por cambio desde uso de la tierra de cultivos de ciclo corto o pastura degradada.

Caso	Unidades de mapeo	Esquema	VPN* normalizado (\$USD/ha) ⁻¹	RBC	MB normalizado (\$USD/ha) ⁻¹	TIR
1	23, 25, 35, 36, 60, 91, 130, 133, 142, 156, 176, 182, 187, 197, 213, 263	Sin PSA	-521,39	0,82	-8,48	-0,75
		PSA 1	-316,14	0,89	21,51	1,99
		PSA 2	-361,32	0,88	13,51	1,26
2	280, 298	Sin PSA	-615,94	0,79	-24,85	-2,26
		PSA 1	-410,69	0,86	5,14	0,49
		PSA 2	-455,87	0,84	-2,85	-0,26
3	273, 275, 278, 286, 287, 289, 290, 294, 299, 302	Sin PSA	-805,01	0,72	-57,58	-5,52
		PSA 1	-599,76	0,79	-27,58	-2,74
		PSA 2	-644,94	0,77	-35,58	-3,57
4	1-9, 12, 32, 43, 51, 54, 61, 64, 68, 81, 86, 87, 95, 97, 104-106, 114-117, 120, 136, 138, 140, 141, 143, 144, 147-151, 153, 180, 186, 200, 201, 216, 221, 226, 228, 231, 232, 274, 279, 281, 284, 285, 288, 291-293, 295-297, 300, 308	Sin PSA	-1.088,61	0,61	-106,68	-
		PSA 1	-883,36	0,68	-76,68	-8,36
		PSA 2	-928,54	0,66	-84,68	-9,35
5	15, 37, 44, 55, 59, 69	Sin PSA	-1.183,17	0,57	-123,04	-
		PSA 1	-977,92	0,64	-93,04	10,51
		PSA 2	-1.023,10	0,63	-101,04	11,56

*Horizonte de planificación 8 años, tasa de descuento 6,56 %.

6.4.3.9 King grass

Un total de 230 (73,95 %) unidades de mapeo fueron evaluadas económicamente para el TUT banco forrajero de king grass. Los rendimientos proporcionales y totales de las UT evaluadas se presentan a continuación (Cuadro 44).

Cuadro 44. Rendimiento proporcional (RP) y total para el TUT banco forrajero de king grass.

Unidad de mapeo (UT)	RP	Rendimiento total normalizado (ton/ha/año) ⁻¹								Rendimiento normalizado acumulado (ton/ha/8 años) ⁻¹	
		1	2	3	4	5	6	7	8		
33, 35, 36, 41, 42, 60, 62, 63, 71, 73, 78, 82, 83, 122, 124, 125, 131, 134, 135, 145, 156, 165, 171, 176, 183, 187, 191, 197, 202, 210, 211, 217, 218, 222, 227, 229, 234, 236, 238-240, 253, 282, 283, 301, 304	1,00	16,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	352,00
23, 25, 29, 47, 48, 50, 75, 90, 91, 93, 130, 133, 142, 146, 168, 182, 185, 212, 213, 250, 307	0,95	15,20	45,60	45,60	45,60	45,60	45,60	45,60	45,60	45,60	334,40
10, 11, 19, 38, 40, 76, 77, 89, 94, 98, 106, 128, 129, 132, 137, 139, 149, 175, 198, 199, 207, 215, 230, 233, 235, 241, 244, 247, 248, 251, 252, 254, 257, 259, 262, 264-266, 284, 285, 293, 297, 303, 305	0,90	14,40	43,20	43,20	43,20	43,20	43,20	43,20	43,20	43,20	316,80
2, 12, 22, 24, 30, 31, 34, 39, 46, 49, 51, 52, 56, 79, 85, 96, 99, 100-102, 116, 117, 119, 147, 148, 150, 152-154, 158-162, 166, 170, 181, 205, 206, 209, 223, 243, 245, 249, 258, 260, 261, 268-272, 276, 277, 280, 291, 292, 295, 298, 300	0,85	13,60	40,80	40,80	40,80	40,80	40,80	40,80	40,80	40,80	299,20
65, 84, 88, 107, 108, 109, 111, 120, 121, 123, 126, 155, 163, 172, 174, 184, 188, 214, 219, 220, 224, 225, 237, 242, 246, 256, 273-275, 278, 286-290, 294, 296, 299, 302, 308	0,80	12,80	38,40	38,40	38,40	38,40	38,40	38,40	38,40	38,40	281,60
74, 80, 103, 118, 157, 164, 167, 169, 177-179, 189, 193, 194, 196, 204, 279, 281	0,75	12,00	36,00	36,00	36,00	36,00	36,00	36,00	36,00	36,00	264,00

De las 230 UT analizadas económicamente, 47 UT resultaron con un RP del 100 %, 21 UT con un RP del 95 %, 44 UT con un RP del 90 %, 60 UT con un RP del 85 %, 40 UT con un RP del 80 % y 18 UT con un RP del 75 %.

A continuación se presentan los indicadores económicos estimados para el TUT banco forrajero de king grass considerando el mayor ingreso por cambio de uso de la tierra para ambos esquemas PSA1: \$60 USD, PSA2: \$88 USD (Cuadro 45).

Cuadro 45. Indicadores económicos para el TUT banco forrajero de king grass, considerando el pago por servicios ambientales por cambio desde uso de la tierra de cultivos de ciclo corto o pastura degradada.

Caso	Unidades de mapeo	Esquema	VPN* normalizado (\$USD/ha) ⁻¹	RBC	MB normalizado (\$USD/ha) ⁻¹	TIR
1	33, 35, 36, 41, 42, 60, 62, 63, 71, 73, 78, 82, 83, 122, 124, 125, 131, 134, 135, 145, 156, 165, 171, 176, 183, 187, 191, 197, 202, 210, 211, 217, 218, 222, 227, 229, 234, 236, 238-240, 253, 282, 283, 301, 304	Sin PSA	-419.28	0.86	-3.22	-0.32
		PSA 1	-214.03	0.93	26.77	2.90
		PSA 2	-259.21	0.91	18.77	2.06
2	23, 25, 29, 47, 48, 50, 75, 90, 91, 93, 130, 133, 142, 146, 168, 182, 185, 212, 213, 250, 307	Sin PSA	-508.78	0.83	-18.69	-1.99
		PSA 1	-303.53	0.90	11.30	1.25
		PSA 2	-348.71	0.88	3.30	0.38
3	10, 11, 19, 38, 40, 76, 77, 89, 94, 98, 106, 128, 129, 132, 137, 139, 149, 175, 198, 199, 207, 215, 230, 233, 235, 241, 244, 247, 248, 251, 252, 254, 257, 259, 262, 264-266, 284, 285, 293, 297, 303, 305	Sin PSA	-598.21	0.80	-34.17	-3.72
		PSA 1	-392.96	0.87	-4.17	-0.46
		PSA 2	-438.14	0.85	-12.17	-1.39
4	2, 12, 22, 24, 30, 31, 34, 39, 46, 49, 51, 52, 56, 79, 85, 96, 99, 100-102, 116, 117, 119, 147, 148, 150, 152-154, 158-162, 166, 170, 181, 205, 206, 209, 223, 243, 245, 249, 258, 260, 261, 268-272, 276, 277, 280, 291, 292, 295, 298, 300	Sin PSA	-687.74	0.76	-49.65	-5.57
		PSA 1	-482.49	0.83	-19.65	-2.30
		PSA 2	-527.67	0.82	-27.65	-3.28
5	65, 84, 88, 107, 108, 109, 111, 120, 121, 123, 126, 155, 163, 172, 174, 184, 188, 214, 219, 220, 224, 225, 237, 242, 246, 256, 273-275, 278, 286-290, 294, 296, 299, 302, 308	Sin PSA	-777.24	0.73	-65.13	-7.50
		PSA 1	-571.99	0.80	-35.13	-4.23
		PSA 2	-617.17	0.78	-43.13	-5.27
6	74, 80, 103, 118, 157, 164, 167, 169, 177-179, 189, 193, 194, 196, 204, 279, 281	Sin PSA	-866.68	0.69	-80.61	-9.58
		PSA 1	-661.43	0.77	-50.61	-6.30
		PSA 2	-706.61	0.75	-58.61	-7.39

*Horizonte de planificación 8 años, tasa de descuento 6,56 %.

6.4.3.10 Cratylia

Un total de 242 (77,81 %) unidades de mapeo fueron evaluadas económicamente para el TUT banco forrajero de *Cratylia argentea*. Los rendimientos proporcionales y totales de las UT evaluadas se presentan a continuación (Cuadro 46).

De las 242 UT analizadas económicamente, 40 UT resultaron con un RP del 100 %, 62 UT con un RP del 95 %, 63 UT con un RP del 90 %, 50 UT con un RP del 85 %, 17 UT con un RP del 80 % y 10 UT con un RP del 75 %.

Cuadro 46. Rendimiento proporcional (RP) y total para el TUT banco forrajero de *Cratylia argentea*.

Caso	RP	Rendimiento total normalizado (ton/ha/año) ⁻¹								Rendimiento normalizado acumulado (ton/ha/8 años) ⁻¹	
		1	2	3	4	5	6	7	8		
23, 25, 35, 36, 41, 42, 60, 63, 91, 128, 130, 133, 142, 156, 165, 176, 182, 187, 197, 202, 211, 213, 217, 218, 222, 227, 229, 230, 234, 239, 253, 257, 262-264, 266, 282, 303, 305, 309	1.00	8,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	120,00
29, 33, 47, 48, 62, 71, 73, 75, 78, 82, 83, 90, 93, 99, 100-102, 119, 122, 124, 125, 131, 134, 135, 139, 145, 146, 152, 154, 158-161, 168, 171, 175, 181, 183, 185, 191, 198, 205, 210, 212, 233, 236, 238, 240, 241, 244, 247, 248, 251, 252, 254, 256, 261, 269, 283, 301, 304, 307	0.95	7,60	15,20	15,20	15,20	15,20	15,20	15,20	15,20	15,20	114,00
10, 11, 19, 38, 40, 50, 65, 76, 77, 84, 88, 89, 94, 98, 107-109, 111, 121, 123, 126, 129, 137, 155, 163, 166, 170, 172, 174, 184, 188, 199, 206, 207, 209, 214, 215, 219, 220, 224, 225, 235, 237, 242, 243, 245, 246, 249, 250, 259, 265, 273, 275, 278, 280, 286, 287, 289, 290, 294, 298, 299, 302	0.90	7,20	14,40	14,40	14,40	14,40	14,40	14,40	14,40	14,40	108,00
30, 31, 34, 39, 46, 49, 52, 56, 74, 79, 80, 85, 96, 103, 118, 132, 157, 162, 164, 167, 169, 177-179, 189, 193, 194, 196, 204, 208, 223, 258, 260, 268, 270-272, 276, 277, 279, 281, 284, 285, 291-293, 295, 297, 300, 308	0.85	6,80	13,60	13,60	13,60	13,60	13,60	13,60	13,60	13,60	102,00
22, 24, 53, 66, 67, 70, 72, 92, 110, 112, 113, 127, 173, 192, 195, 203, 267	0.80	6,40	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	96,00
2, 12, 51, 116, 117, 120, 147, 148, 153, 296	0.75	6,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	90,00

A continuación se presentan los indicadores económicos estimados para el TUT banco forrajero de *Cratylia argentea* considerando el mayor ingreso por cambio de uso de la tierra para ambos esquemas PSA1: \$52,50 USD, PSA2: \$77,00 US (Cuadro 47).

Cuadro 47. Indicadores económicos para el TUT banco forrajero de *Cratylia argentea*, considerando el pago por servicios ambientales por cambio desde uso de la tierra de cultivos de ciclo corto o pastura degradada.

Caso	Unidades de mapeo	Esquema	VPN* normalizado (\$USD/ha) ⁻¹	RBC	MB normalizado (\$USD/ha) ⁻¹	TIR
1	23, 25, 35, 36, 41, 42, 60, 63, 91, 128, 130, 133, 142, 156, 165, 176, 182, 187, 197, 202, 211, 213, 217, 218, 222, 227, 229, 230, 234, 239, 253, 257, 257, 262, 263, 264, 266, 282, 303, 305, 309	Sin PSA	-21,26	0,99	46,56	6,11
		PSA 1	209,65	1,11	80,31	11,07
		PSA 2	158,82	1,08	71,31	10,09
2	29, 33, 47, 48, 62, 71, 73, 75, 78, 82, 83, 90, 93, 99, 100-102, 119, 122, 124, 125, 131, 134, 135, 139, 145, 146, 152, 154, 158-161, 168, 171, 175, 181, 183, 185, 191, 198, 205, 210, 212, 233, 236, 238, 240, 241, 244, 247, 248, 251, 252, 254, 256, 261, 269, 283, 301, 304, 307	Sin PSA	-98,18	0,95	33,52	4,50
		PSA 1	132,72	1,07	67,27	9,48
		PSA 2	81,89	1,04	58,27	8,42
3	10, 11, 19, 38, 40, 50, 65, 76, 77, 84, 88, 89, 94, 98, 107-109, 111, 121, 123, 126, 129, 137, 155, 163, 166, 170, 172, 174, 184, 188, 199, 206, 207, 209, 214, 215, 219, 220, 224, 225, 235, 237, 242, 243, 245, 246, 249, 250, 259, 265, 273, 275, 278, 280, 286, 287, 289, 290, 294, 298, 299, 302	Sin PSA	-175,20	0,91	20,47	2,81
		PSA 1	55,70	1,03	54,22	7,80
		PSA 2	4,87	1,00	45,22	6,64
4	30, 31, 34, 39, 46, 49, 52, 56, 74, 79, 80, 85, 96, 103, 118, 132, 157, 162, 164, 167, 169, 177-179, 189, 193, 194, 196, 204, 208, 223, 258, 260, 268, 270-272, 276, 277, 279, 281, 284, 285, 291-293, 295, 297, 300, 308	Sin PSA	-252,23	0,86	7,43	1,04
		PSA 1	-21,32	0,99	41,18	6,06
		PSA 2	-72,15	0,96	32,18	4,87
5	22, 24, 53, 66, 67, 70, 72, 92, 110, 112, 113, 127, 173, 192, 195, 203, 267	Sin PSA	-329,24	0,82	-5,60	-0,80
		PSA 1	-98,33	0,95	28,14	4,24
		PSA 2	-149,16	0,92	19,14	2,96
6	2, 12, 51, 116, 117, 120, 147, 148, 153, 296	Sin PSA	-406,23	0,77	-18,64	-2,75
		PSA 1	-175,32	0,90	15,10	2,35
		PSA 2	-226,15	0,87	6,10	0,97

*Horizonte de planificación 8 años, tasa de descuento 6,56 %.

6.4.3.11 Leucaena

Un total 244 (78,45 %) unidades de mapeo fueron evaluadas económicamente para el TUT banco forrajero de *Leucaena leucocephala*. Los rendimientos proporcionales y totales de las UT evaluadas se presentan a continuación (Cuadro 48).

De las 244 UT analizadas económicamente, 27 UT resultaron con un RP del 100 %, 41 UT con un RP del 95 %, 41 UT con un RP del 90 %, 104 UT con un RP del 85 %, 17 UT con un RP del 80 %, 12 UT con un RP del 75 % y 2 UT con un RP del 65 %.

Cuadro 48. Rendimiento proporcional (RP) y total para el TUT banco forrajero de *Leucaena leucocephala*.

Unidad de mapeo (UT)	RP	Rendimiento total normalizado (ton/ha/año) ⁻¹								Rendimiento normalizado acumulado (ton/ha/8 años) ⁻¹	
		1	2	3	4	5	6	7	8		
35, 36, 41, 42, 60, 63, 91, 130, 133, 142, 156, 165, 176, 187, 197, 213, 217, 218, 222, 227, 234, 253, 257, 262, 264, 266, 309	1.00	6,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	90,00
23, 25, 33, 62, 71, 73, 82, 122, 128, 131, 134, 135, 145, 171, 182, 183, 191, 202, 210, 211, 229, 230, 233, 236, 238, 239, 240, 241, 244, 247, 248, 251, 252, 254, 261, 263, 269, 282, 283, 303, 305	0.95	5,70	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40	85,50
29, 47, 48, 50, 75, 78, 83, 90, 93, 99, 100, 101, 102, 119, 124, 125, 139, 146, 152, 154, 158, 159, 160, 161, 168, 175, 181, 185, 198, 205, 212, 243, 245, 249, 250, 256, 280, 298, 301, 304, 307	0.90	5,40	10,80	10,80	10,80	10,80	10,80	10,80	10,80	10,80	81,00
10, 11, 19, 31, 34, 39, 40, 46, 49, 52, 56, 65, 74, 76, 77, 79, 80, 84, 85, 88, 89, 94, 96, 98, 103, 107, 108, 109, 111, 118, 121, 123, 126, 129, 132, 137, 155, 157, 162, 163, 164, 166, 167, 169, 170, 172, 174, 177, 178, 179, 184, 188, 189, 193, 194, 196, 199, 204, 206, 207, 208, 209, 214, 215, 219, 220, 223, 224, 225, 235, 237, 242, 246, 258, 259, 260, 265, 268, 270, 271, 272, 273, 275, 276, 277, 278, 279, 281, 284, 285, 286, 287, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 297, 299, 300, 302, 308	0.85	5,10	10,20	10,20	10,20	10,20	10,20	10,20	10,20	10,20	76,50
53, 66, 67, 70, 72, 92, 110, 112, 113, 127, 173, 190, 192, 195, 203, 255, 267	0.80	4,80	9,60	9,60	9,60	9,60	9,60	9,60	9,60	9,60	72,00
2, 12, 30, 38, 51, 116, 117, 120, 147, 148, 153, 296	0.75	4,50	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	67,50
22, 24	0.65	3,90	7,80	7,80	7,80	7,80	7,80	7,80	7,80	7,80	58,50

A continuación se presentan los indicadores económicos estimados para el TUT banco forrajero de *Leucaena leucocephala* considerando el mayor ingreso por cambio de uso de la tierra para ambos esquemas PSA1: \$52,50 USD, PSA2: \$77,00 USD (Cuadro 49).

Cuadro 49. Indicadores económicos para el TUT banco forrajero de *Leucaena leucocephala*, considerando el pago por servicios ambientales por cambio desde uso de la tierra de cultivos de ciclo corto o pastura degradada.

Caso	Unidades de mapeo	Esquema	VPN* normalizado (\$USD/ha) ⁻¹	RBC	MB normalizado (\$USD/ha) ⁻¹	TIR
1	35, 36, 41, 42, 60, 63, 91, 130, 133, 142, 156, 165, 176, 187, 197, 213, 217, 218, 222, 227, 234, 253, 257, 262, 264, 266, 309	Sin PSA	-311,90	0,81	-0,03	0,00
		PSA 1	-80,99	0,95	33,71	4,79
		PSA 2	-131,82	0,92	24,71	3,59
2	23, 25, 33, 62, 71, 73, 82, 122, 128, 131, 134, 135, 145, 171, 182, 183, 191, 202, 210, 211, 229, 230, 233, 236, 238, 239, 240, 241, 244, 247, 248, 251, 252, 254, 261, 263, 269, 282, 283, 303, 305	Sin PSA	-368,37	0,78	-9,60	-1,32
		PSA 1	-137,46	0,92	24,14	3,49
		PSA 2	-188,29	0,89	15,14	2,25
3	29, 47, 48, 50, 75, 78, 83, 90, 93, 99, 100, 101, 102, 119, 124, 125, 139, 146, 152, 154, 158, 159, 160, 161, 168, 175, 181, 185, 198, 205, 212, 243, 245, 249, 250, 256, 280, 298, 301, 304, 307	Sin PSA	-424,88	0,74	-19,18	-2,69
		PSA 1	-193,97	0,88	14,56	2,16
		PSA 2	-244,80	0,85	5,56	0,84
4	10, 11, 19, 31, 34, 39, 40, 46, 49, 52, 56, 65, 74, 76, 77, 79, 80, 84, 85, 88, 89, 94, 96, 98, 103, 107, 108, 109, 111, 118, 121, 123, 126, 129, 132, 137, 155, 157, 162, 163, 164, 166, 167, 169, 170, 172, 174, 177, 178, 179, 184, 188, 189, 193, 194, 196, 199, 204, 206, 207, 208, 209, 214, 215, 219, 220, 223, 224, 225, 235, 237, 242, 246, 258, 259, 260, 265, 268, 270, 271, 272, 273, 275, 276, 277, 278, 279, 281, 284, 285, 286, 287, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 297, 299, 300, 302, 308	Sin PSA	-481,39	0,71	-28,75	-4,12
		PSA 1	-250,48	0,85	4,99	0,76
		PSA 2	-301,31	0,82	-4,00	-0,61
5	53, 66, 67, 70, 72, 92, 110, 112, 113, 127, 173, 190, 192, 195, 203, 255, 267	Sin PSA	-537,90	0,67	-38,33	-5,62
		PSA 1	-306,99	0,81	-4,58	-0,70
		PSA 2	-357,82	0,78	-13,58	-2,14
6	2, 12, 30, 38, 51, 116, 117, 120, 147, 148, 153, 296	Sin PSA	-594,39	0,63	-47,90	-7,19
		PSA 1	-363,48	0,78	-14,15	-2,22
		PSA 2	-414,31	0,74	-23,15	-3,75
7	22, 24	Sin PSA	-707,41	0,56	-67,05	-
		PSA 1	-476,50	0,70	-33,30	-5,54
		PSA 2	-527,33	0,67	-42,30	-7,24

*Horizonte de planificación 8 años, tasa de descuento 6,56 %.

6.4.3.12 Aguacate

Del las 311 UT solo 17 UT (5,46 %) se evaluaron económicamente para el TUT plantación de aguacate. Los rendimientos proporcionales y totales de las UT evaluadas se presentan a continuación (Cuadro 50).

De las 17 UT analizadas económicamente para el TUT aguacate, 6 UT obtuvieron un RP de 85 %, 8 UT obtuvieron un RP de 55 %, 2 UT obtuvieron un RP de 35 % y por último 1 UT obtuvo un RP del 30 %. Por lo tanto los rendimientos proporcionales obtenidos para el TUT aguacate son bajos.

Cuadro 50. Rendimiento proporcional (RP) y total para el TUT plantación de aguacate.

Unidad de mapeo (UT)	RP	Rendimiento total normalizado (ton/ha/año) ⁻¹								Rendimiento normalizado acumulado (ton/ha/8 años) ⁻¹
		1	2	3	4	5	6	7	8	
60, 91, 130, 133, 142, 213	0,85	0,00	0,00	0,00	1,70	3,40	6,80	11,90	11,90	35,7
23, 25, 35, 36, 156, 187, 197, 208	0,55	0,00	0,00	0,00	1,10	2,20	4,40	7,70	7,70	23,1
176, 182	0,35	0,00	0,00	0,00	0,70	1,40	2,80	4,90	4,90	14,7
263	0,30	0,00	0,00	0,00	0,60	1,20	2,40	4,20	4,20	12,6

A continuación, se presentan los indicadores económicos estimados para el TUT plantación de aguacate considerando el mayor ingreso por cambio de uso de la tierra para ambos esquemas PSA1: \$52,50 USD, PSA2: \$77,00 USD (Cuadro 51).

Cuadro 51. Indicadores económicos para el TUT plantación de aguacate, considerando el pago por servicios ambientales por cambio desde uso de la tierra de cultivos de ciclo corto o pastura degradada.

Caso	Unidades de mapeo	Esquema	Valor Presente Neto* normalizado (\$USD/ha) -1	RBC	MB normalizado (\$USD/ha) 1	TIR
1	60, 91, 130, 133, 142, 213	Sin PSA	10.932,85	2,07	2.426,76	31,27
		PSA 1	11.112,43	2,08	2.453,01	31,97
		PSA 2	11.072,91	2,08	2.446,01	31,93
2	23, 25, 35, 36, 156, 187, 197, 208	Sin PSA	3.630,62	1,36	1.021,51	17,15
		PSA 1	3.810,20	1,38	1.047,76	17,82
		PSA 2	3.770,68	1,37	1.040,76	17,72
3	176, 182	Sin PSA	-1.237,49	0,88	84,68	1,87
		PSA 1	-1.057,91	0,89	110,93	2,48
		PSA 2	-1.097,43	0,89	103,93	2,33
4	263	Sin PSA	-2.454,49	0,75	-149,53	-3,61
		PSA 1	-2.274,91	0,77	-123,28	-3,03
		PSA 2	-2.314,43	0,77	-130,28	-3,20

*Horizonte de planificación 8 años, tasa de descuento 6,56 %.

6.4.3.13 Guayaba

Un total de 54 (17,36 %) unidades de mapeo fueron evaluadas económicamente para el TUT plantación de guayaba. Los rendimientos proporcionales y totales de las UT evaluadas se presentan a continuación (Cuadro 52).

De las 54 UT analizadas económicamente, 15 UT resultaron con un RP del 100 %, 1 UT con un RP del 95 %, 12 UT con un RP del 85 % y 26 UT con un RP del 80 %.

Cuadro 52. Rendimiento proporcional (RP) y total para el TUT plantación de guayaba.

Unidad de mapeo (UT)	RP	Rendimiento total normalizado (ton/ha/año) ⁻¹								Rendimiento normalizado acumulado (ton/ha/8 años) ⁻¹
		1	2	3	4	5	6	7	8	
23, 25, 35, 36, 60, 91, 130, 133, 142, 156, 176, 182, 187, 197, 213	1.00	0.00	0.00	4.00	6.00	8.00	10.00	12.00	12.00	52.00
263	0.95	0.00	0.00	3.80	5.70	7.60	9.50	11.40	11.40	49.40
273, 275, 278, 280, 286, 287, 289, 290, 294, 298, 299, 302	0.85	0.00	0.00	3.40	5.10	6.80	8.50	10.20	10.20	44.20
2, 12, 51, 106, 116, 117, 120, 147-150, 153, 274, 279, 281, 284, 285, 288, 291-293, 295-297, 300, 308	0.80	0.00	0.00	3.20	4.80	6.40	8.00	9.60	9.60	41.60

Al igual que el resto de los frutales, a continuación se presentan los indicadores económicos estimados para el TUT plantación de guayaba considerando el mayor ingreso por cambio de uso de la tierra para ambos esquemas PSA1: \$52,50 USD, PSA2: \$77,00 USD (Cuadro 53).

Cuadro 53. Indicadores económicos para el TUT plantación de guayaba, considerando el pago por servicios ambientales por cambio desde uso de la tierra de cultivos de ciclo corto o pastura degradada.

Caso	Unidades de mapeo	Esquema	VPN* normalizado (\$USD/ha) ⁻¹	RBC	MB normalizado (\$USD/ha) ⁻¹	TIR
1	23, 25, 35, 36, 60, 91, 130, 133, 142, 156, 176, 182, 187, 197, 213	Sin PSA	29.839,92	6,25	5.621,24	78,24
		PSA 1	30.019,50	6,28	5.647,49	79,39
		PSA 2	29.979,98	6,28	5.640,49	79,54
2	263	Sin PSA	28.152,18	6,03	5.311,39	76,11
		PSA 1	28.331,76	6,07	5.337,64	77,28
		PSA 2	28.292,24	6,06	5.330,64	77,42
3	273, 275, 278, 280, 286, 287, 289, 290, 294, 298, 299, 302	Sin PSA	24.776,38	5,57	4.691,70	71,60
		PSA 1	24.955,96	5,61	4.717,95	72,79
		PSA 2	24.916,44	5,60	4.710,95	72,89
4	2, 12, 51, 106, 116, 117, 120, 147-150, 153, 274, 279, 281, 284, 285, 288, 291-293, 295-297, 300, 308	Sin PSA	23.088,46	5,33	4.381,85	69,22
		PSA 1	23.268,04	5,37	4.408,10	70,38
		PSA 2	23.228,52	5,36	4.401,10	70,49

*Horizonte de planificación 8 años, tasa de descuento 6,56 %.

6.4.3.14 Limón mesina

Un total de 53 (17,04 %) unidades de mapeo fueron evaluadas económicamente para el TUT plantación de limón mesina. Los rendimientos proporcionales y totales de las UT evaluadas se presentan a continuación (Cuadro 54).

Cuadro 54. Rendimiento proporcional (RP) y total para el TUT plantación de limón mesina.

Unidad de mapeo (UT)	RP	Rendimiento total normalizado (ton/ha/año) ⁻¹								Rendimiento normalizado acumulado (ton/ha/8 años) ⁻¹
		1	2	3	4	5	6	7	8	
23, 25, 35, 36, 60, 91, 130, 133, 142, 156, 176, 182, 187, 197, 213	1,00	0.00	0.00	0.50	1.50	2.50	6.00	10.00	12.00	33.50
2, 12, 106, 116, 117, 147, 148, 150, 291, 292, 295, 297, 300	0,85	0.00	0.00	0.43	1.28	2.13	5.10	8.50	10.20	28.48
149, 153, 273, 275, 278, 279, 280, 281, 284, 285, 286, 287, 289, 230, 293, 294, 298, 299, 302, 308	0,80	0.00	0.00	0.40	1.20	2.00	4.80	8.00	9.60	26.80
51, 120, 274, 288, 296	0,75	0.00	0.00	0.38	1.13	1.88	4.50	7.50	9.00	25.13

De las 53 UT analizadas económicamente, 15 UT resultaron con un RP del 100 %, 13 UT con un RP del 85 %, 20 UT con un RP del 80 % y 5 UT con un RP del 0,75 %.

Al igual que el resto de los frutales, a continuación se presentan los indicadores económicos estimados para el TUT plantación de limón mesina considerando el mayor ingreso por cambio de uso de la tierra para ambos esquemas PSA1: \$52,50 USD, PSA2: \$77,00 USD (Cuadro 55).

Cuadro 55. Indicadores económicos para el TUT plantación de limón mesina, considerando el pago por servicios ambientales por cambio desde uso de la tierra de cultivos de ciclo corto o pastura degradada.

Caso	Unidades de mapeo	Esquema	VPN* normalizado (\$USD/ha) ⁻¹	RBC	MB normalizado (\$USD/ha) ⁻¹	TIR
1	23, 25, 35, 36, 60, 91, 130, 133, 142, 156, 176, 182, 187, 197, 213	Sin PSA	9.731,85	2,77	2.066,02	37,38
		PSA 1	9.911,43	2,81	2.092,27	38,44
		PSA 2	9.871,91	2,80	2.085,27	38,4
2	2, 12, 106, 116, 117, 147, 148, 150, 291, 292, 295, 297, 300	Sin PSA	7.653,08	2,45	1.663,81	33,07
		PSA 1	7.832,66	2,48	1.690,06	34,14
		PSA 2	7.793,14	2,48	1.683,06	34,08
3	149, 153, 273, 275, 278, 279, 280, 281, 284, 285, 286, 287, 289, 230, 293, 294, 298, 299, 302, 308	Sin PSA	6.960,04	2,33	1.529,74	31,48
		PSA 1	7.139,62	2,37	1.555,99	32,56
		PSA 2	7.100,10	2,36	1.548,99	32,48
4	51, 120, 274, 288, 296	Sin PSA	6.267,56	2,22	1.395,68	29,82
		PSA 1	6.447,14	2,25	1.421,93	30,9
		PSA 2	6.407,62	2,25	1.414,93	30,81

*Horizonte de planificación 8 años, tasa de descuento 6,56 %.

6.4.3.15 Mango

Un total de 54 (17.36 %) unidades de mapeo fueron evaluadas económicamente. Los rendimientos proporcionales y totales de las UT evaluadas se presentan a continuación (Cuadro 56).

Cuadro 56. Rendimiento proporcional (RP) y total para el TUT plantación de mango.

Unidad de mapeo (UT)	RP	Rendimiento total normalizado (ton/ha/año) ⁻¹								Rendimiento normalizado acumulado (ton/ha/8 años) ⁻¹
		1	2	3	4	5	6	7	8	
23, 25, 35, 36, 60, 91, 130, 133, 142, 156, 187, 197, 213, 263	1,00	0,00	0,00	0,00	0,50	1,00	2,50	3,00	4,50	11,50
176, 182, 290, 298, 299, 302,	0,95	0,00	0,00	0,00	0,48	0,95	2,38	2,85	4,28	10,93
117, 147, 279, 284, 285, 291, 292, 293, 297, 308,	0,90	0,00	0,00	0,00	0,45	0,90	2,25	2,70	4,05	10,35
2, 12, 51, 116, 120, 273, 274, 275, 278, 280, 286, 287, 288, 289, 294, 295, 296, 300	0,85	0,00	0,00	0,00	0,43	0,85	2,13	2,55	3,83	9,78
106, 148, 149, 150, 153, 281	0,80	0,00	0,00	0,00	0,40	0,80	2,00	2,40	3,60	9,20

De las 54 UT analizadas económicamente, 14 UT resultaron con un RP del 100 %, 6 UT con un RP del 95 %, 10 UT con un RP del 90 %, 18 UT con un RP del 85 %, 6 UT con un RP del 80 %.

Al igual que el resto de los frutales, a continuación se presentan los indicadores económicos estimados para el TUT plantación de mango considerando el mayor ingreso por cambio de uso de la tierra para ambos esquemas PSA1: \$52,50 USD, PSA2: \$77,00 USD (Cuadro 57).

Cuadro 57. Indicadores económicos para el TUT plantación de mango, considerando el pago por servicios ambientales por cambio desde uso de la tierra de cultivos de ciclo corto o pastura degradada.

Caso	Unidades de mapeo	Esquema	VPN* normalizado (\$USD/ha) ⁻¹	RBC	MB normalizado (\$USD/ha) ⁻¹	TIR
1	23, 25, 35, 36, 60, 91, 130, 133, 142, 156, 187, 197, 213, 263	Sin PSA	1764,00	1,54	464,67	19,01
		PSA 1	1943,58	1,60	490,92	20,70
		PSA 2	1904,06	1,58	483,92	20,47
2	176, 182, 290, 298, 299, 302,	Sin PSA	1525,08	1,47	418,43	17,62
		PSA 1	1704,66	1,52	444,68	19,33
		PSA 2	1665,14	1,51	437,68	19,08
3	117, 147, 279, 284, 285, 291, 292, 293, 297, 308,	Sin PSA	1285,98	1,40	372,18	16,17
		PSA 1	1465,56	1,45	398,43	17,87
		PSA 2	1426,04	1,44	391,43	17,61
4	2, 12, 51, 116, 120, 273, 274, 275, 278, 280, 286, 287, 288, 289, 294, 295, 296, 300	Sin PSA	1047,12	1,32	325,93	14,62
		PSA 1	1226,70	1,38	352,18	16,33
		PSA 2	1187,18	1,37	345,18	16,05
5	106, 148, 149, 150, 153, 281	Sin PSA	807,87	1,25	279,69	13,00
		PSA 1	987,45	1,31	305,94	14,68
		PSA 2	947,93	1,30	298,94	14,40

*Horizonte de planificación 8 años, tasa de descuento 6,56 %.

6.4.3.16 Marañón

Un total de 102 (32,79 %) unidades de mapeo fueron evaluadas económicamente para el TUT marañón. Los rendimientos proporcionales y totales de las UT evaluadas se presentan a continuación

(Cuadro 58). De las 102 UT analizadas económicamente, 15 UT resultaron con un RP del 95 %, 1 UT con un RP del 90 %, 81 UT con un RP del 80 % y 5 UT con un RP del 75 %.

Cuadro 58. Rendimiento proporcional (RP) y total para el TUT plantación de marañón.

Unidad de mapeo (UT)	RP	Rendimiento total normalizado (ton/ha/año) ⁻¹								Rendimiento normalizado acumulado (ton/ha/8 años) ⁻¹
		1	2	3	4	5	6	7	8	
23, 25, 35, 36, 60, 91, 130, 133, 142, 156, 176, 182, 187, 197, 213	0.95	0.00	0.00	0.50	1.01	2.01	2.52	3.52	4.03	13.59
263	0.9	0.00	0.00	0.48	0.95	1.91	2.39	3.34	3.82	12.88
1-9, 12, 32, 43, 44, 51, 54, 55, 61, 64, 68, 69, 81, 86, 87, 95, 97, 104, 105, 106, 114, 115, 116, 117, 120, 136, 138, 140, 141, 143, 144, 147, 148, 149, 150, 151, 153, 180, 186, 200, 201, 216, 221, 232, 273, 274, 275, 278, 279, 280, 281, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290-300, 302, 308	0.8	0.00	0.00	0.42	0.85	1.70	2.12	2.97	3.39	11.45
13, 14, 15, 37, 59	0.75	0.00	0.00	0.40	0.80	1.59	1.99	2.78	3.18	10.73

Al igual que el resto de los frutales, a continuación se presentan los indicadores económicos estimados para el TUT plantación de marañón considerando el mayor ingreso por cambio de uso de la tierra para ambos esquemas por PSA1: \$52,50 USD y PSA2: \$77,00 USD (Cuadro 59).

Cuadro 59. Indicadores económicos para el TUT plantación de marañón, considerando el pago por servicios ambientales por cambio desde uso de la tierra de cultivos de ciclo corto o pastura degradada.

Caso	Unidades de mapeo	Esquema	VPN* normalizado (\$USD/ha) ⁻¹	RBC	MB normalizado (\$USD/ha) ⁻¹	TIR
1	23, 25, 35, 36, 60, 91, 130, 133, 142, 156, 176, 182, 187, 197, 213	Sin PSA	3756.35	2.52	799.77	32.61
		PSA 1	3935.93	2.59	826.02	34.55
		PSA 2	3896.41	2.57	819.02	34.45
2	263	Sin PSA	3455.78	2.41	743.10	31.21
		PSA 1	3635.36	2.49	769.35	33.17
		PSA 2	3595.84	2.47	762.35	33.05
3	1-9, 12, 32, 43, 44, 51, 54, 55, 61, 64, 68, 69, 81, 86, 87, 95, 97, 104, 105, 106, 114, 115, 116, 117, 120, 136, 138, 140, 141, 143, 144, 147, 148, 149, 150, 151, 153, 180, 186, 200, 201, 216, 221, 232, 273, 274, 275, 278, 279, 280, 281, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290-300, 302, 308	Sin PSA	2854.65	2.19	629.76	28.18
		PSA 1	3034.23	2.27	656.01	30.18
		PSA 2	2994.71	2.25	649.01	30.02
4	13, 14, 15, 37, 59	Sin PSA	2553.93	2.08	573.09	26.55
		PSA 1	2733.51	2.16	599.34	28.56
		PSA 2	2693.99	2.14	592.34	28.38

*Horizonte de planificación 8 años, tasa de descuento 6,56 %.

6.4.3.17 Naranja

Un total de 15 (4,82 %) unidades de mapeo fueron evaluadas económicamente para el TUT plantación de naranja. Los rendimientos proporcionales y totales de las UT evaluadas se presentan a continuación (Cuadro 60). De las 15 UT analizadas económicamente, 5 UT resultaron con un RP del 95 %, 7 UT con un RP del 90 % y 3 UT con un RP del 85 %.

Cuadro 60. Rendimiento proporcional (RP) y total para el TUT plantación de naranja.

Unidad de mapeo (UT)	RP	Rendimiento total normalizado (ton/ha/año) ⁻¹								Rendimiento normalizado acumulado (ton/ha/8 años) ⁻¹
		1	2	3	4	5	6	7	8	
156, 176, 182, 187, 197	0,95	0,00	0,00	0,00	4,28	8,55	17,10	34,20	38,48	102,60
23, 25, 35, 36, 60, 91, 130	0,90	0,00	0,00	0,00	4,05	8,10	16,20	32,40	36,45	97,20
133, 142, 213	0,85	0,00	0,00	0,00	3,83	7,65	15,30	30,60	34,43	91,80

Al igual que el resto de los frutales, a continuación se presentan los indicadores económicos estimados para el TUT naranja considerando el mayor ingreso por cambio de uso de la tierra para ambos esquemas PSA1: \$52,50 USD, PSA2: \$77,00 USD (Cuadro 61).

Cuadro 61. Indicadores económicos para el TUT plantación de naranja, considerando el pago por servicios ambientales por cambio desde uso de la tierra de cultivos de ciclo corto o pastura degradada.

Caso	Unidades de mapeo	Esquema	VPN* normalizado (\$USD/ha) ⁻¹	RBC	MB normalizado (\$USD/ha) ⁻¹	TIR
1	156, 176, 182, 187, 197	Sin PSA	6.645,77	2,00	1.508,40	28,56
		PSA 1	6.825,35	2,02	1.534,65	29,52
		PSA 2	6.785,83	2,02	1.527,65	29,44
2	23, 25, 35, 36, 60, 91, 130	Sin PSA	6.064,64	1,93	1.394,54	27,24
		PSA 1	6.244,22	1,95	1.420,79	28,21
		PSA 2	6.204,70	1,95	1.413,79	28,12
3	133, 142, 213	Sin PSA	5.483,66	1,85	1.280,68	25,86
		PSA 1	5.663,24	1,88	1.306,93	26,83
		PSA 2	5.623,72	1,87	1.299,93	26,73

*Horizonte de planificación 8 años, tasa de descuento 6,56 %.

6.4.3.18 Cocobolo

Un total de 54 (17,36 %) unidades de mapeo fueron evaluadas económicamente para el TUT plantación forestal de cocobolo con dos tipos de comercialización: madera en pie y aserrada. Los rendimientos proporcionales y totales de las UT evaluadas se presentan a continuación (Cuadro 62). De las 54 UT analizadas económicamente, 6 UT resultaron con un RP del 100 %, 16 UT con un RP del 95 %, 5 UT con un RP del 90 %, 1 UT con un RP del 85 %, 21 UT con un RP del 80 % y 5 UT con un RP del 75 %.

Cuadro 62. Rendimiento proporcional (RP) y total para el TUT plantación forestal de cocobolo.

Unidad de mapeo (UT)	RP	Rendimiento total normalizado (m ³ /ha/año) ⁻¹									
		1	2	3	4	5	6	7	8 ^a	8 ^b	
60, 91, 130, 133, 142, 213	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	74,40	52,08
51, 54, 120, 180, 201, 216, 221, 226, 228, 231, 232, 274, 288, 295, 296, 300	0,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	70,68	49,48
23, 25, 35, 36, 156	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	66,96	46,87
200	0,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	63,24	44,27
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 116, 144, 279, 290, 291, 292, 297, 298, 299, 302, 308	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	59,52	41,66
32, 43, 44, 55, 61	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	55,80	39,06

a) Madera en pie, b) Madera aserrada (<55 %)

A continuación se presentan los indicadores económicos estimados para el TUT plantación forestal de cocobolo considerando el mayor ingreso por cambio de uso de la tierra para ambos esquemas PSA1: \$90 USD y PSA2: \$132 USD (Cuadro 63).

Cuadro 63. Indicadores económicos para el TUT plantación forestal de cocobolo, considerando el pago por servicios ambientales por cambio desde uso de la tierra de cultivos de ciclo corto o pastura degradada.

Caso	Unidades de mapeo	Esquema	VPN normalizado (\$USD/ha) ⁻¹	RBC	MB normalizado (\$USD/ha) ⁻¹	TIR
1	60, 91, 130, 133, 142, 213	Sin PSA	972,85	1,42	322,98	14,04
		Sin PSA*	11.538,50	3,32	2.552,95	42,07
		PSA 1	1280,74	1,56	367,98	17,12
		PSA 2	1212,96	1,53	355,98	16,62
2	51, 54, 120, 180, 201, 216, 221, 226, 228, 231, 232, 274, 288, 295, 296, 300	Sin PSA	809,50	1,35	289,04	12,99
		Sin PSA*	10.846,87	3,24	2.407,50	41,05
		PSA 1	1.117,39	1,49	334,04	16,07
		PSA 2	1.049,61	1,46	322,04	15,54
3	23, 25, 35, 36, 156	Sin PSA	646,16	1,28	255,09	11,87
		Sin PSA*	10.155,24	3,16	2.262,06	39,97
		PSA 1	954,05	1,42	300,09	14,95
		PSA 2	886,27	1,39	288,09	14,39
4	200	Sin PSA	482,81	1,21	221,15	10,65
		Sin PSA*	9.463,61	3,07	2.116,62	38,84
		PSA 1	790,70	1,34	266,15	13,76
		PSA 2	722,92	1,32	254,15	13,19
5	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 116, 144, 279, 290, 291, 292, 297, 298, 299, 302, 308	Sin PSA	319,46	1,14	187,20	9,35
		Sin PSA*	8.771,99	2,98	1.971,17	37,64
		PSA 1	627,35	1,27	232,20	12,50
		PSA 2	559,57	1,24	220,20	11,88
6	32, 43, 44, 55, 61	Sin PSA	156,12	1,07	153,26	7,99
		Sin PSA*	8.080,35	2,88	1.825,73	36,40
		PSA 1	464,01	1,20	198,26	11,13
		PSA 2	396,23	1,17	186,26	10,47

Sin PSA madera en pie. Sin PSA* madera aserrada. Horizonte de planificación 8 años. Tasa de descuento 6,56 %.

6.4.3.19 Guanacaste

Un total de 103 (33,11 %) UT fueron evaluadas económicamente para el TUT plantación forestal de guanacaste con dos tipos de comercialización: madera en pie y aserrada. Los rendimientos proporcionales y totales de las UT evaluadas se presentan a continuación (Cuadro 64). De las 103 UT analizadas económicamente, 15 UT resultaron con un RP del 100 %, 1 UT con un RP del 95 %, 3 UT con un RP del 90 %, 17 UT con un RP del 85 %, 65 UT con un RP del 80% y 2 UT con RP del 70 %.

Cuadro 64. Rendimiento proporcional (RP) y total para el TUT plantación forestal de guanacaste.

Unidad de mapeo (UT)	RP	Rendimiento total normalizado (m ³ /ha/año) ⁻¹									
		1	2	3	4	5	6	7	8a	8b	
23, 25, 35, 36, 60, 91, 130, 133, 142, 156, 176, 182, 187, 197, 213	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	73,60	51,52
263	0,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	69,92	48,94
208, 280, 298	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	66,24	46,37
106, 149, 273, 275, 278, 284-287, 289, 290, 293, 294, 297, 299, 302, 308	0,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	62,56	43,79
1-9, 12, 15, 32, 37, 43, 44, 51, 54, 55, 59, 61, 64, 68, 69, 81, 86, 87, 95, 97, 104, 105, 114-117, 120, 136, 138, 140, 141, 143, 144, 147, 148, 150, 151, 153, 180, 186, 200, 201, 216, 221, 226, 228, 231, 232, 274, 279, 281, 288, 291, 292, 295, 296, 300	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	58,88	41,22
13, 14	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	51,52	36,06

a) Madera en pie, b) Madera aserrada (<55 %)

Al igual que el resto de los frutales, a continuación se presentan los indicadores económicos estimados para el TUT plantación forestal de guanacaste considerando el mayor ingreso por cambio de uso de la tierra para ambos esquemas PSA1: \$90 USD, PSA2: \$132 USD (Cuadro 65).

Cuadro 65. Indicadores económicos para el TUT plantación forestal de guanacaste, considerando el pago por servicios ambientales por cambio desde uso de la tierra de cultivos de ciclo corto o pastura degradada.

Caso	Unidades de mapeo	Esquema	VPN normalizado (\$USD/ha) ⁻¹	RBC	MB normalizado (\$USD/ha) ⁻¹	TIR
1	23, 25, 35, 36, 60, 91, 130, 133, 142, 156, 176, 182, 187, 197, 213	Sin PSA	713,10	1,33	257,87	12,87
		Sin PSA*	2.726,42	1,57	710,22	22,34
		PSA 1	1.020,99	1,47	302,87	16,34
		PSA 2	953,21	1,44	290,87	15,74
2	263	Sin PSA	569,46	1,26	228,02	11,76
		Sin PSA*	2.482,11	1,53	657,75	21,37
		PSA 1	877,35	1,41	273,02	15,23
		PSA 2	809,57	1,37	261,02	14,61
3	208, 280, 298	Sin PSA	425,82	1,20	198,17	10,57
		Sin PSA*	2.237,81	1,49	605,29	20,36
		PSA 1	733,71	1,34	243,17	14,05
		PSA 2	665,93	1,31	231,17	13,41
4	106, 149, 273, 275, 278, 284-287, 289, 290, 293, 294, 297, 299, 302, 308	Sin PSA	282,19	1,13	168,33	9,29
		Sin PSA*	1.993,50	1,45	552,82	19,29
		PSA 1	590,08	1,27	213,33	12,82
		PSA 2	522,30	1,24	201,33	12,13
5	1-9, 12, 15, 32, 37, 43, 44, 51, 54, 55, 59, 61, 64, 68, 69, 81, 86, 87, 95, 97, 104, 105, 114-117, 120, 136, 138, 140, 141, 143, 144, 147, 148, 150, 151, 153, 180, 186, 200, 201, 216, 221, 226, 228, 231, 232, 274, 279, 281, 288, 291, 292, 295, 296, 300	Sin PSA	138,55	1,06	138,48	7,97
		Sin PSA*	1.749,20	1,41	500,35	18,15
		PSA 1	446,44	1,21	183,48	11,48
		PSA 2	378,66	1,18	171,48	10,75
6	13, 14	Sin PSA	-148,73	0,93	78,78	4,93
		Sin PSA*	1.260,59	1,31	395,42	15,60
		PSA 1	159,16	1,07	123,78	8,47
		PSA 2	91,38	1,04	111,78	7,65

Sin PSA madera en pie. Sin PSA* madera aserrada. Horizonte de planificación 8 años. Tasa de descuento 6,56 %.

6.4.3.20 Pochote

Un total de 16 (5,14 %) UT fueron evaluadas económicamente para el TUT plantación forestal de pochote con dos tipos de comercialización: madera en pie y aserrada. Los rendimientos proporcionales y totales de las UT evaluadas se presentan a continuación (Cuadro 66). De las 16 UT analizadas económicamente, 11 UT resultaron con un RP del 100 % y 5 UT con un RP del 95 %.

Cuadro 66. Rendimiento proporcional (RP) y total para el TUT plantación forestal de pochote.

Unidad de mapeo (UT)	RP	Rendimiento total normalizado (m ³ /ha/año) ⁻¹					
		1-7	8 ^a	8b	9-23	24 ^a	24b
35, 36, 60, 91, 133, 156, 176, 182, 187, 197, 208	1,00	0,00	92,00	64,54	0,00	371,90	260,33
23, 25, 130, 142, 213	0,95	0,00	87,40	61,31	0,00	353,31	247,31

a) Madera en pie, b) Madera aserrada (<55 %)

Al igual que el resto de los frutales, a continuación se presentan los indicadores económicos estimados para el TUT plantación forestal de pochote considerando el mayor ingreso por cambio de uso de la tierra para ambos esquemas PSA1: \$90 USD, PSA2: \$132 USD (Cuadro 67).

Cuadro 67. Indicadores económicos para el TUT plantación forestal de pochote, considerando el pago por servicios ambientales por cambio desde uso de la tierra de cultivos de ciclo corto o pastura degradada.

Caso	Unidades de mapeo	Esquema	VPN normalizado (\$USD/ha) ⁻¹	RBC	MB normalizado (\$USD/ha) ⁻¹	TIR
1	35, 36, 60, 91, 133, 156, 176, 182, 187, 197, 208	Sin PSA	2.315,17	2,07	593,64	21,86
		Sin PSA*	19.692,04	4,58	4.247,25	53,19
		PSA 1	2.623,06	2,21	638,64	25,08
		PSA 2	2.555,28	2,18	626,64	24,71
2	23, 25, 130, 142, 213	Sin PSA	2.090,74	1,96	547,00	20,79
		Sin PSA*	18.598,77	4,49	4.017,93	52,12
		PSA 1	2.398,63	2,10	592,00	24,05
		PSA 2	2.330,85	2,07	580,00	23,65
		PSA 1	2.315,17	2,07	593,64	21,86
		PSA 2	19.692,04	4,58	4.247,25	53,19

Sin PSA madera en pie. Sin PSA* madera aserrada. Horizonte de planificación 8 años. Tasa de descuento 6,56 %.

Los indicadores económicos obtenidos para la plantación de pochote en un turno de 24 años se presentan en el siguiente cuadro (Cuadro 68).

Cuadro 68. Indicadores económicos para el TUT plantación de pochote turno de 24 años.

Caso	Unidades de mapeo	Esquema*	VPN normalizado (\$USD/ha) ⁻¹	RBC	MB normalizado (\$USD/ha) ⁻¹	TIR
1	35, 36, 60, 91, 133, 156, 176, 182, 187, 197, 208	En pie	4.442,64	3,09	1.115,84	12,85
		Aserrada	29.788,99	5,27	6.025,54	21,34
2	23, 25, 130, 142, 213	En pie	4.114,38	3,09	1.053,00	12,56
		Aserrada	28.193,42	5,27	5.717,21	21,07

*Sin PSA. Horizonte de planificación 24 años. Tasa de descuento 6,56 %.

6.5 COMPARACIÓN ENTRE LOS TUT PASTOS NATURALES Y MEJORADOS

La aptitud física de los TUT pastos naturales y mejorados se presenta en la siguiente gráfica (Figura 9). Es notable una mayor superficie no apta permanentemente (N2) para el pasto jaragua 16.186,86 ha, mientras que brizantha y estrella acumulan menor área en dicha clase 14.206,43 y 11.936,47 ha.

Por otra parte estrella presenta la mayor superficie de tierras catalogadas como actualmente no aptas (N1) para el desarrollo de dicho pasto 7.078,19 ha, mientras que jaragua y brizantha presentan un área similar en esta categoría 2.582,10 y 2.857,79 ha respectivamente.

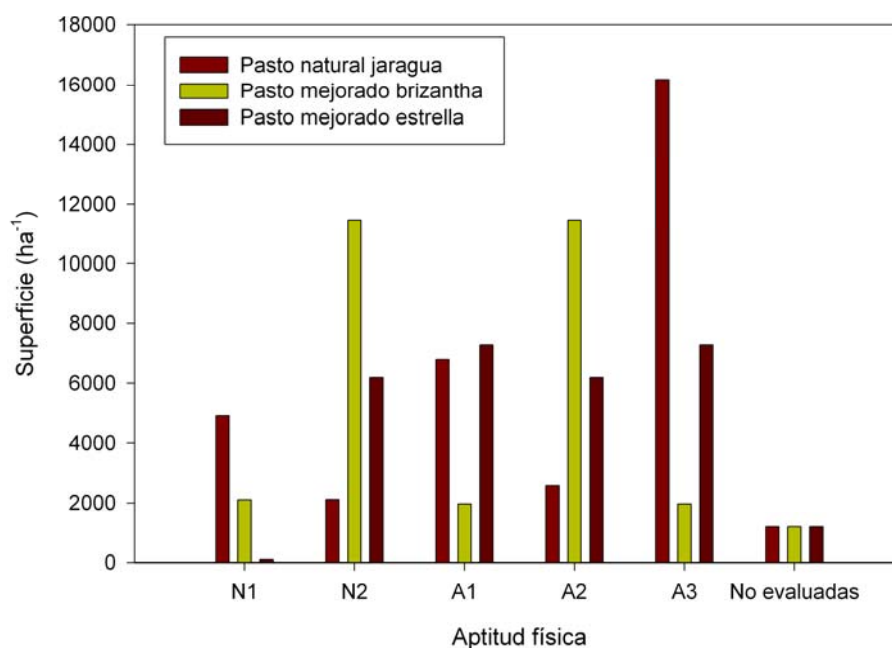


Figura 9. Aptitud física para los TUT pastos naturales y mejorados.

En la clase de aptitud altamente apta (A1) jaragua presenta la mayor superficie con 4.925,78 ha, seguido por brizantha con 2.104,16 ha y estrella con 111,96 ha. Respecto a la clase moderadamente apta (A2), brizantha aventaja ampliamente en área con 11.462,82 ha, le sigue estrella con 6.189,57 ha, mientras que jaragua fue el pasto con menor área con 2.112,62 ha. Finalmente en la clase marginalmente apta (A3) estrella es quien obtuvo la mayor superficie con 7.289,33 ha, seguido por jaragua con 6.799,78 ha y brizantha con 1.974,32 ha.

En resumen, la mayor aptitud actual para los pastos la obtuvo brizantha con 15.541,30 ha, seguido por jaragua 13.836,55 ha y estrella 13.590,86 ha (Figura 10).

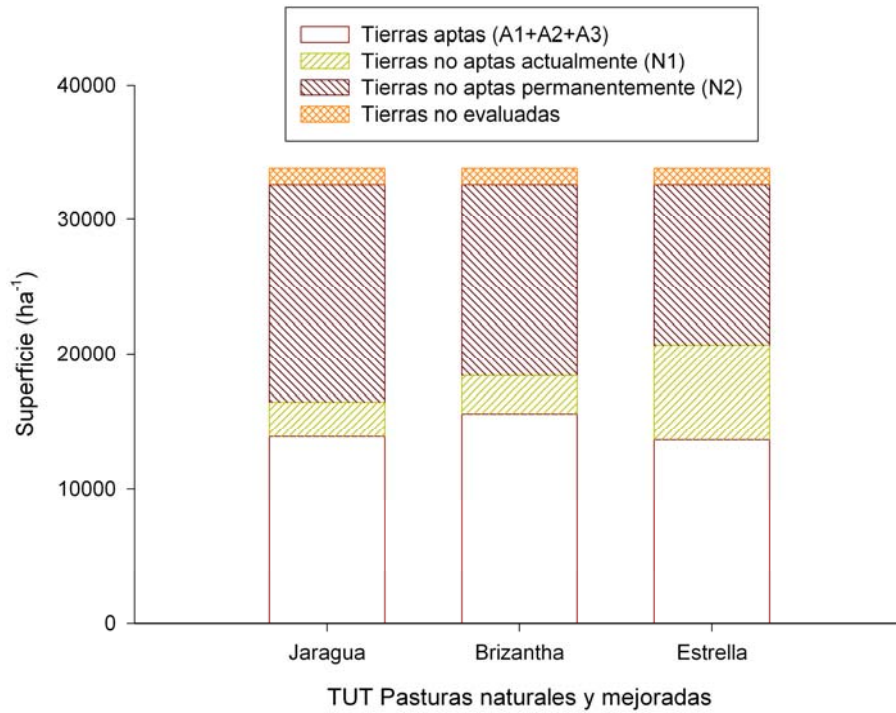


Figura 10. Aptitud física total para los TUT pastos naturales y mejorados.

La relación beneficio costo (RBC) es superior para los TUT de pastos mejorados con esquema de PSA1, mientras que sin el PSA la relación se invierte por el efecto de los precios (Figura 11).

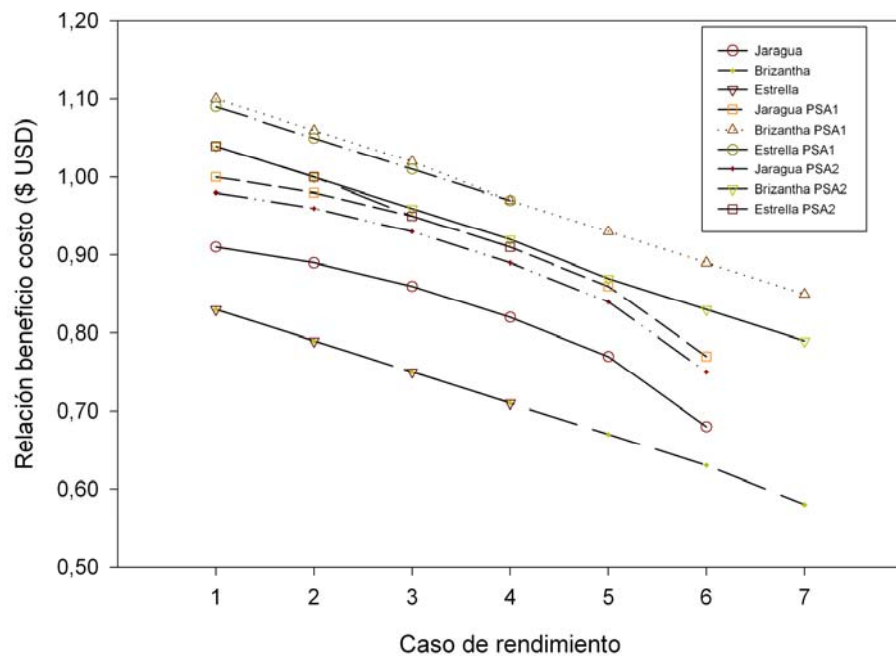


Figura 11. Comparación de la relación beneficio costo de los TUT pastos naturales y mejorados.

Por lo tanto con la producción de los TUT pastos brizantha y jaragua en tierras aptas, generaría una mayor cantidad y calidad de pastos para la alimentación del ganado a menor precio (Cuadro 69).

Cuadro 69. Costos de producción, rendimiento y valor nutritivos de los TUT pastos naturales y mejorados.

TUT	Costo (\$USD/tonMS ⁻¹)	Rendimiento (tonMS/ha/año) ⁰	DIVMS (%)	Proteína (%)
Jaragua	8,29	10-7,50	56	5,18
Brizantha	3,10	12-8,40	65	11
Estrella	3,42	11 a 9,35	57	9,66

Elaborado a partir de resultados del estudio, CCT 1994, Lobo y Díaz 2004.

6.6 COMPARACIÓN ENTRE LOS TUT PASTOS CON REGENERACIÓN NATURAL DE CEDRO

El área por aptitud física de los TUT pastos con regeneración natural de cedro en baja y alta densidad se presenta a continuación (Figura 12).

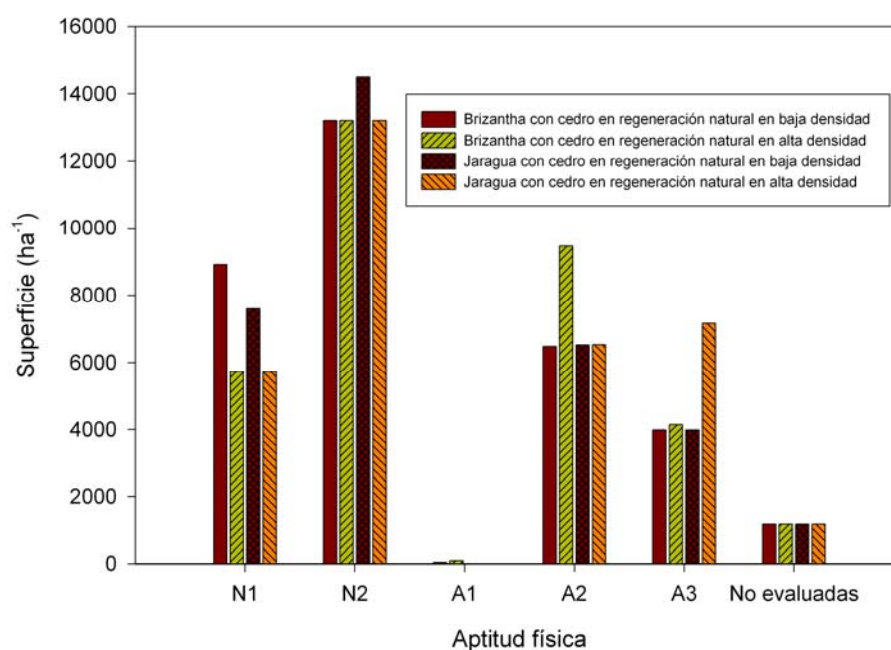


Figura 12. Aptitud física para los TUT pastos jaragua y brizantha con regeneración natural de cedro en baja y alta densidad.

Destaca la poca cantidad de tierras A1 para dichos TUT, encontrándose 42,12 ha para brizantha con cedro en regeneración natural en baja densidad (BRNCB) y 96,53 ha para brizantha con cedro en regeneración natural en alta densidad (BRNCA). En la clase A2 existe una mayor cantidad de tierras

para BRNCA con 6.483,78 ha, BRNCB con 9.449,24 ha, jaragua con cedro en regeneración natural en baja densidad (JRNCB) con 6.525,90 ha y jaragua con cedro en regeneración natural en alta densidad (JRNCA) 6.539,15 ha. En la clase A3 se encontraron 3.984,68 ha de BRNCB, 4.144,70 ha de BRNCA, 3.984,68 ha de JRNCB y 7.151,36 ha de JRNCA.

Por otra parte en la clase N1 se identificaron un total de 8.900,83 ha para BRNCB, 5.720,92 ha para BRNCA, JRNCA y 7584.052 ha para JRNCB. Mientras que en la N2 clase la tendencia es similar al encontrarse 13.194,08 ha para BRNCB, BRNCA, JRNCA y 14.510,86 ha para JRNCB.

En resumen para los TUT pastos con regeneración natural de cedro en baja y alta densidad se encontraron un total de tierras aptas actualmente (A1+A2+A3) de 10.510,60 ha para BRNCB y JRNCB, 13.690,51 ha para BRNCA y JRNCA. Respecto a las tierras no aptas actualmente (N1) BRNCB se encuentra con 8.900,84 ha, BRNCA y JRNCA con 5.720,92 ha y JRNCB 7.584,05 ha. Por último las tierras no aptas permanentemente (N2) tenemos a BRNCB, BRNCA y JRNCA con 13.194,08 ha, en tanto que para JRNCB existen 14.510,87 ha (Figura 13).

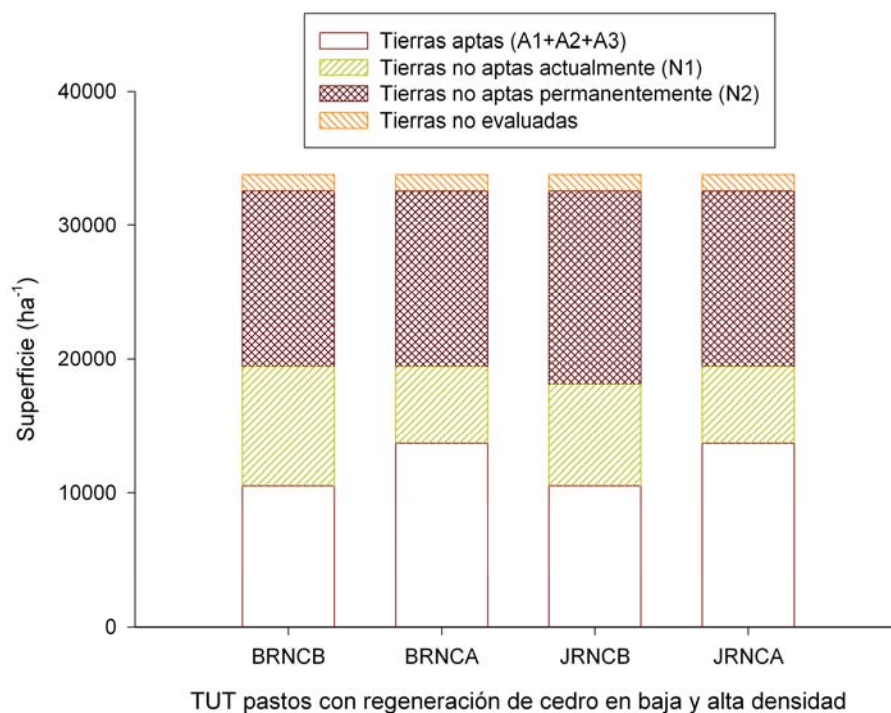


Figura 13. Aptitud física total para los TUT pastos brizantha y jaragua con regeneración natural de cedro en baja y alta densidad.

Es menester hacer notar que aunque la oferta de recursos se modificó en forma favorable para requisitos de uso de la tierra como la factibilidad de árboles, para otros casos existió como la

disponibilidad de nutrientes y agua existió mayor presión, por lo que se observa una disminución de las áreas con aptitud positiva con respecto a los TUT pastos sin árboles correspondientes.

Las tendencias de la RBC para los TUT pastos con regeneración natural de cedro señalan a los TUT con PSA1 como los más bondadosos económicamente. El efecto del PSA en la RBC se puede apreciar claramente, ya que existe una marcada diferencia entre los TUT que contemplan el PSA y los que no lo incluyen (Figura 14). Así mismo, la tendencia de jaragua de aventajar en la RBC a brizantha por efecto del precio asignado es menos notable en estos TUT, ya que las diferencias en precio ahora favorecen a brizantha por el efecto de los árboles sobre la pastura y por el efecto del PSA.

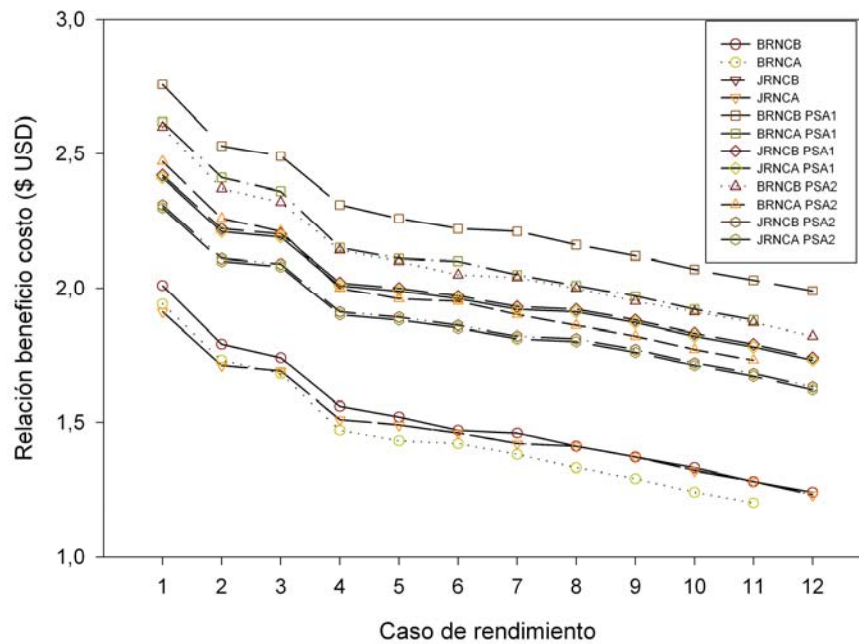


Figura 14. Comparación de la relación beneficio costo de los TUT pastos jaragua y brizantha con regeneración natural de cedro en baja y alta densidad.

6.7 COMPARACIÓN ENTRE LOS TUT BANCOS FORRAJEROS

El área por aptitud física de los TUT bancos forrajeros de gramíneas y leñosas se presenta a continuación (Figura 15).

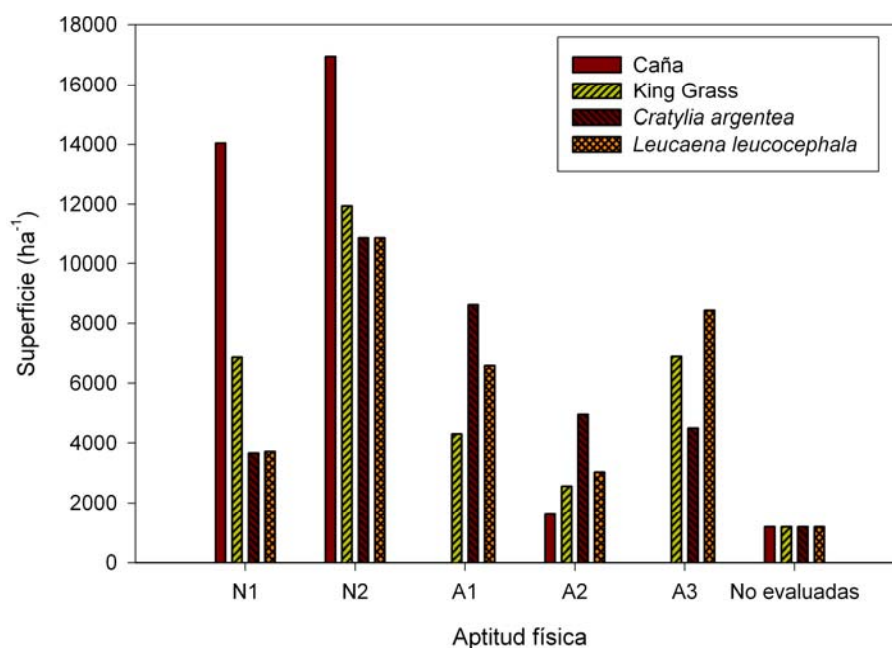


Figura 15. Aptitud física para los TUT bancos forrajeros de gramíneas y leñosas.

La figura anterior, destaca la aptitud física encontrada para los bancos forrajeros en general. Ubicándose en la clase de aptitud A1 un total de 8.622,45 ha para el banco forrajero de *Cratylia*, 6.596,31 ha para el banco forrajero de *Leucaena* y 4311,80 ha para King grass.

En la clase A2 se ubicaron un total de 4.968,40 ha para *Cratylia*, 3.010,43 ha para *Leucaena*, 1.592,73 ha para King grass y 2.559,42 ha para caña. En la clase A3 se encontraron 4.502,53 ha para *Cratylia*, 8.435,61 ha para *Leucaena*, 8,14 ha para caña y 6.910,27 ha para King grass.

En la clase N1 se encontraron 3.654,51 ha para *Cratylia*, 3.706,54 ha para *Leucaena*, 14.044,38 ha para caña y 6878.16 ha para King grass. Por último en la clase N2 se identificaron un total de 10.857,62 ha para *Cratylia*, 10.856,62 ha para *Leucaena*, 16.960,27 ha para caña y 11.945,86 ha para King grass.

En resumen, para los TUT bancos forrajeros, se identificaron 18.093,39 ha de tierras aptas para *Cratylia*, 18.042,36 ha aptas para de *Leucaena*, 1.600,87 ha para caña y 13.781,49 ha para King grass (Figura 16).

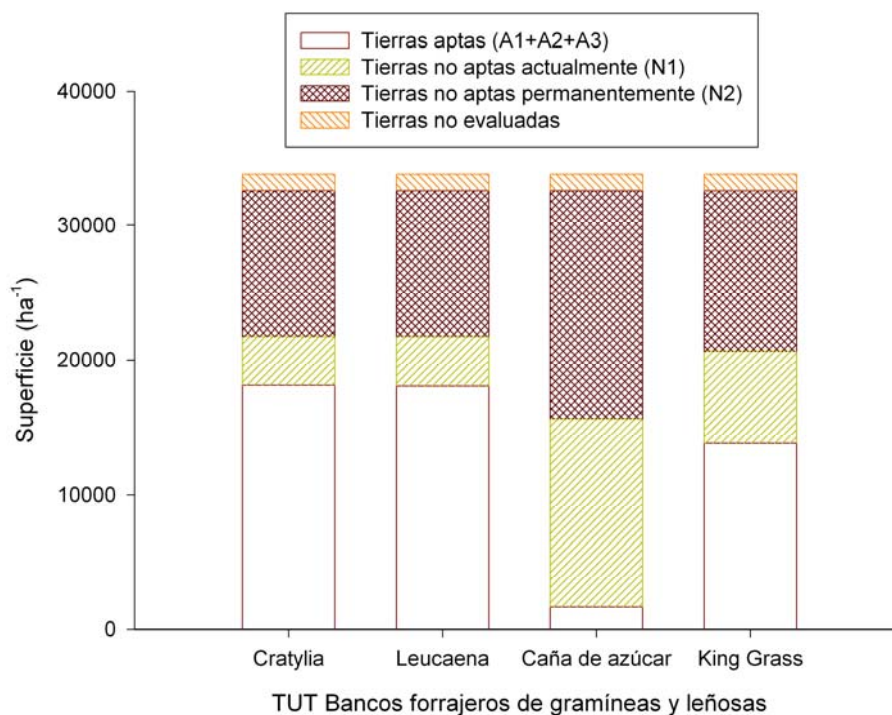


Figura 16. Aptitud física total para los TUT bancos forrajeros de gramíneas y leñosas.

La marcada diferencia entre los resultados de aptitud del banco forrajero de caña y los demás bancos forrajeros se debe fundamentalmente al rango altitudinal en el que se desarrolla óptimamente dicha especie (0 a 700 msnm), puesto que en la zona de estudio existen zonas que se alcanzan hasta poco más de los 1400 msnm, pero sobre todo a la necesidad de suelos medianamente profundos y con buenas características de aereación y humedad (Weiss 1987).

Por último cabe la pena señalar que en la presente evaluación, no se tomó en cuenta el pH, por lo que de existir suelos ácidos en la zona se podría estar sobreestimando la superficie con buena aptitud para los bancos forrajeros de *Leucaena leucocephala*, la cual es afectada por suelos ácidos (Zárate 1987).

Respecto a la comparación económica, al igual que en los TUT pastos naturales y mejorados, los precios de los productos fueron estimados a partir de dividir los costos totales entre el máximo rendimiento, por lo que los mejores TUT bancos forrajeros desde el punto de vista económico, son aquellos que proporcionan una mayor cantidad de beneficios económicos y ambientales a un menor costo, entonces el TUT banco forrajero leñosas de *Cratylia argentea* y el TUT banco forrajero de pasto King grass en la zona de estudio se muestran entre las mejores opciones (Cuadro 70).

Cuadro 70. Costos de producción, rendimiento y valor nutritivo de los TUT bancos forrajeros en la zona de estudio.

Banco forrajero	Costo (\$USD/tonMS ⁻¹)	Rendimiento (tonMS/ha/Año) ⁻¹	Proteína (%)	DIVMS (%)
<i>Cratylia argentea</i>	17.62	16-12	15-18	46,40
<i>Leucaena leucocephala</i>	20.35	12-7.8	20-27	47,80
Caña de azúcar	13.67	34-22	3,20	65
King grass	9.97	48-36	8-10	62

Elaborado a partir de Monzón 2003, Orozco 2002, Hidalgo 1998 e información de la presente evaluación.

6.8 COMPARACIÓN ENTRE LOS TUT PLANTACIONES FRUTALES

La aptitud física de los TUT frutales en el área evaluada, muestra que el área con buena aptitud física para plantaciones frutales es baja (Figura 17).

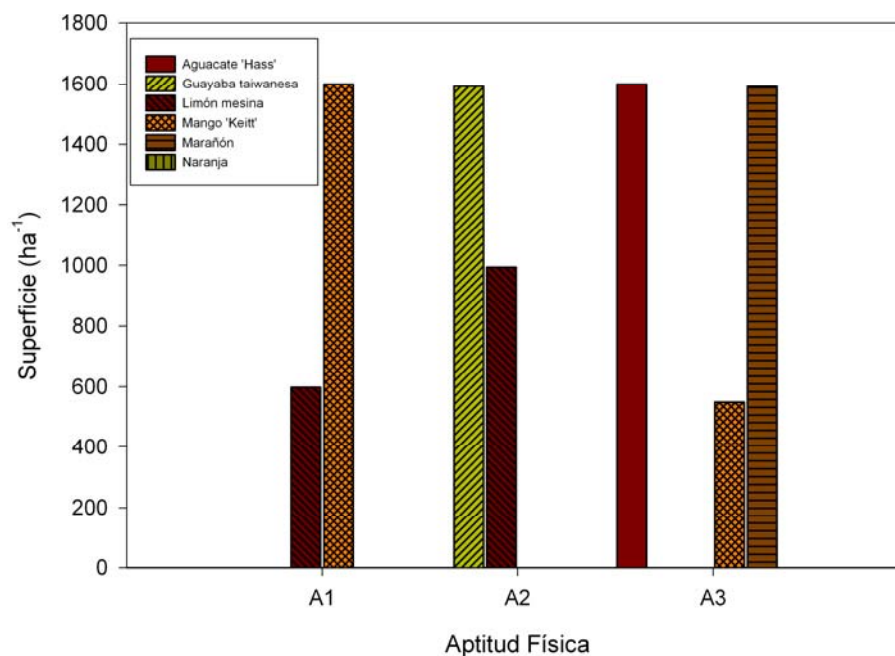


Figura 17. Área con aptitud física positiva para los TUT plantación de frutales.

Los TUT frutales que destacan con mayor superficie en la clase A1 son el limón mesina y el mango con un total de 598,42 y 1.600,87 ha respectivamente. En la clase A2 se encuentra la guayaba y el limón mesina con 1.592,73 y 994,31 ha respectivamente. En la clase A3 figuran el aguacate, mango y marañón con 1.600,87, 548,88 y 1.592,73 ha respectivamente.

Los TUT plantación de marañón, guayaba taiwanesa y limón mesina presentaron la mayor superficie en la clase N1 con 14.124,16, 3.549,22 y 3.541,20 ha respectivamente, mientras que el aguacate presentó la menor superficie en dicha clase con tan solo 1,26 ha.

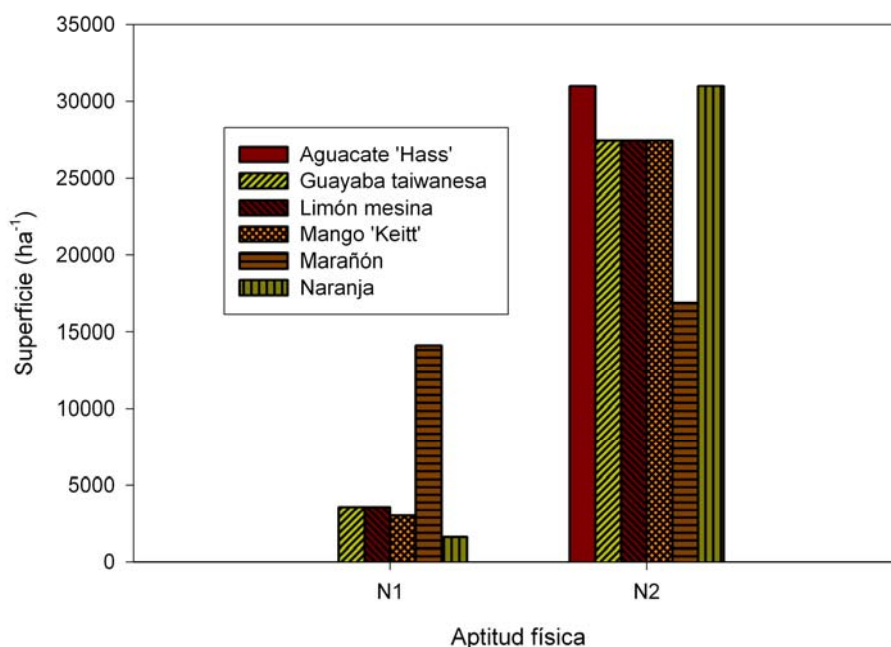


Figura 18. Área con aptitud física restrictiva para los TUT plantación de frutales.

Los TUT frutales con mayor superficie en la clase N2 son el aguacate y la naranja con alrededor de 31.000 ha, le siguen la guayaba, el limón mesina y el mango con poco más de 27.000 ha y por último el marañón con 16.890,26 ha (Figura 18).

En resumen, las tierras aptas para los TUT plantación de frutales sumaron un total de 1.600,87 ha para aguacate, 1.592,73 ha para guayaba taiwanesa, 1.592,73 ha para limón mesina, 2.149,75 para mango, 1.592,73 ha para marañón y no se encontró aptitud física para la naranja (Figura 19).

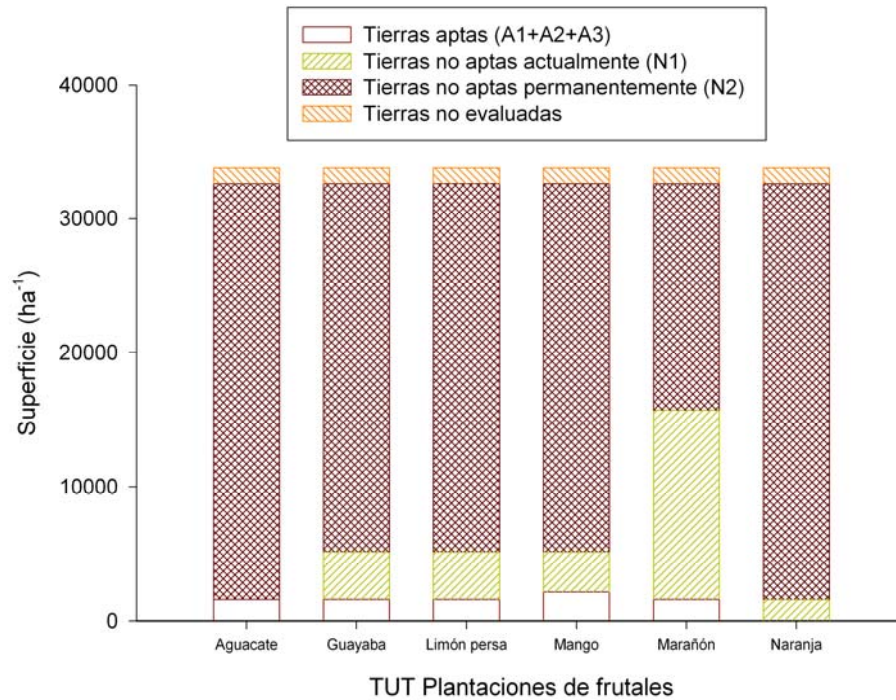


Figura 19. Aptitud física total para los TUT plantaciones frutales.

La comparación económica para las plantaciones frutales indica sin lugar a dudas indica que actualmente la plantación de guayaba es el TUT más bondadoso económicamente. Al compararse los indicadores valor presente neto (VPN) y RBC, según los diferentes casos de rendimiento obtenidos se observa claramente dicha tendencia.

Por otra parte en la figura 20, se observa una tendencia marcada de los TUT plantaciones de mango y aguacate a reducir considerablemente la RBC mientras disminuye el rendimiento proporcional. Mientras que en TUT como las plantaciones de mango y naranja conservan una tendencia homogénea.

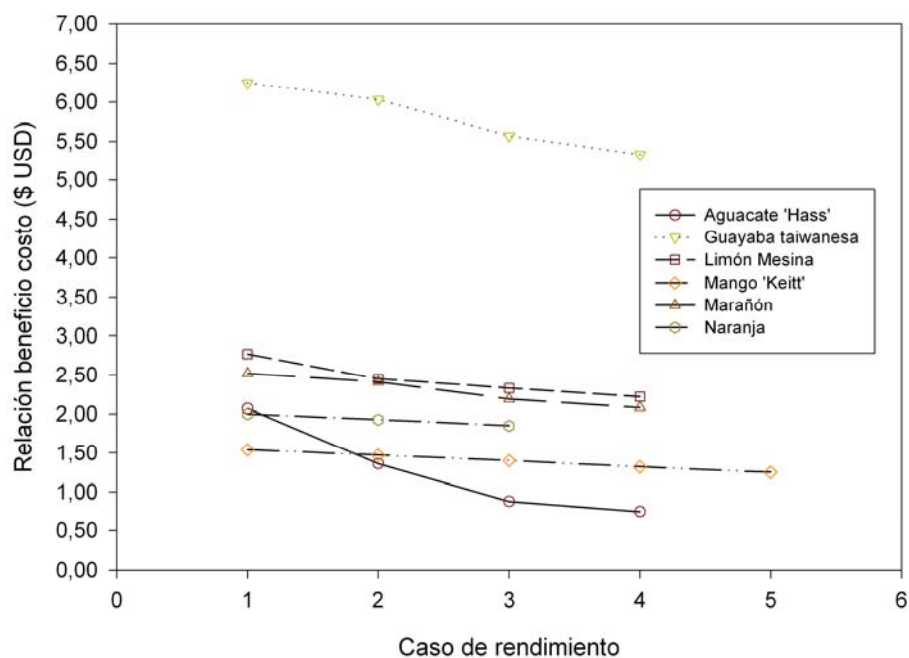


Figura 20. Comparación de la relación beneficio-costos de los TUT plantaciones frutales.

Del VPN, destaca la tendencia del TUT plantación de aguacate de ser menos rentable conforme decrece el rendimiento, llegando a ser superado por los demás TUT plantaciones frutales (Figura 21).

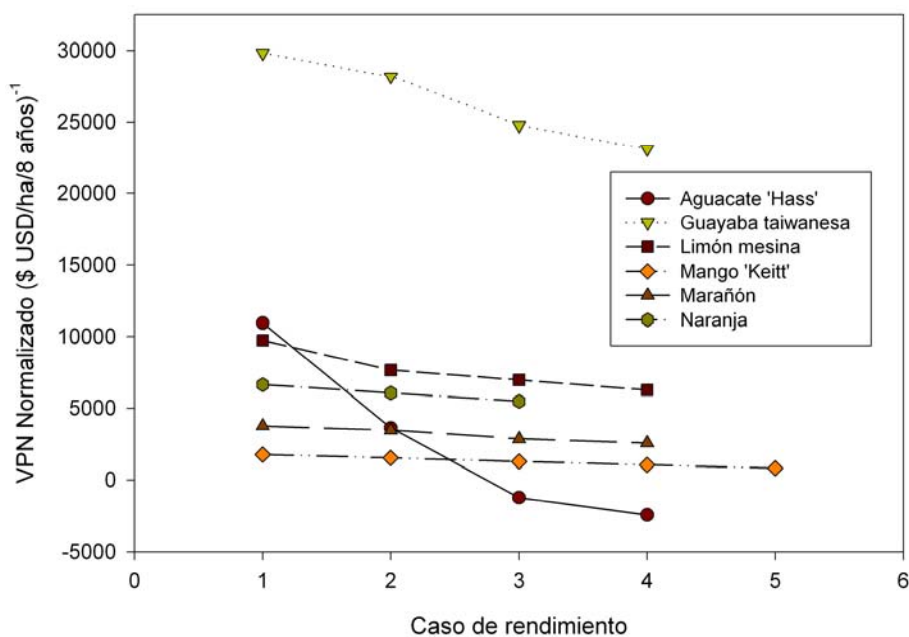


Figura 21. Comparación del valor presente neto para los TUT plantaciones frutales.

Además, destacan los bajos montos de VPN en el horizonte de planificación evaluado (8 años) para la mayoría de los frutales a excepción de los TUT plantación de aguacate y guayaba taiwanesa. Aunque en contraposición el aguacate es el único TUT frutal que presentó valores de VPN normalizado negativos.

Por otra parte también hay que señalar que el mango en el período evaluado aún no ha estabilizado sus rendimientos, por lo que para futuros análisis sería interesante evaluar horizontes de planificación más longevos. Considerando inclusive hacerlo por el total de la vida útil de cada TUT (Rossiter *et al.* 1995); o por lo menos hasta que todos los TUT hayan estabilizado tanto sus costos de producción, como su rendimiento.

6.9 COMPARACIÓN ENTRE LOS TUT PLANTACIONES FORESTALES

En la comparación de la aptitud física de los TUT forestales en el área evaluada los resultados son los siguientes (Figura 22).

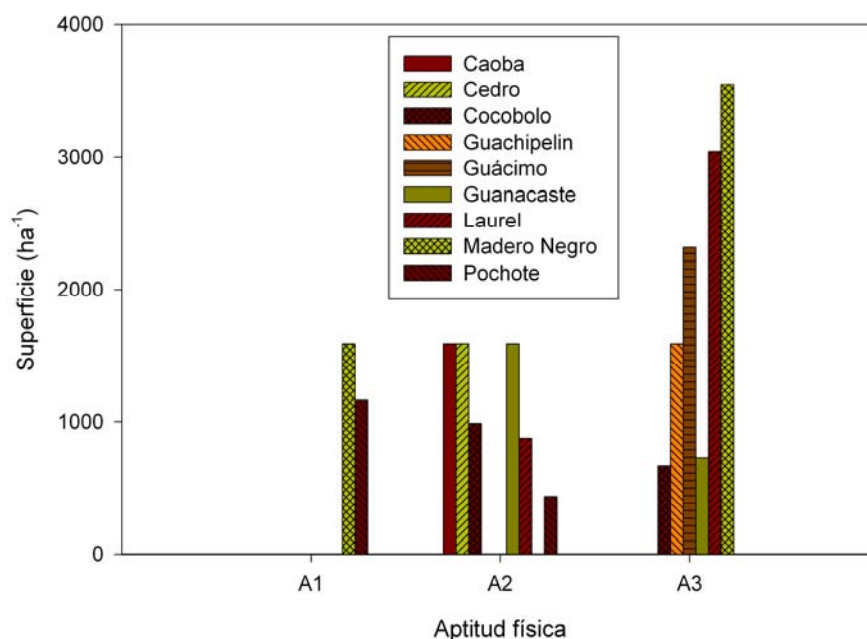


Figura 22. Aptitud física positiva para los TUT plantaciones forestales.

En la clase A1 solo se identificaron 1.592,73 ha para el TUT plantación de madero negro y 1.160,08 ha para pochote. Para la clase A2 existen 1.592,73 ha para caoba, cedro y guanacaste, 986,83 ha para cocobolo, 869,17 para laurel, 433,91 ha para pochote y 1,26 ha para madero negro. Finalmente en la

clase A3 hay 1.592,73 ha para guachipelín, 661,89 ha para cocobolo, 2.315,37 ha para guácimo, 3.045,60 ha para laurel, 3.549,22 ha para madero negro y 722,64 ha para guanacaste.

En la clase N1 se ubicaron 14.125,42 ha para caoba y cedro, 137.24 ha para guachipelín, 6.719,95 ha para cocobolo, 13.402,78 ha para guácimo y guanacaste, 11.803,39 ha para laurel, y 15.040,72 ha para madero negro. En la clase N2 se identificaron 16.887,37 ha para caoba, cedro, guácimo, laurel y guanacaste, 30.875,55 ha para guachipelín, 24.236,85 ha para cocobolo, 12.421,59 ha para madero negro y 31.011,52 ha para pochote (Figura 23).

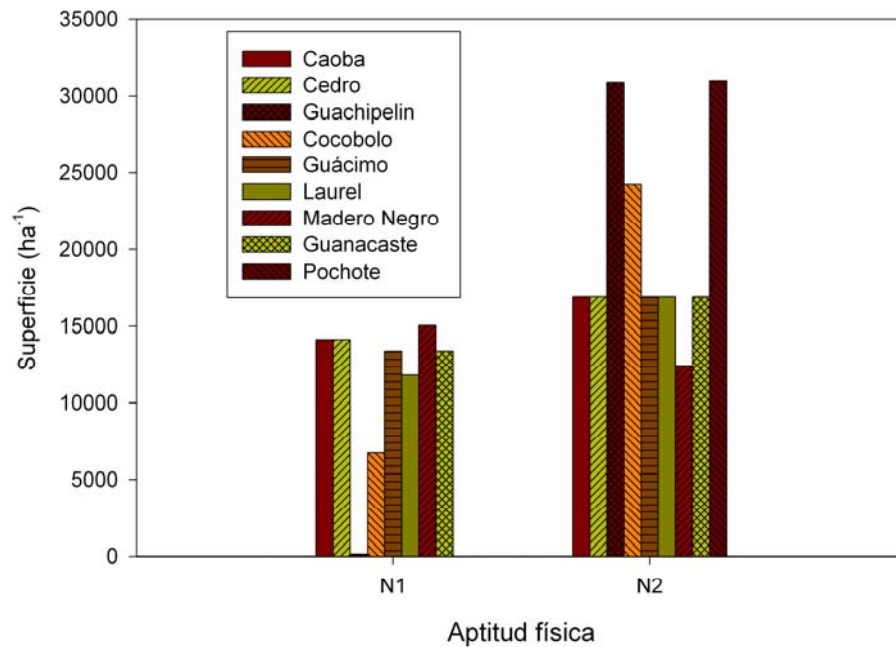


Figura 23. Aptitud física restrictiva para los TUT plantaciones forestales.

En resumen, tierras aptas para los TUT plantaciones forestales se encontraron un total de 1.592,73 ha para cedro, caoba y guachipelín, 1.648,72 ha para cocobolo, 2.315,37 ha para guácimo, 3.914,76 ha para laurel, 5.143.20 ha para madero negro, 2.315,37 ha para guanacaste y 1.593.99 ha para pochote (Figura 24).

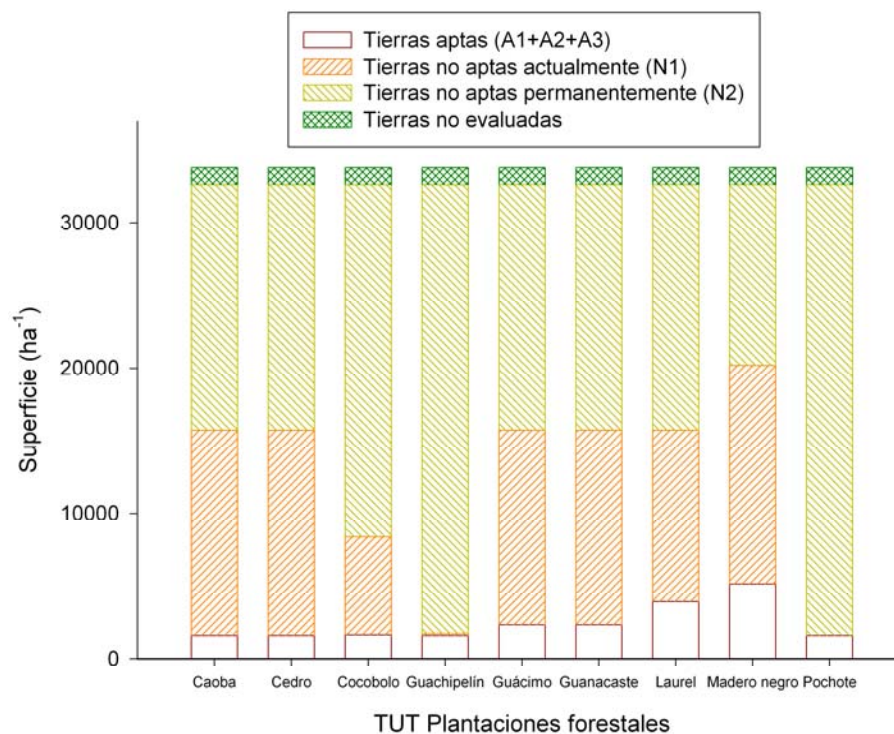


Figura 24. Aptitud física total para los TUT plantaciones forestales.

La comparación económica realizada a las plantaciones forestales de cocobolo, guanacaste y pochote, indica que actualmente la plantación de pochote es la más rentable independientemente de si el producto final es la venta de madera en pie o la de madera aserrada. La plantación de cocobolo resultó ser la segunda más rentable y por último la plantación la de guanacaste. También hay que destacar la baja RBC de las plantaciones de guanacaste, ya que inclusive es mayor la RBC de la plantación de pochote en pie (Figura 25).

Las tendencias descritas son constantes y no se observan cambios conforme decrece el rendimiento. No obstante, las observaciones anteriores se basan en darle valor al volumen producido en la plantación hasta el año 8 considerando los gastos del aprovechamiento.

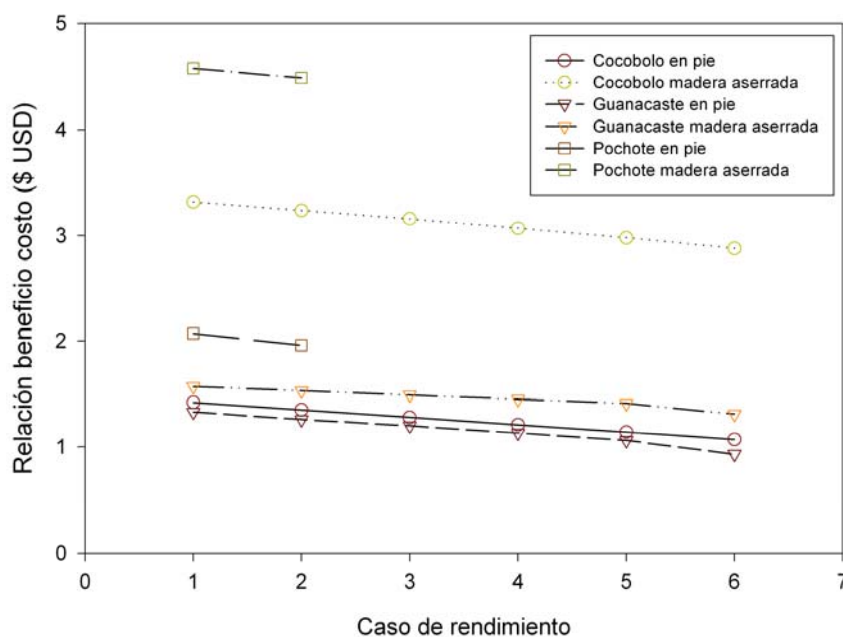


Figura 25. Comparación de la relación beneficio costo de los TUT plantaciones forestales sin PSA.

En cuanto al VPN, la tendencia difiere un poco a la observada en la RBC, ya que aunque las plantaciones de pochote y cocobolo con producto final madera aserrada siguen siendo los más rentables, la plantación de guanacaste con producto final madera aserrada si supera a la plantación de pochote venta en pie.

Además en el sexto caso de rendimiento (70 %) de la plantación de guanacaste sin PSA el VPN es negativo, por lo que en tierras con dicho rendimiento potencial es menester considerar otro uso (Figura 26).

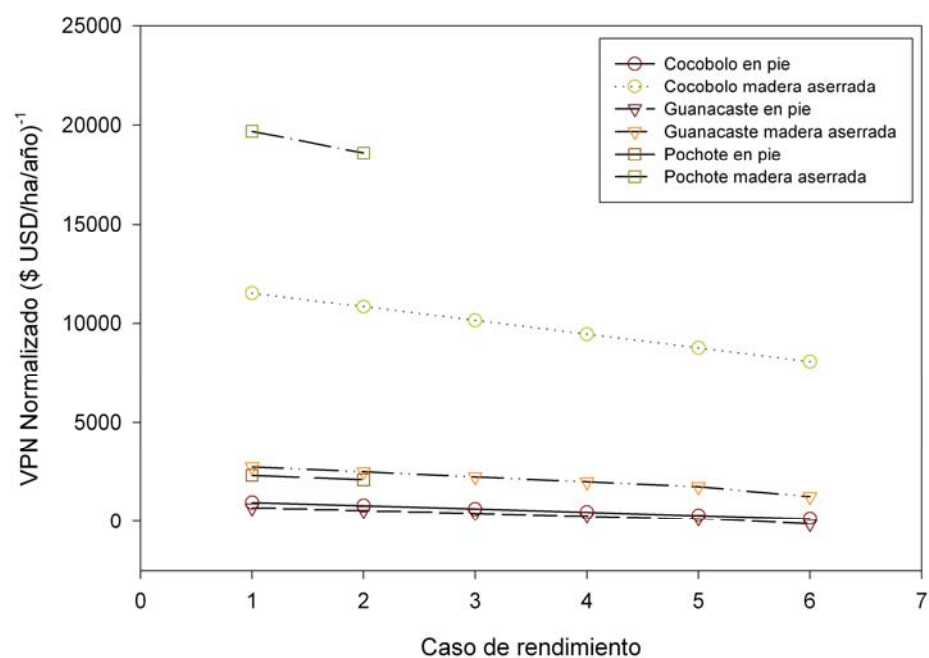


Figura 26. Comparación del valor presente neto normalizado para los TUT plantaciones forestales.

Para tener una idea de cuanto puede variar la estimación de los indicadores económicos en el para las plantación forestales del turno evaluado (8 años) a un turno real de 24 años, se presenta la comparación de realizada para el caso de la plantación de pochote (Cuadro 71).

Cuadro 71. Indicadores económicos para el TUT plantación de pochote sin PSA.

Indicador	Madera en pie		Madera aserrada	
	8 años	Turno final	8 años	Turno final
Relación beneficio costo (\$ USD)	2,07	3,09	4,58	5,27
Tasa Interna de Retorno	21,86	12,85	53,19	21,34
Margen bruto normalizado (\$ USD/ha ⁻¹)	593,64	1115,84	4247,25	6025,54
Valor presente neto normalizado (\$ USD/ha ⁻¹)	2315,17	4442,64	19692,04	29788,99

*Rendimiento proporcional del 100 %

7 CONCLUSIONES

La información recopilada, permitió conocer la aptitud de las tierras para los TUT evaluados. No obstante durante el proceso se hizo evidente la falta de información en algunos campos, dificultando la evaluación de TUT más complejos.

El ALES y el SIG permitieron simplificar la evaluación de tierras, el proceso de manipulación y generación de información, permitiendo además un manejo pulcro de los datos. No obstante, la interfase del ALES no es muy amigable y no ha sido actualizada, por lo que se dificulta la operación por parte de usuarios inexpertos.

La utilización de criterios topográficos, climatológicos y edáficos permitió la identificación de 311 unidades de mapeo homogéneas con un área total de 337,98 km², a una escala de semidetalle (1:50.000).

El proceso de evaluación de la aptitud física efectuado indica que existe aptitud moderada para el establecimiento pastos mejoradas 43,13 %, pastos con regeneración natural de cedro 35,83 %, bancos forrajeros de leñosas 53,50 %, y bancos forrajeros de gramíneas 29,08 %. Por lo que es viable implementar estos TUT en fincas la zona de estudio para incrementar los niveles productivos y liberar espacios para favorecer la regeneración natural.

La evaluación de la aptitud física también señala que existe una aptitud baja para la plantación de frutales en monocultivo 4,21 % y 7,14 % para la plantación de forestales en monocultivo bajo manejo tradicional, por lo que su implementación es inviable en la mayor parte del área de estudio.

Los resultados de la evaluación económica establecen que no existe una correlación en el 100 % de los casos entre la aptitud física, los rendimientos y la rentabilidad de los TUT.

De acuerdo a los indicadores económicos obtenidos, el pago por servicios ambientales esquema 1 del proyecto GEF-silvopastoril parece ser la opción más atractiva desde el punto de vista económico para favorecer la adopción tipos de utilización ambientalmente sostenibles.

8 RECOMENDACIONES

Realizar la validación de los resultados mediante recorridos de campo y una segunda opinión de los expertos.

Actualizar los modelos de evaluación con la información que vaya generando las investigaciones del proyecto GEF-Silvopastoril, así como con la experiencia de sus productores y técnicos, para evaluar TUT alternativos con prácticas agroconservacionistas, y sistemas silvopastoriles más complejos.

Contemplar en los programas de asistencia técnica de la región la implementación técnicas de conservación de suelos y aguas.

Incorporar a los programas de asistencia técnica y extensión de la región los resultados generados.

9 LITERATURA CITADA

- Agostini, P; Ibrahim, M; Murgueitio, E; Ramíres E. 2003. Manual operativo del proyecto enfoques silvopastoriles integrados para el manejo de ecosistemas (documento interno). PESIME (Proyecto Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas, CR), CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). v. A, p. 1-24. Sin publicar.
- Alcántar-Rocillo, JJ; Anguiano-Contreras, J; Coria-Avalos, VM; Hernández-Ruiz; Ruiz-Corral, JA. 1999. Áreas potenciales para cultivo del aguacate (*Persea americana* Mill.) cv. Hass en el estado de Michoacán, México. Revista Chapingo Serie Horticultura 5:151-154.
- Altieri, M; Nicholls, CI. 2000. Capitulo 3: Definiendo una estrategia de manejo de los recursos naturales (MRN) para agricultores pobres. In: Teoría y práctica para una agricultura sustentable, serie textos básicos para la educación ambiental 4. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, MX), Red de Formación ambiental para América Latina y el Caribe, México, MX. p. 99-124.
- Argel, PJ; Lascano, CE. 1998. *Cratylia argentea* O. Kuntze: una nueva leguminosa arbustiva para suelos ácidos en zonas húmedas tropicales. Pasturas Tropicales 20(1):37-43.
- Arroyo M, LA; Araya M, EJ. 2004. Zonificación agroecológica (ZAE) del limón mesina en la Región Pacífico Central de Costa Rica a escala 1:50.000. In: Aguilar C, MA de los. Ed. Curso sobre manejo, producción y comercialización de la lima persa (*Citrus latifolia* Tan.) (2004, Puntarenas, CR). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA, CR); Ministerio de Agricultura (MAG, CR); Consejo Nacional de la Producción (CNP, CR); Universidad de Costa Rica (UCR); Fundación Fittacori. 11-17.
- Beer, J; Harvey, C; Ibrahim, M; Harmand, JM; Somarriba, E; Jimenez, F. 2003. Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. Agroforestería de las Américas 1(37-38): 80-87.
- Botero, J 2002. Sección 3: Menú técnico para la intensificación ganadera en Costa Rica. In Casasola, F. comp. Reporte final FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). Documento Interno. Proyecto Enfoques Silvopastoriles Integrados para el manejo de Ecosistemas. GEF (Global Environmental Facility, US). p. 64-112.

- CAB International. 2000. Forestry compendium global module. (programa de computo). Wallingford, UK. . 1 disco compacto, 8 mm.
- Calle, Z; Murgueitio, E; Calle, N. 2001. Enfoques silvopastoriles integrados para el manejo de ecosistemas (en línea). CIPAV (Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria, CO). Consultado el 19 oct 2003. Disponible en: http://www.virtualcentre.org/es/res/gef_proy/default.htm?doc=enfoques_silvopastoriles4.htm?CodSeccion=3 .
- Camargo, JC. 2002. Sección 5: Los sistemas de información geográfica como herramientas para evaluar el uso del suelo, la densidad arbórea y la degradación de las pasturas en fincas ganaderas de Esparza, Costa Rica. In Casasola, F. comp. Reporte final FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). Documento Interno. Proyecto Enfoques Silvopastoriles Integrados para el manejo de Ecosistemas. GEF (Global Environmental Facility, US). p. 151-165.
- Camas Gómez, Robertony. 1995. Desarrollo de un modelo para la evaluación automatizada de tierra con énfasis en la conservación de los recursos naturales, en la Fraylesca, Chiapas, México. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 136 p.
- Casasola, F; Ibrahim M; González, A. 2002. ¿Cómo generar sistemas de información geográfica a partir de fotografías aéreas para describir los sistemas silvopastoriles y sus componentes en fincas ganaderas? Agroforestería de las Americas 9 (33-34): 60-63.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 1994. Laurel (*Cordia alliodora*), especie de árbol de uso múltiple en América Central. Turrialba, CR. 41 p. Serie Técnica Informe Técnico No. 239.
- CCT (Centro Científico Tropical, CR). 1994. Estudio de zonificación agropecuaria en la región Páfcico Central, escala 1:50.000. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). Vol 1. 300 p.

- Celada Robles, JE. 1993. Desarrollo de modelos para evaluación de tierras en el trópico seco de Jutiapa, Guatemala: aplicación del sistema automatizado –ALES- CR, CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 133 p.
- Cerrud Santos, RA. 2002. Caracterización de los sistemas silvopastoriles tradicionales en el distrito de Bugaba-Panamá. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 95 p.
- CNP (Consejo Nacional de la Producción, CR). 2004. Servicio de información de mercados Mercanet (en línea). _____. Consultado el 30 nov 2004. Disponible en: <http://www.mercanet.cnp.go.cr/sim/sim/htm>
- Cornell University (US). 1991. ALES (Automated Land Evaluation System). Versión 4.5. Ithaca, US, 1 disco compacto, 8 mm.
- Cordero, J; Boshier, DH. 2003. Descripción de la especie y distribución natural. In *Bombacopsis quinata*, un árbol maderable para reforestar. Oxford, UK, Oxford Forestry Institute, Department of Plant Sciences, University of Oxford. p. 3-12.
- Eduardo, EM de. 2000. Aplicaciones de los SIG en la zonificación agroecológica y en el manejo de recursos naturales en el Brasil. In FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). ZAE-SIRT en América Latina y el Caribe: Taller regional sobre aplicaciones de la metodología de zonificación agro-ecológica y los sistemas de información de recursos de tierras en América Latina y el Caribe (1996, Santiago, CL). Memorias. Santiago, CL, Oficina Principal de Desarrollo de Tierras y Agua (FAO, CL), Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe (CL). p. 47-60.
- ESRI (Environmental Systems Research Institute, US). 1992. ArcView GIS. (programa de computo). Versión 3.3. Redlands, US. 1 disco compacto, 8 mm.
- FAO (Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 1976. A framework for land evaluation. Roma, IT FAO (Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 66 p. Serie FAO Soils Bulletin 32.

- _____. 1986. Evaluación de tierras con fines forestales. Roma, IT FAO (Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 106 p. Serie Estudio FAO Montes.
- _____. 2003. Evaluación de tierras con metodologías de la FAO: Documento de trabajo (en línea). Santiago, CL, Proyecto Regional Ordenamiento Territorial Rural Sostenible, FAO (Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 26 p. Consultado el 10 mar 2004. Disponible en: <http://www.fao.org/Regional/LAmerica/proyecto/139jpn/document/2ordenam/talleres/tevt/tfao/evt/doctall/apunteev.pdf>.
- _____. 2004. Sistema de información sobre recursos de piensos AFRIS (en línea). _____; AGA (Dirección de Producción y Sanidad Animal); FRG (Grupo de Recursos de Piensos). Consultado el 11 oct 2004. Disponible en: http://www.fao.org/ag/AGA/AGAP/FRG/afri/es/index_es.htm.
- Forstreuter, W. 1993. Remote sensing: Geographic Information Systems. In Pancel, L. Ed. Tropical forestry handbook. Hamburgo, DE, Springer-Verlag. v. 1, 199-241 p.
- Galán S, V. 1999. El cultivo del mango. Madrid, ES, Ediciones Mundi-Prensa. 298 p.
- García, EG; Stéfano, JD di. 2000. Temperatura y germinación de las semillas de *Dalbergia retusa* (Papilionaceae), árbol en peligro de extinción. Revista de Biología Tropical 48(1):43-45.
- Geilfus, F. 1994. El árbol al servicio del agricultor: manual de agroforestería para el desarrollo rural. Turrialba, CR, CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR), ENDA-CARIBE (SN). v. 2, 778 p. (Serie técnica. Manual Técnico CATIE no. 9).
- Gobbi, JA. 2002. Sección 4: Evaluación económica. In: Casasola, F (comp.). Reporte Final de FAO en Costa Rica: Proyecto Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas (Documento Interno). FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). p. 115-148. Sin publicar.

- González M, M. 2004. Índice de precios y oferta en CENADA (en línea). Programa Integral de Mercadeo Agropecuario (PIMA, CR). Consultado el 25 nov 2004. Disponible en: <http://www.pima.go.cr/>
- Gould, WP; Raga, A. 2002. Pest of guava. *In* Peña, J; Sharp, J; Wysoki, M. Tropical fruit pest and pollinators: biology, economic importance, natural enemies and control. New York, US, CABI Publishing. p. 295-313.
- Hidalgo A, C. 1998. Bancos forrajeros: una técnica agroforestal adecuada para la Región del Pacífico Central de Costa Rica. *In* Pérez P, J; Hernández G, A. Curso Taller Internacional Ganadería Alternativa Enfoque Agroforestal (1998, Cárdenas, MX). Antología. p. 67-73.
- Holdridge, LR; Poveda, LJ; Jiménez M, Q. 1997. Árboles de Costa Rica. 2 ed. San José, CR, CCT (Centro Científico Tropical, CR). v. 1, 522 p.
- Holguín, VA; Ibrahim, M; Argel, P. 2002. La finca de Antonio López: un caso exitoso de estrategias silvopastoriles (en línea). Centro Virtual de Investigación y Desarrollo, Iniciativa para Ganadería, Medio Ambiente y Desarrollo (LEAD). Boletín Electrónico 2(2). Consultado el 20 oct 2004. Disponible en: <http://www.virtualcentre.org/es/enl/success/success.htm> .
- _____ ; Ibrahim, M. 2004. Bancos forrajeros. Turrialba, CR, Proyecto Enfoques Silvopastoriles para el Manejo de Ecosistemas, CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). p. 22.
- Ibrahim, M; Camero, A; Camargo, JC; Andrade, HJ. 1999. Sistemas silvopastoriles en América Central: experiencias de CATIE (en línea). *In* Primer Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Animal Sostenible (Calí, CO). Memorias. CIPAV (Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria, CO). Consultado el 7 jul 2004. Disponible en: <http://www.cipav.org.co/redagrofor/memorias99/Memorias.htm> .
- _____ ; Camargo, JC. 2001. ¿Cómo aumentar la regeneración de árboles maderables en potreros? Agroforestería de las Américas 8(32): 35-41.

- _____; Mora-Delgado, J. 2003. Potencialidades de los sistemas silvopastoriles para la generación de los servicios ambientales. *In* _____; _____; Rosales, M. Eds. Potencialidades de los sistemas silvopastoriles para la generación de servicios ambientales. Memorias. Turrialba, CR, CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). p. 10-22.
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos, CR). 2002. IX Censo Nacional de Población y V de Vivienda: Tabulados Básicos. _____. 1 disco compacto, 8 mm.
- ITCR (Instituto Tecnológico de Costa Rica). 2000. Atlas de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal, Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica. 1 disco compacto, 8 mm.
- Jarquín Mejía, MC. 2000. Sistema experto para el manejo de plagas del tomate asociado con café, en Grecia, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 166 p.
- Jiménez, F; Muschler, R. 2001. Agroforestería y recursos naturales. *In* Jiménez, F; Muschler, R; Köpsell, E. eds. Funciones y aplicaciones de sistemas agroforestales. Turrialba, CR, CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). p. 25-44. Serie Materiales de Enseñanza No. 46.
- Jiménez M, Q; Rojas R, F; Rojas C, V; Rodríguez S, L. 2002. Árboles maderables de Costa Rica, ecología y silvicultura. San José, CR, INBIO (Instituto Nacional de Biodiversidad, CR), Editorial Tecnológica de Costa Rica. 361 p.
- Lee, DR; Ferraro, PJ; Barret, BB. 2001. Introduction: Changing perspectives on agricultural intensification, economic development and the environment. *In*: _____; Barret, CB. Tradeoffs or synergies? agricultural intensification, economic development and the environment. CAB International. p. 1-16. Consultado el 30 Nov 2003. Disponible en: <http://www.cabi-publishing.org/Bookshop/ReadingRoom/0851994350/4350ch1.pdf>.
- León Pérez, C. 1994. Evaluación de tierras en la cuenca superior del río Reventazón, Costa Rica: aplicación de un sistema automatizado – ALES- y un sistema de información geográfica – IDRISI-. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 240 p.

- Lobo, MVP di; Acuña R, V. 2001. Productividad forrajera de *Cratylia argentea* cv. veraniega en el Trópico sub Húmedo de Costa Rica. In Arana V, R; Chávez B, N. comp. XLVII Reunión del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos y Animales (PCCMCA) (San José, CR). Resúmenes. p. 83.
- _____; Díaz S, O. 2004. Agrostología (en línea). CR, EUNED (Editorial Universidad Estatal a Distancia, CR). Consultado el 10 sep 2004. Disponible en: <http://www.uned.ac.cr/recursos/cursos/agrostologia/index.htm> .
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, CR). 1991. Aspectos técnicos de cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica (en línea). Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola, MAG. Consultado el 07 oct 2004. Disponible en: <http://www.infoagro.go.cr/Agricola/index%20tec%20agric.htm> .
- _____. 2003. IV Principales acciones realizadas en el nivel regional: Región Pacífico Central (en línea). In: Coto P, R. Ed. Memoria 2002. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Consultado el 28 ene 2004. Disponible en: http://www.mag.go.cr/Memoria2002/M02_reg.htm#dir_pacifico .
- Mahecha, L. 2002. El silvopastoreo: una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina. Rev. Colombiana de Ciencias Pecuarias 15(2):226-231.
- Mendes F, JE. 1999. Fruticultura tropical, espécies com frutos comestíveis. Lisboa, PT, Instituto de Investigação Científica Tropical; Missão de Macau em Lisboa. v. 1, 621 p.
- Medina T, Y. 2003. Condiciones climáticas: Región Pacífico Central. CNP (Consejo Nacional de Producción, CR). Boletín Informativo Región Pacífico Central No2. 4 p.
- Microsoft Corporation (US). 2000. Office XP. (programa de computo). Versión en Español. Redmond, US. 1 disco compacto, 8 mm.
- Ministerio de Salud (CR). 1995a. Datos básicos cantonales, cantones de la provincia de Puntarenas (en línea). Ministerio de Salud (CR). Consultado el 28 ene 2004. Disponible en: <http://www.netsalud.sa.cr/ms/estadist/cantones/puntare.htm> .

- _____. 1995b. Establecimientos de salud de la Región Pacífico Central (en línea). Ministerio de Salud (CR). Consultado el 28 ene 2004. Disponible en: <http://www.netsalud.sa.cr/ms/estadist/regiones/reg-pacf.htm> .
- Montenegro, J; Abarca, S. 1998. La ganadería en Costa Rica: tendencias y proyecciones, 1984-2005. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, CR). 70 p.
- Monzón Strosky, FY. 2003. Evaluación de tierras para la implementación de un sistema de ganadería semiestabulada en la subcuenca Guayabo del Río Reventazón, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 168 p.
- Mora, JM; Gamboa, JP; Elizondo, RP. 2002. Guía para el cultivo del mango (*Mangifera indica*) en Costa Rica (en línea). MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, CR). 25 p. Consultado el 07 oct 2004. Disponible en: http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec-mango.pdf .
- Moreno Álvarez, JL. 2004. Aplicación de un sistema experto para el desarrollo de un sistema evaluador del modelo capability maturity model (CMM) niveles dos y tres (en línea). Tesis Lic. Ingeniería en Sistemas Computacionales. Cholula, MX. UDLA (Universidad de las Américas, MX). Consultado el 22 sep 2004. Disponible en: http://www.pue.udlap.mx/~tesis/lis/moreno_a_jl/index.html .
- Morton, JF. 2000. Fruits of warm climates (en línea). Winterville, US, Creative Resource Systems, Inc. Consultado el 3 Nov 2004. Disponible en: <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/index.html> .
- Moya L, JC. 2002. Estudio de caso: prácticas silvopastoriles en la finca del productor José Antonio López Garita (en línea). In Solórzano, N; Quirós O; Ramírez, O. Eds. I Congreso Nacional de Agricultura Conservacionista (San José, CR, 2002). Memoria. Consultado el 28 ene 2004. Disponible en: http://www.mag.go.cr/Direcciones/Extension/Agricultura_conservacionista/congreso/Capitulo%20II.htm .

- Murgueitio, E; Ibrahim, M. 2001. Agroforestería pecuaria para la reconversión de la ganadería en Latinoamérica (en línea). *Livestock Research for Rural Development* 13(3). Consultado el 7 jul 2004. Disponible en: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd13/3/murg133.htm> .
- _____; _____; Ramírez, E; Zapata, A; Mejía, CE; Casasola, F. 2003. Usos de la tierra en fincas ganaderas: guías para el pago de servicios ambientales en el proyecto enfoques silvopastoriles para el manejo de agroecosistemas. Cali, CO, CIPAV (Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria, CO), CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR), NITLAPAN (Instituto de Investigación y Desarrollo Nitlapán, NI). 97 p.
- OFI (Oxford Forestal Institute, US); CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 2003. Árboles de Centroamérica, un manual para extensionistas. Cordero, J; Boshier, DH. Eds. 1080 p.
- Orozco B, E. 2002. Bancos forrajeros de *Cratylia Argentea* cv. veraniega: la nueva visión de manejo agrosilvopastoril en los sistemas ganaderos de la Región del Pacífico Central. In Solórzano, N; Quirós O; Ramírez, O. Eds. I Congreso Nacional de Agricultura Conservacionista (San José, CR, 2002). Memoria. Consultado el 21 oct 2004. Disponible en: http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/f08-8080_077.pdf .
- Orozco Sequeiro, G. 1993. Desarrollo de un modelo para evaluación y utilización de tierras de uso agroforestal para la región IV de Nicaragua, con el Sistema Automatizado de Evaluación de Tierras (ALES). Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 127 p.
- Pezo, D; Ibrahim, M. 2002. Sistemas silvopastoriles. In Jiménez, F. Ed. *Sistemas silvopastoriles*. 2 ed. Turrialba, CR, CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 275 p. Serie Módulo de Enseñanza Agroforestal No. 2, Materiales de Enseñanza No. 44.
- Pratt, L; Pérez, JM. 1997. Análisis de sostenibilidad de la industria de ganadería en Nicaragua (en línea). CLADS (Centro Latinoamericano para la Competitividad y el Desarrollo Sostenible, CR), INCAE (CR). 34 p. Consultado el 13 oct 2004. Disponible en: <http://www.incae.ac.cr/ES/clacds/investigacion/pdf/cen751.pdf> .

- Reuther, W. 1973. Climate and *Citrus* behavior. In _____. Ed. The *citrus* industry: production technology. US, University of California. v. 3, p. 280-233.
- Reyes-Alemán, JC. Aguilar M, JJ. 2002. Guía técnica del cultivo del aguacate. Coatepec Harinas MX, Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX (Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas del Aguacate en el Estado de México, MX), S. C. ICAMEX (Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México, MX). CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, MX). Pp. 1-28.
- Riechmann, J. 2000. Agricultura ecológica y rendimientos agrícolas: aportación para un debate inconcluso (en línea). Medio ambiente – áreas: Seguridad Alimentaria ISTAS (Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud, ES). Consultado el: 03 Nov 2003. Disponible en: <http://www.ccoo.es/istas/> .
- Rodas Camas, OA. 1996. Evaluación automatizada de tierras con fines de producción forestal y conservación hidrológica. Estudio de caso microcuenca del río Chilasco, Baja Verapaz, Guatemala. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 208 p.
- Rosa, D de la. 2002. MicroLEIS: Marco conceptual, evaluación agroecológica de tierras (en línea). Sevilla, ES, Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología, CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas, ES). 33 p. Consultado el 21 sep 2004. Disponible en: <http://leu.irnase.csic.es/microlei/manual1/marco/marco.htm> .
- Rossiter, DG. 1994. Land evaluation lecture notes (en línea). US, Cornell University. Consultado el 21 sep 2004. Disponible en: <http://www.css.cornell.edu/landeval/laev.htm> .
- _____; Jiménez, AT; Wambeke, A van. 1995. Sistema automatizado para la evaluación de tierras ALES, versión 4.5 en español: Manual para usuarios. Ithaca, US, Cornell University. 173 p. Serie Teaching Series No. T93-1.
- _____. 2003. Evaluación de tierras: éxitos y retos (en línea). In XIII Congreso Latino Americano de Ciência do Solo (1996, Aguas do Lindóia, BR) Presentación. Consultado el 21 sep 2004. Disponible en: http://www.itc.nl/~rossiter/pubs/clcs96_b.htm .

- Scora, RW ; Wolstenholme, BN ; Lavi, U. 2002. Taxonomy and botany. *In* Whiley, AW; Schaffer, B; Wolstenholme, BN. Eds. The avocado: botany, production and uses. New York US, CABI Publishing. p. 15.
- Shortle, JS; Abler, DG; Ribaudó, M. 2001. Agriculture and water quality: the issues. *In*: _____; Abler, DG. Eds. Environmental policies for agricultural pollution control. CAB International. p. 1-18.
- Sierra P, SO. 2002. Manual sobre el cultivo del limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka) en Guatemala 2002. GT, ICTA (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, GT). 26 p.
- Solórzano, N. 2002. Técnicas agrosilvopastoriles en la región Pacífico Central. *In* _____; Quirós O; Ramírez, O. Eds. I Congreso Nacional de Agricultura Conservacionista (San José, CR, 2002). Memoria. Consultado el 28 ene 2004. Disponible en: http://www.mag.go.cr/Direcciones/Extension/Agricultura_conservacionista/congreso/Capítulo%20II.htm .
- SPSS (Statistical Package for the Social Sciences Inc., US). 2000. SigmaPlot 2000. (programa de computo). Versión 6. Chicago, US. 1 disco compacto, 8 mm.
- Téliz-Ortíz, D; Mora-Aguilera, G; Morales-García, L. 2000. Importancia histórica y socioeconómica del aguacate. *In* Téliz-Ortíz, D. coord. El aguacate y su manejo integrado. MX, Ediciones Mundiprensa. p. 3-6.
- Tikunov, VS. 2002. Tecnología: Geoinformática y geografía (en línea). Congreso Internacional Ciencias de la Tierra (VII, 2002, Santiago, CL). Resúmenes de las exposiciones. IGM (Instituto Geográfico Militar, CL) Santiago, CL. Consultado 16 ago. 2004 p. 16-23. Disponible en: http://200.27.126.219/cct2002_1/Congreso/Tecnologia/Paper/PaperTikunovTA.PDF .
- Torres C, G ; Luján F, R. 2002. Especies forestales nativas para la reforestación en las regiones Brunca y Pacífico Central de Costa Rica. *In* INISEFOR (Instituto de Investigación y Servicios Forestales, CR). Taller-seminario Especies forestales nativas (2002, Heredia, CR). Memoria. Universidad Nacional (CR). p. 101-104.

- Ugalde Morales, MA. 1995. Evaluación de sistemas de uso de la tierra en tres escenarios de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. San José, CR, UCR (Universidad de Costa Rica). 373 p.
- Vallejos Arnez, JE. 1997. Sistema experto para la evaluación del impacto del complejo *-Bemisia tabaci-* geminivirus en frijol, tomate y chile dulce, con fines de planificación. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 120 p.
- Vargas, O; Alix, C. Lobo, AD. 1999. Frutales y condimentarías del trópico húmedo. La Ceiba, HN, CURLA (Centro Universitario Regional del Litoral Atlántico, HN), UNAH (Universidad Nacional Autónoma de Honduras). 345 p.
- Vázquez-Yanes, CA; Batis M, AI; Alcocer S, MI; Gual D, M; Sánchez D, C. 1999. Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Reporte técnico del proyecto J084, CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, MX); Instituto de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México (MX). 266 p.
- Villafuerte, L; Arze, J; Ibrahim, M. 1999. Rendimiento de pasturas con y sin sombra en el trópico húmedo de Costa Rica. Agroforestería de las Américas. 6(23): 54-56.
- Villegas Z, LA; Orozco B, E; Mesén V, M; Castro V, O; Badilla R, L; Bolaños M, JM. 1994. Plan de acción estratégico para afrontar los efectos del verano en las ganaderías de doble propósito del Pacífico Seco y Central de Costa Rica: Verano 1995. Barreal de Heredia, CR, MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, CR). p. 12.
- Weiss, FJ. 1987. Metodología para la zonificación agroecológica y su aplicación al cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). San José, CR, Secretaria Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables (SEPSA). 72 p.
- Zarate, S. 1987. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit Subs. glabrata. Phytologia 63(4):304-306.

ANEXO 1. EXPERTOS CONSULTADOS.

Nombre	Título	Institución	Tema
Alexander González	MSc	CATIE, Proyecto GEF-Silvopastoril	SIG
Antonio López Mora	Productor	Proyecto GEF-Silvopastoril	Bancos forrajeros, producción agropecuaria
Arsenio Lobo	Productor	Proyecto GEF-Silvopastoril	Bancos forrajeros, producción agropecuaria
Emilio Alvarado	Comerciante		Aprovechamiento forestal
Francisco Casasola	MSc	CATIE, Proyecto GEF-Silvopastoril	SSP, esquemas productivos
Jorge Luis Chagoya Fuentes	MSc.	CATIE, Proyecto GEF-Silvopastoril	SSP, producción agropecuaria
José Arze Borda	MSc	CATIE	Evaluación de tierras
Luis Diego Delgado	Ing. Forestal	CATIE	Plantaciones forestales
Luis Quirós	Técnico	CATIE, Proyecto GEF-Silvopastoril	Características de la zona de estudio
Muhammad Ibrahim	PhD	CATIE, Proyecto GEF-Silvopastoril	Sistemas silvopastoriles (SSP)
Rodrigo Granados	Técnico	CATIE, Proyecto GEF-Silvopastoril	Características de la zona de estudio
Rolando Alvarado	Comerciante		Transporte de productos y mercancías
Sergio Velásquez Mazariegos	MSc	CATIE	SIG
Tanghaxuan Llanderal	MSc.	CATIE	Rendimientos pastos

ANEXO 2. MANEJO DE LOS TUT

Componentes	TUT pastura natural jaragua
Producto cultivado	Pasto jaragua: <i>Hyparrhenia rufa</i>
Mano de obra	Baja
Conocimiento técnicos	Nivel medio a alto
Nivel de insumos	Bajo
Semilla	Material vegetativo
Fertilización	Sin aplicación
Control de malezas	Mecánico y químico
Componentes	TUT pastura mejorada brizantha
Producto cultivado	Pasto brizantha: <i>Brachiaria brizantha</i>
Mano de obra	Baja
Conocimiento técnicos	Nivel medio a alto
Nivel de insumos	Bajo
Semilla	5 kg/ ha
Fertilización	Sin aplicación
Control de malezas	Mecánico y químico
Componentes	TUT pastura mejorada estrella
Producto cultivado	Pasto estrella: <i>Cynodon nlemfuensis</i>
Mano de obra	Baja
Conocimiento técnicos	Nivel medio a alto
Nivel de insumos	Bajo
Semilla	Material vegetativo
Fertilización	Sin aplicación
Control de malezas	Mecánico y químico
Componentes	TUT pastura natural jaragua con regeneración natural de cedro en baja densidad
Producto cultivado	Pasto jaragua: <i>Hyparrhenia rufa</i> ; Madera de cedro en pie: <i>Cedrela odorata</i>
Mano de obra	Medio
Conocimiento técnicos	Nivel bajo a medio
Nivel de insumos	Bajo
Semilla	Material vegetativo
Árboles	Regeneración natural, disposición homogénea Año 1: 60, Año 8: 30, Año 15: 15
Fertilización	Química a los árboles durante los primeros 3 años.
Control de malezas	Mecánico
Componentes	TUT pastura natural jaragua con regeneración natural de cedro en alta densidad
Producto cultivado	Pasto jaragua: <i>Hyparrhenia rufa</i> ; Madera de cedro en pie: <i>Cedrela odorata</i>
Mano de obra	Medio
Conocimiento técnicos	Nivel bajo a medio
Nivel de insumos	Bajo
Semilla	Material vegetativo
Árboles	Regeneración natural, disposición homogénea Año 1: 120, Año 8: 60, Año 15: 30
Fertilización	Química a los árboles durante los primeros 3 años.
Control de malezas	Mecánico
Componentes	TUT pastura mejorada brizantha con regeneración natural de cedro en baja densidad
Producto cultivado	Pasto jaragua: <i>Brachiaria brizantha</i> ; Madera de cedro en pie: <i>Cedrela odorata</i>
Mano de obra	Medio
Conocimiento técnicos	Nivel bajo a medio
Nivel de insumos	Bajo
Semilla	5 kg/ha
Árboles	Regeneración natural, disposición homogénea Año 1: 60, Año 8: 30, Año 15: 15
Fertilización	Química a los árboles durante los primeros 3 años.
Control de malezas	Mecánico
Componentes	TUT pastura mejorada brizantha con regeneración natural de cedro en alta densidad
Producto cultivado	Pasto jaragua: <i>Brachiaria brizantha</i> ; Madera de cedro en pie: <i>Cedrela odorata</i>
Mano de obra	Medio
Conocimiento técnicos	Nivel bajo a medio
Nivel de insumos	Bajo
Semilla	5 kg/ha
Árboles	Regeneración natural, disposición homogénea Año 1: 120, Año 8: 60, Año 15: 15

Fertilización	Química a los árboles durante los primeros 3 años.
Control de malezas	Mecánico
Componentes	TUT banco forrajero de leñosas <i>Cratylia argentea</i>
Producto cultivado	Forraje: <i>Cratylia argentea</i>
Mano de obra	Media
Conocimiento técnicos	Nivel bajo a medio
Nivel de insumos	Medio
Densidad	20.000 plantas/ha
Semilla	5 kg/ha
Fertilización	A la siembra 10-30-10 13 qq, incorporación de 2 cortes/año
Control de malezas	Mecánico y químico
Infraestructura necesaria	Picadora
Cosecha máxima	4 cortes/año
Componentes	TUT banco forrajero de leñosas <i>Leucaena leucocephala</i>
Producto cultivado	Forraje: <i>Leucaena leucocephala</i>
Mano de obra	Media
Conocimiento técnico	Nivel bajo
Nivel de insumos	Medio
Densidad	26.666 plantas/ha
Semilla	6 kg/ha
Fertilización	A la siembra 10-30-10 13 qq, incorporación de 2 cortes/año
Control de malezas	Mecánico y químico
Infraestructura necesaria	Picadora
Cosecha máxima	4 cortes/año
Componentes	TUT banco forrajero de gramíneas caña de azúcar
Producto cultivado	Forraje: <i>Saccharum spp.</i>
Mano de obra	Media
Conocimiento técnico	Medio a alto
Nivel de insumos	Medio
Densidad	Distancia entre surcos 1,4 m
Semilla	12 ton/ha
Fertilización	Año 1: 2 qq 12-24-12 y urea Año 2-8: 4 qq 12-24-12 y 3-4 qq de urea
Control de malezas	Mecánico
Infraestructura necesaria	Picadora
Cosecha máxima	1 corte/año
Componentes	TUT banco forrajero de gramíneas king grass
Producto cultivado	Forraje: <i>Pennisetum purpureum X Pennisetum typhoides</i>
Mano de obra	Media
Conocimiento técnico	Medio a alto
Nivel de insumos	Medio
Densidad	Distancia entre surcos 0,80 m
Semilla	3,5 ton/ha
Fertilización	3,7 qq 12-24-12 y 1 qq urea/año
Control de malezas	Mecánico y químico
Infraestructura necesaria	Picadora
Cosecha máxima	Año 1: 2 cortes Año 2-8: 6 cortes/año
Componentes	TUT plantación de frutales de aguacate 'Hass'
Producto cultivado	Frutas: <i>Persea americana</i> var. 'Hass'
Mano de obra	Alta
Conocimiento técnico	Bajo
Nivel de insumos	Alto
Densidad	200 plantas/ha en marco real, aclareo al 7 año a 100 árboles/ha
Plantas	214 plantas injertadas
Fertilización	Química y orgánica
Control de malezas	Mecánico y químico
Control de plagas	Químico
Control de enfermedades	Químico

Enmiendas	Carbonato de calcio
Cosecha máxima	A partir del año 4, en total 35,7 ton durante el periodo de evaluación
Punto de venta	En finca
Componentes	TUT plantación de frutales de guayaba taiwanesa
Producto cultivado	Frutas: <i>Psidium guajava</i> 'tai-kuo-bar'
Mano de obra	Muy alta
Conocimiento técnico	Bajo
Nivel de insumos	Alto
Densidad	384 plantas/ha en tres bolillo
Plantas	384 plantas injertadas o de acodo
Fertilización	Química
Control de malezas	Mecánico
Control de plagas	Químico
Control de enfermedades	Químico
Enmiendas	Carbonato de calcio
Cosecha máxima	A partir del año 3, en total 52 ton durante el periodo de evaluación
Punto de venta	En finca
Componentes	TUT plantación de frutales de limón mesina
Producto cultivado	Frutas: <i>Citrus latifolia</i>
Mano de obra	Alta
Conocimiento técnico	Bajo
Nivel de insumos	Alto
Densidad	235 plantas/ha en tres bolillo
Plantas	256 plantas injertadas
Fertilización	Química
Control de malezas	Mecánico y químico
Control de plagas	Químico
Control de enfermedades	Químico
Enmiendas	Carbonato de calcio
Cosecha máxima	A partir del año 3, en total 33,5 ton durante el periodo de evaluación
Punto de venta	CENADA
Componentes	TUT plantación de frutales de mango
Producto cultivado	Frutas: <i>Mangifera indica</i>
Mano de obra	Alta
Conocimiento técnico	Medio
Nivel de insumos	Alto
Densidad	100 plantas/ha en marco real
Plantas	120 plantas injertadas
Fertilización	Química
Control de malezas	Mecánico y químico
Control de plagas	Químico
Control de enfermedades	Químico
Cosecha máxima	A partir del año 4, en total 11,5 ton durante el periodo de evaluación
Punto de venta	Finca
Componentes	TUT plantación de frutales de marañón
Producto cultivado	Frutas: <i>Anacardium occidentale</i> L.
Mano de obra	Media
Conocimiento técnico	Medio a alto
Nivel de insumos	Bajo
Densidad	200 plantas/ha en marco real aclareo al séptimo u octavo año
Plantas	214 plantas injertadas
Fertilización	Química
Control de malezas	Mecánico y químico
Control de plagas	Químico
Control de enfermedades	Químico
Cosecha máxima	A partir del año 3, en total 13,59 ton durante el periodo de evaluación
Punto de venta	Finca
Componentes	TUT plantación de frutales de naranja
Producto cultivado	Frutas: <i>Citrus sinensis</i> L.

Mano de obra	Alta
Conocimiento técnico	Bajo a medio
Nivel de insumos	Alto
Densidad	200 plantas/ha en marco real aclareo al séptimo u octavo año
Plantas	214 plantas injertadas
Fertilización	Química
Control de malezas	Mecánico y químico
Control de plagas	Químico
Control de enfermedades	Químico
Cosecha máxima	A partir del año 4, en total 102,6 ton durante el periodo de evaluación
Punto de venta	Finca
Componentes	TUT plantación de forestales
Producto cultivado	Varios
Mano de obra	Media a alta
Conocimiento técnico	Bajo
Nivel de insumos	Bajo
Densidad	1111 plantas/ha, raleos a los años 8, 12 y 17
Plantas	1222 plantas
Fertilización	Química los dos primeros años
Control de malezas	Mecánico
Control de plagas	Químico
Control de enfermedades	Químico
Rendimiento máximo (m ³)	Simulado al año 8: cocobolo 74,40, guanacaste 73,60, pochote 92. Al año 24 371,9
Venta	Finca en pie y aserrada en depósito

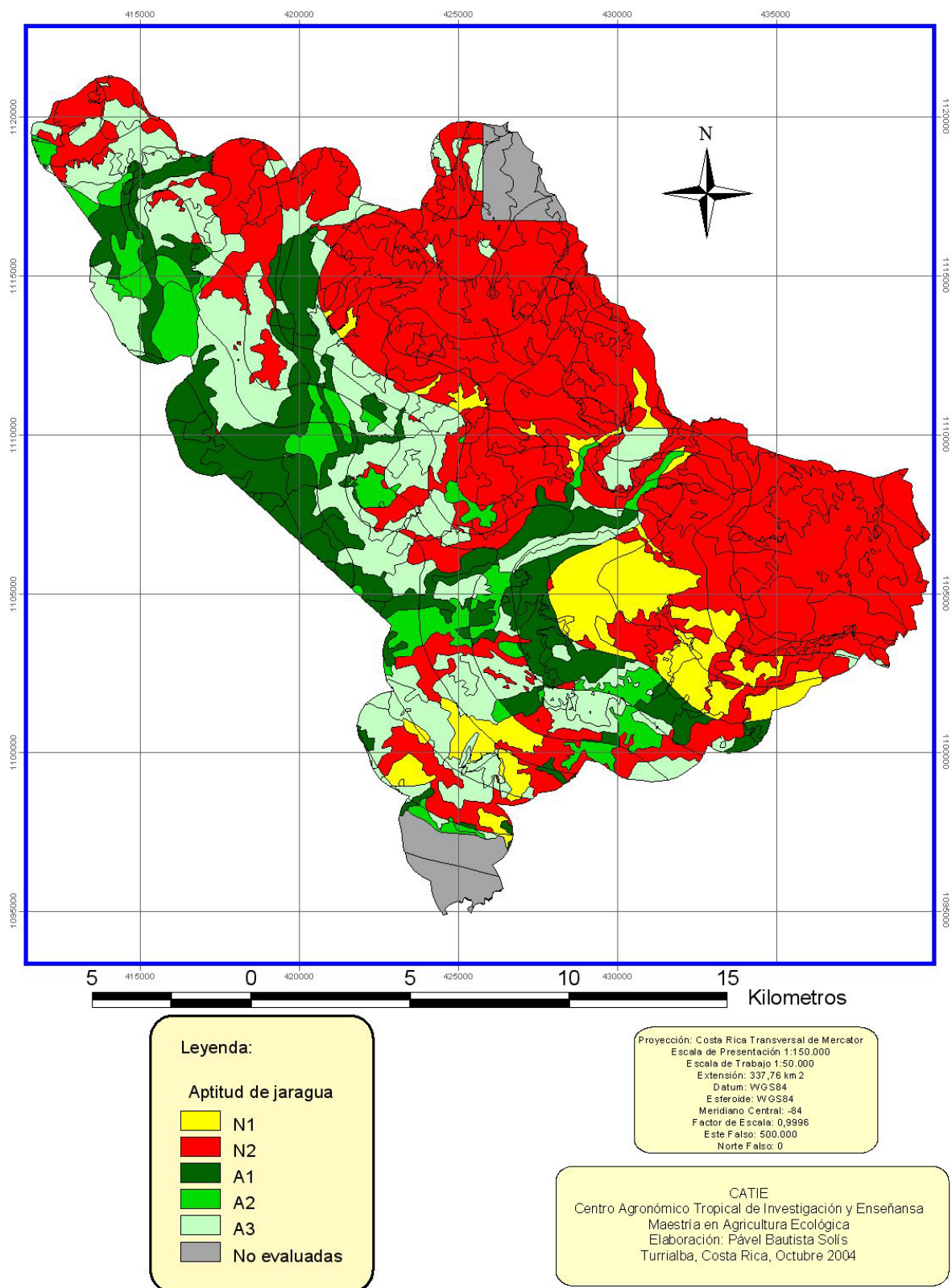
ANEXO 3. CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES DE MAPEO

Unidad	Area (km ²)	Altitud (msnm)	Precipitación (mm)	Suelo	Unidad	Area (km ²)	Altitud (msnm)	Precipitación (mm)	Suelo
1	0.95	200-400	2750-3000	TM-FE	30	0.51	800-1000	2500-2750	NE-O
2	2.99	200-400	2750-3000	GND-E	31	2.97	200-400	2500-2750	ORO-FO
3	3.42	400-600	2750-3000	GND-E	32	1.08	600-800	2750-3000	GND-E
4	5.31	200-400	2500-2750	TM-FE	33	1.73	0-200	2500-2750	ORO-MO
5	5.89	200-400	2500-2750	GND-E	34	2.92	0-200	2500-2750	ORO-FO
6	0.74	400-600	2500-2750	GND-E	35	3.14	0-200	2500-2750	TM-I
7	0.51	400-600	2750-3000	TM-FE	36	0.11	200-400	2500-2750	TM-I
8	1.02	400-600	2500-2750	TM-FE	37	0.14	1000-1200	2250-2500	TM-FE
9	3.56	0-200	2500-2750	TM-FE	38	0.18	800-1000	2750-3000	NE-O
10	1.91	200-400	2500-2750	ORO-O	39	0.17	400-600	2750-3000	NE-O
11	1.26	200-400	2750-3000	ORO-O	40	0.14	400-600	2500-2750	NE-O
12	6.42	0-200	2500-2750	GND-E	41	0.22	0-200	2500-2750	BA
13	0.62	1200-1420	2250-2500	TM-FE	42	0.17	200-400	2500-2750	BA
14	0.09	1200-1420	2500-2750	TM-FE	43	2.68	600-800	2750-3000	TM-FE
15	1.36	1000-1200	2500-2750	TM-FE	44	0.55	800-1000	2500-2750	TM-FE
16	0.03	600-800	2500-2750	AP	45	0.15	400-600	2750-3000	AP
17	0.21	1000-1200	2500-2750	AP	46	0.00	200-400	2500-2750	NE-O
18	0.16	800-1000	2500-2750	AP	47	3.05	0-200	2500-2750	ORO-LO
19	2.28	0-200	2500-2750	ORO-O	48	0.04	200-400	2500-2750	ORO-LO
20	1.89	600-800	2750-3000	AP	49	0.26	600-800	2750-3000	ORO-OP
21	2.07	800-1000	2750-3000	AP	50	0.42	0-200	2250-2500	ORO-O
22	0.39	1200-1420	2250-2500	NE-O	51	4.56	0-200	2250-2500	GND-E
23	0.02	0-200	2500-2750	ZA	52	4.02	0-200	2250-2500	ORO-FO
24	0.12	1000-1200	2250-2500	NE-O	53	0.69	200-400	2250-2500	ORO-FO
25	0.05	200-400	2500-2750	ZA	54	1.80	200-400	2250-2500	GND-E
26	0.05	1000-1200	2750-3000	AP	55	2.06	800-1000	2750-3000	TM-FE
27	0.01	1200-1420	2500-2750	NE-O	56	0.65	400-600	2750-3000	ORO-OP
28	0.43	1000-1200	2500-2750	NE-O	57	0.27	400-600	3000-3250	AP
29	0.45	200-400	2500-2750	ORO-MO	58	0.64	600-800	3000-3250	AP
59	0.09	1000-1200	2750-3000	TM-FE	91	2.88	0-200	2000-2250	TM-I
60	2.63	0-200	2250-2500	TM-I	92	0.93	200-400	3000-3250	NE-FO
61	0.01	600-800	2500-2750	TM-FE	93	4.50	0-200	2000-2250	ORO-MO
62	3.29	0-200	2250-2500	ORO-LO	94	0.97	0-200	2250-2500	ORO-OP
63	0.28	0-200	2250-2500	BA	95	3.92	200-400	3500-3750	TM-FE
64	4.85	600-800	3000-3250	TM-FE	96	5.15	0-200	2000-2250	ORO-FO
65	0.01	600-800	3000-3250	ORO-OP	97	1.50	400-600	3500-3750	TM-FE
66	0.02	600-800	2750-3000	NE-FO	98	0.06	200-400	2250-2500	ORO-MO
67	0.58	600-800	3000-3250	NE-FO	99	0.05	600-800	3000-3250	NE-LO
68	5.65	400-600	3000-3250	TM-FE	100	0.19	600-800	3250-3500	NE-LO
69	0.41	800-1000	3000-3250	TM-FE	101	0.93	200-400	3000-3250	ORO-LOP
70	0.37	400-600	2750-3000	NE-FO	102	0.20	400-600	3250-3500	NE-LO
71	0.07	400-600	2750-3000	ORO-LOP	103	0.29	400-600	3500-3750	NE-O
72	2.03	400-600	3000-3250	NE-FO	104	2.22	200-400	3000-3250	GND-E
73	3.67	200-400	2750-3000	ORO-LOP	105	5.18	200-400	3000-3250	TM-FE
74	0.80	600-800	3000-3250	NE-O	106	0.00	600-800	3500-3750	TM-FE
75	3.60	0-200	2250-2500	ORO-MO	107	0.02	600-800	3500-3750	NE-O
76	1.21	200-400	2500-2750	ORO-OP	108	0.00	400-600	3250-3500	NE-O
77	1.32	200-400	2750-3000	ORO-OP	109	0.00	600-800	3250-3500	NE-O
78	0.69	200-400	2750-3000	JE	110	0.25	600-800	3250-3500	NE-FO
79	0.26	600-800	2750-3000	NE-O	111	0.02	400-600	3500-3750	NE-LO
80	0.53	400-600	3000-3250	NE-O	112	0.37	400-600	3500-3750	NE-FO
81	3.66	400-600	3250-3500	TM-FE	113	1.02	400-600	3250-3500	NE-FO
82	0.26	200-400	2250-2500	ORO-LO	114	7.80	200-400	3750-4000	TM-FE
83	0.40	200-400	2500-2750	JE	115	2.17	400-600	3750-4000	TM-FE
84	0.14	400-600	3000-3250	ORO-OP	116	2.19	0-200	2750-3000	GND-E
85	0.01	200-400	2750-3000	NE-FO	117	1.99	0-200	3000-3250	GND-E
86	5.82	200-400	3250-3500	TM-FE	118	1.07	400-600	3750-4000	NE-O
87	0.19	600-800	3250-3500	TM-FE	119	0.02	0-200	3000-3250	ORO-LOP
88	2.64	200-400	3000-3250	ORO-OP	120	3.07	0-200	2000-2250	GND-E
89	0.65	200-400	2250-2500	ORO-OP	121	1.03	0-200	3000-3250	ORO-OP
90	0.96	0-200	2000-2250	ORO-LO	122	0.92	0-200	2750-3000	ORO-LOP

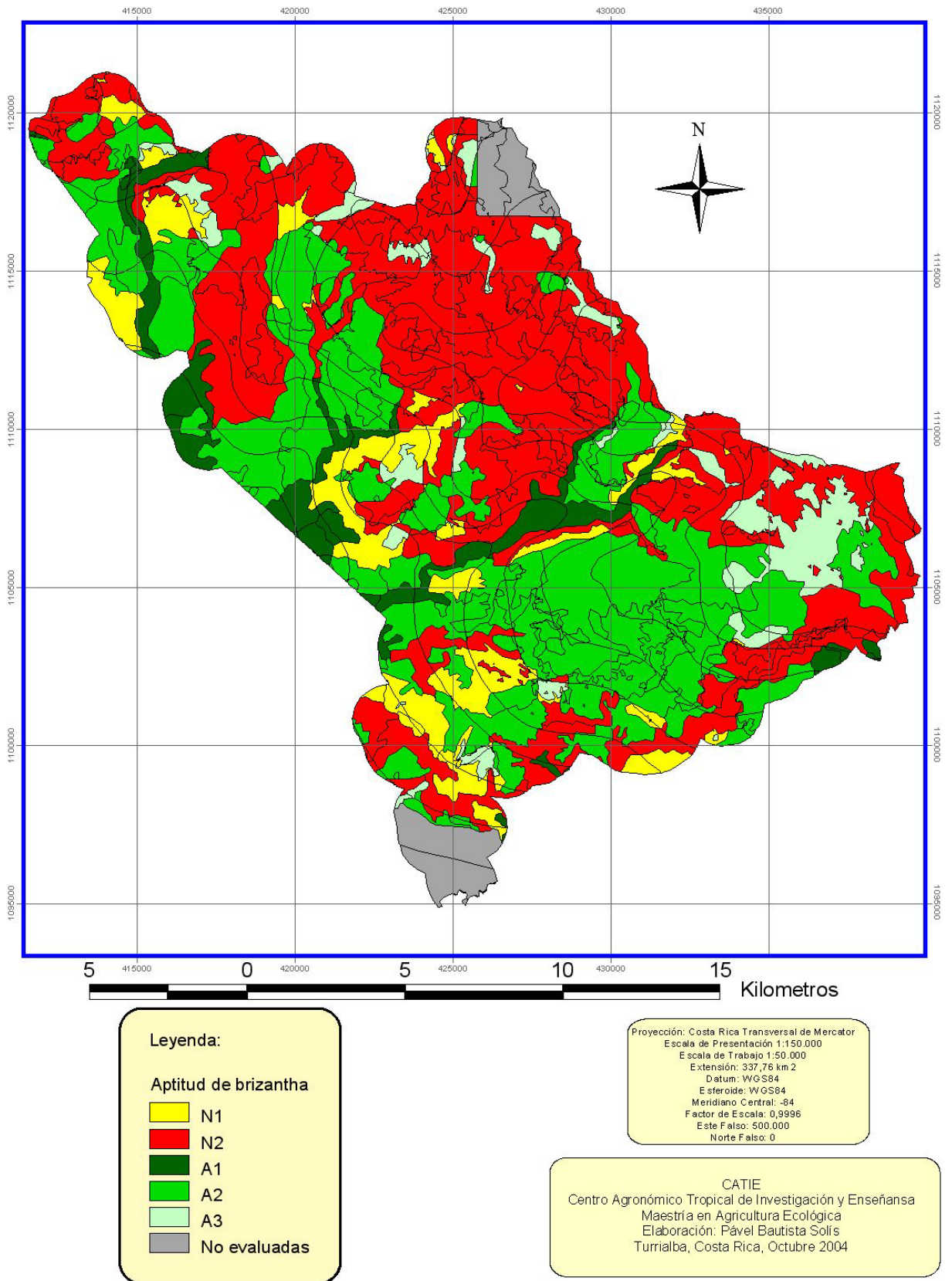
123	4.49	200-400	3750-4000	NE-O	155	0.28	200-400	3750-4000	ORO-OP
124	0.21	0-200	2500-2750	JE	156	1.63	0-200	2750-3000	TM-I
125	0.15	0-200	2750-3000	JE	157	0.28	0-200	3000-3250	ORO-FO
126	0.27	200-400	3250-3500	ORO-OP	158	1.02	200-400	3000-3250	ORO-MOP
127	1.22	200-400	3250-3500	NE-FO	159	0.56	200-400	3250-3500	ORO-MOP
128	0.01	0-200	2000-2250	ARI-P	160	0.06	0-200	3750-4000	ORO-LOP
129	1.80	0-200	2750-3000	ORO-OP	161	0.01	200-400	3500-3750	ORO-MOP
130	1.40	0-200	2000-2250	ZA	162	1.08	0-200	2750-3000	ORO-FO
131	1.47	0-200	2500-2750	ORO-LOP	163	0.01	0-200	3750-4000	ORO-OP
132	0.33	0-200	1750-2000	ORO-FO	164	0.09	0-200	3750-4000	ORO-FO
133	0.09	0-200	1750-2000	TM-I	165	1.28	0-200	1750-2000	ARA-M
134	0.68	0-200	1750-2000	ORO-MO	166	0.00	0-200	3750-4000	JE
135	0.37	0-200	2500-2750	ORO-MOP	167	0.19	200-400	3750-4000	ORO-FO
136	0.88	400-600	3750-4000	GND-E	168	1.71	0-200	2000-2250	ORO-LOP
137	1.06	0-200	2500-2750	ORO-OP	169	0.36	200-400	3000-3250	ORO-FO
138	2.94	0-200	3000-3250	TM-FE	170	0.01	0-200	3500-3750	JE
139	0.67	200-400	3750-4000	JE	171	2.92	0-200	2000-2250	ORO-MOP
140	2.31	200-400	3250-3500	GND-E	172	0.00	0-200	3500-3750	ORO-LOP
141	5.12	200-400	3750-4000	GND-E	173	1.53	200-400	2750-3000	ORO-FO
142	2.39	0-200	1750-2000	ZA	174	0.03	200-400	3500-3750	ORO-LOP
143	3.92	200-400	3500-3750	GND-E	175	1.37	200-400	3500-3750	JE
144	2.53	0-200	2750-3000	TM-FE	176	0.15	0-200	3500-3750	TM-I
145	1.27	0-200	2250-2500	ORO-MOP	177	0.19	200-400	3500-3750	ORO-OP
146	1.19	0-200	2250-2500	ORO-LOP	178	0.94	200-400	3500-3750	ORO-FO
147	1.64	0-200	3250-3500	GND-E	179	0.34	0-200	3500-3750	ORO-FO
148	0.06	400-600	3500-3750	GND-E	180	3.60	0-200	1750-2000	GND-E
149	0.18	0-200	3750-4000	TM-FE	181	0.01	0-200	3250-3500	ORO-MOP
150	0.50	0-200	3500-3750	TM-FE	182	0.00	200-400	3500-3750	TM-I
151	0.59	0-200	3500-3750	GND-E	183	2.70	0-200	1750-2000	ORO-MOP
152	0.23	0-200	3000-3250	ORO-MOP	184	0.11	0-200	3500-3750	ORO-OP
153	0.17	0-200	3750-4000	GND-E	185	0.86	200-400	2750-3000	ORO-MOP
154	0.23	200-400	3750-4000	ORO-LOP	186	0.90	0-200	3250-3500	TM-FE
187	0.44	0-200	3250-3500	TM-I	219	0.06	200-400	3000-3250	NE-O
188	0.32	0-200	3250-3500	ORO-OP	220	2.15	200-400	3250-3500	NE-O
189	0.42	0-200	3250-3500	ORO-FO	221	0.03	200-400	2000-2250	GND-E
190	0.01	0-200	3500-3750	NE-FO	222	0.72	0-200	1750-2000	HI-LO
191	0.98	0-200	1750-2000	ORO-LOP	223	0.34	200-400	2000-2250	ORO-FO
192	0.18	200-400	3250-3500	ORO-FO	224	2.12	200-400	3500-3750	NE-O
193	0.45	0-200	3250-3500	NE-FO	225	0.19	0-200	3250-3500	NE-O
194	0.86	200-400	3500-3750	NE-FO	226	0.07	200-400	2250-2500	TM-FE
195	3.60	400-600	3750-4000	NE-FO	227	0.01	0-200	1500-1750	HI-LO
196	8.23	200-400	3750-4000	NE-FO	228	3.95	0-200	2250-2500	TM-FE
197	0.53	0-200	3000-3250	TM-I	229	3.19	200-400	2750-3000	ORO-LO
198	0.87	200-400	3250-3500	JE	230	7.76	200-400	3000-3250	ORO-LO
199	1.05	200-400	2250-2500	ORO-MOP	231	2.10	0-200	2000-2250	TM-FE
200	0.04	600-800	1000-1250	TM-FE	232	0.00	200-400	2000-2250	TM-FE
201	1.37	400-600	1000-1250	TM-FE	233	5.63	200-400	3250-3500	ORO-LO
202	0.16	0-200	1750-2000	ARA-P	234	0.18	0-200	1750-2000	BA
203	0.15	400-600	1000-1250	NE-FO	235	0.91	0-200	2000-2250	ORO-OP
204	0.15	0-200	3000-3250	NE-FO	236	1.42	0-200	2750-3000	ORO-LO
205	0.00	400-600	3000-3250	ORO-MOP	237	2.68	200-400	3750-4000	ORO-O
206	0.03	0-200	3250-3500	JE	238	0.47	200-400	2750-3000	ORO-MO
207	0.04	200-400	2500-2750	ORO-MOP	239	0.04	200-400	2500-2750	ORO-LOP
208	0.01	200-400	3000-3250	TM-I	240	2.45	0-200	2750-3000	ORO-MO
209	0.01	0-200	3000-3250	JE	241	0.02	0-200	3250-3500	ORO-LO
210	0.37	0-200	1500-1750	ORO-MOP	242	0.51	0-200	3250-3500	ORO-O
211	0.06	0-200	1500-1750	ARA-P	243	1.06	200-400	3250-3500	ORO-O
212	0.02	400-600	2250-2500	ORO-MOP	244	0.65	200-400	3500-3750	ORO-LO
213	0.48	0-200	1500-1750	ZA	245	1.56	200-400	3000-3250	ORO-O
214	0.36	0-200	3000-3250	NE-O	246	0.52	200-400	3500-3750	ORO-O
215	0.05	0-200	2750-3000	NE-O	247	0.91	200-400	3000-3250	ORO-MO
216	0.10	200-400	1000-1250	TM-FE	248	0.53	0-200	3000-3250	ORO-MO
217	0.61	0-200	2000-2250	HI-MO	249	0.80	0-200	3000-3250	ORO-O
218	0.25	0-200	1750-2000	HI-MO	250	1.35	0-200	2750-3000	ORO-O

251	0.12	0-200	3250-3500	ORO-MO	282	0.18	0-200	1750-2000	NE-LO
252	0.12	200-400	3250-3500	ORO-MO	283	0.02	0-200	1500-1750	NE-LO
253	0.36	0-200	2000-2250	BA	284	0.21	0-200	2750-3000	ORO-PP
254	0.05	0-200	3000-3250	ORO-LO	285	0.03	200-400	2750-3000	ORO-PP
255	0.00	0-200	3500-3750	ORO-O	286	0.83	0-200	2000-2250	TI-LO
256	0.22	200-400	3500-3750	HI-O	287	0.02	0-200	2250-2500	TI-LO
257	0.10	200-400	3500-3750	HI-MO	288	0.08	0-200	1500-1750	TM-FE
258	1.53	0-200	2500-2750	NE-FO	289	0.03	200-400	2000-2250	TI-MO
259	0.81	0-200	2250-2500	NE-O	290	0.97	0-200	1750-2000	TI-MO
260	1.61	0-200	2250-2500	NE-FO	291	0.43	0-200	2000-2250	ORO-PP
261	0.53	200-400	3250-3500	HI-O	292	0.42	200-400	2000-2250	ORO-PP
262	0.10	200-400	3250-3500	HI-MO	293	0.67	0-200	2500-2750	ORO-PP
263	0.08	0-200	2000-2250	GND-SA	294	0.07	200-400	2000-2250	TI-LO
264	0.03	200-400	3500-3750	HI-LO	295	1.13	0-200	1750-2000	ORO-PP
265	0.66	0-200	2000-2250	NE-O	296	0.28	0-200	1500-1750	GND-E
266	0.02	200-400	3250-3500	HI-LO	297	0.48	0-200	2250-2500	ORO-PP
267	0.22	200-400	2500-2750	NE-FO	298	0.04	0-200	1500-1750	TI-MO
268	0.04	0-200	2750-3000	NE-FO	299	0.03	200-400	1750-2000	TI-MO
269	0.02	200-400	3000-3250	HI-O	300	0.01	200-400	1750-2000	ORO-PP
270	2.35	0-200	2000-2250	NE-FO	301	0.15	0-200	1750-2000	NA-LO
271	0.42	0-200	1750-2000	NE-FO	302	0.07	0-200	1750-2000	TI-LO
272	0.25	0-200	1750-2000	NE-O	303	0.07	0-200	1750-2000	ARI-P
273	1.45	0-200	2000-2250	TI-MO	304	0.10	0-200	1500-1750	NA-LO
274	1.61	0-200	1750-2000	TM-FE	305	0.49	0-200	1500-1750	ARI-P
275	0.66	0-200	2500-2750	TI-MO	306	3.49	0-200	1500-1750	ZPROTEC
276	0.28	200-400	2000-2250	NE-FO	307	0.13	0-200	1500-1750	ORO-MO
277	0.01	200-400	1750-2000	NE-FO	308	0.09	0-200	1500-1750	TI-O
278	1.33	0-200	2250-2500	TI-MO	309	0.02	0-200	1500-1750	BA
279	0.63	0-200	1750-2000	TI-O	310	2.71	0-200	1250-1500	ZPROTEC
280	0.00	200-400	2500-2750	TI-MO	311	0.02	0-200	1250-1500	BA
281	0.09	0-200	2000-2250	TI-O					

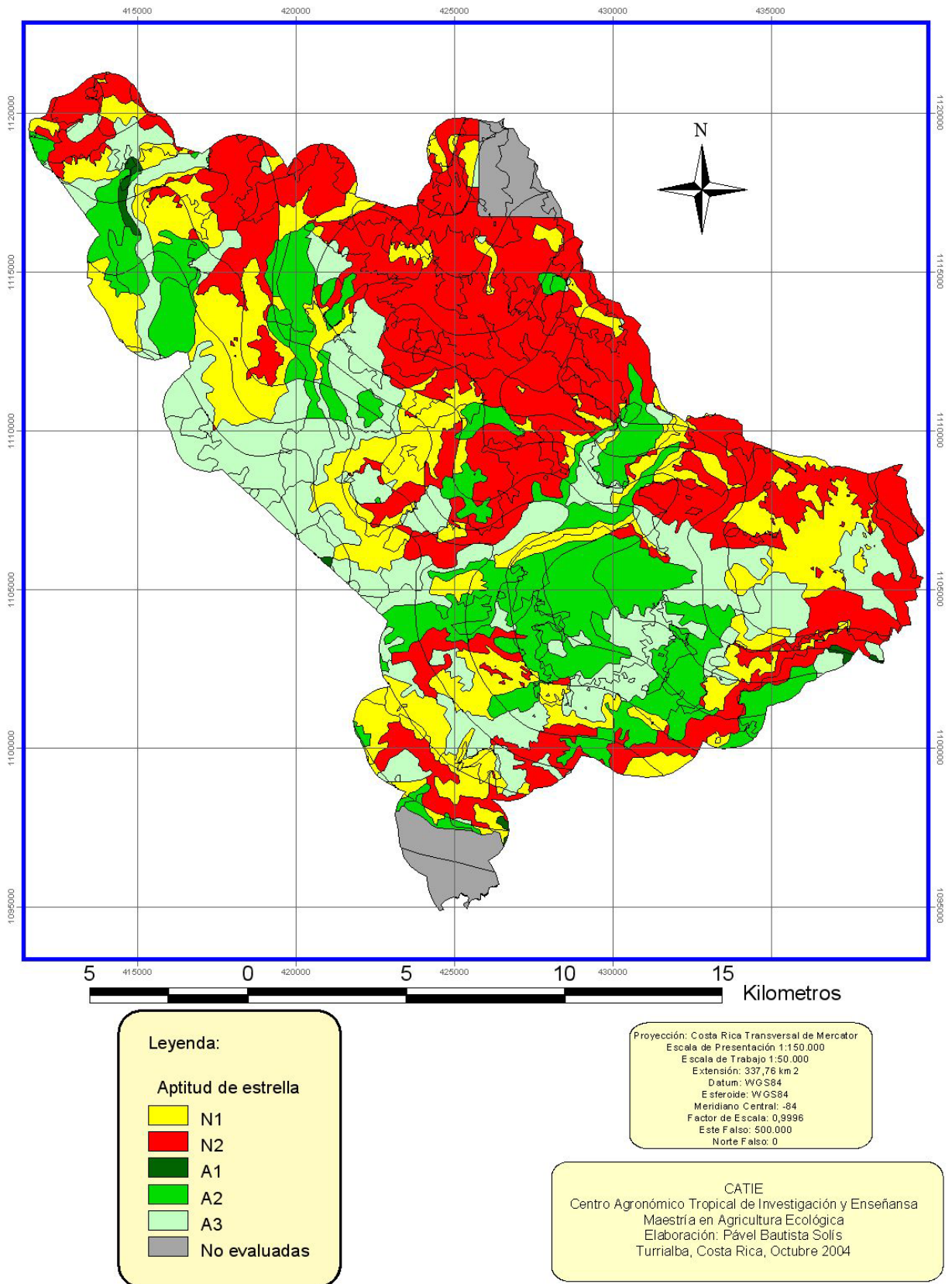
ANEXO 4. MAPAS DE APTITUD FÍSICA



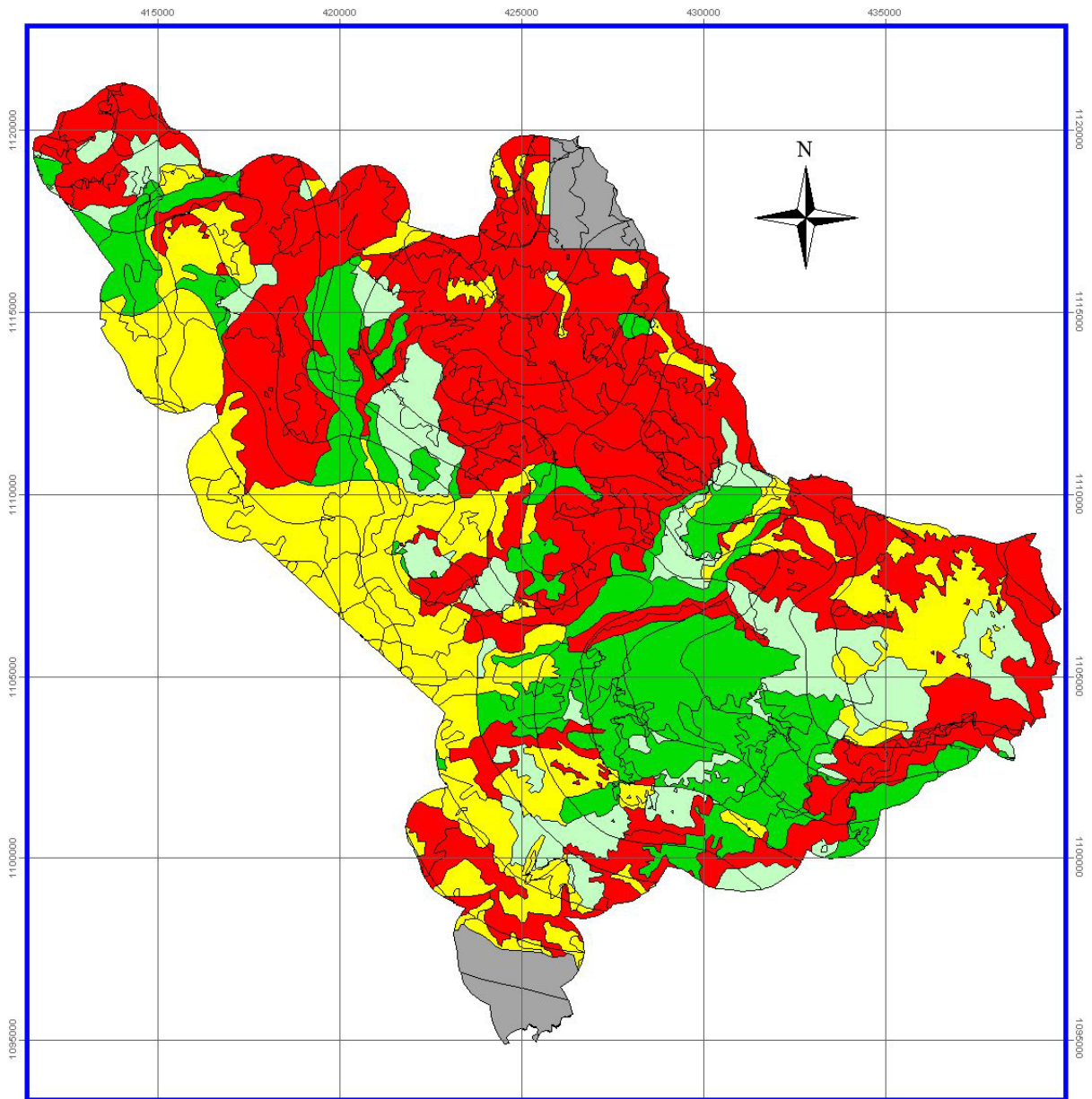
Mapa 6. Aptitud física del TUT pasto natural jaragua.



Mapa 7. Aptitud física del TUT pastura mejorada brizantha.



Mapa 8. Aptitud física del TUT pasto mejorado estrella.



Leyenda:

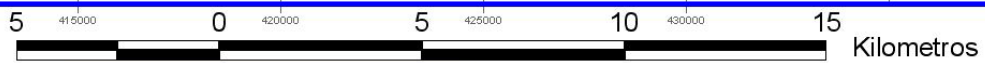
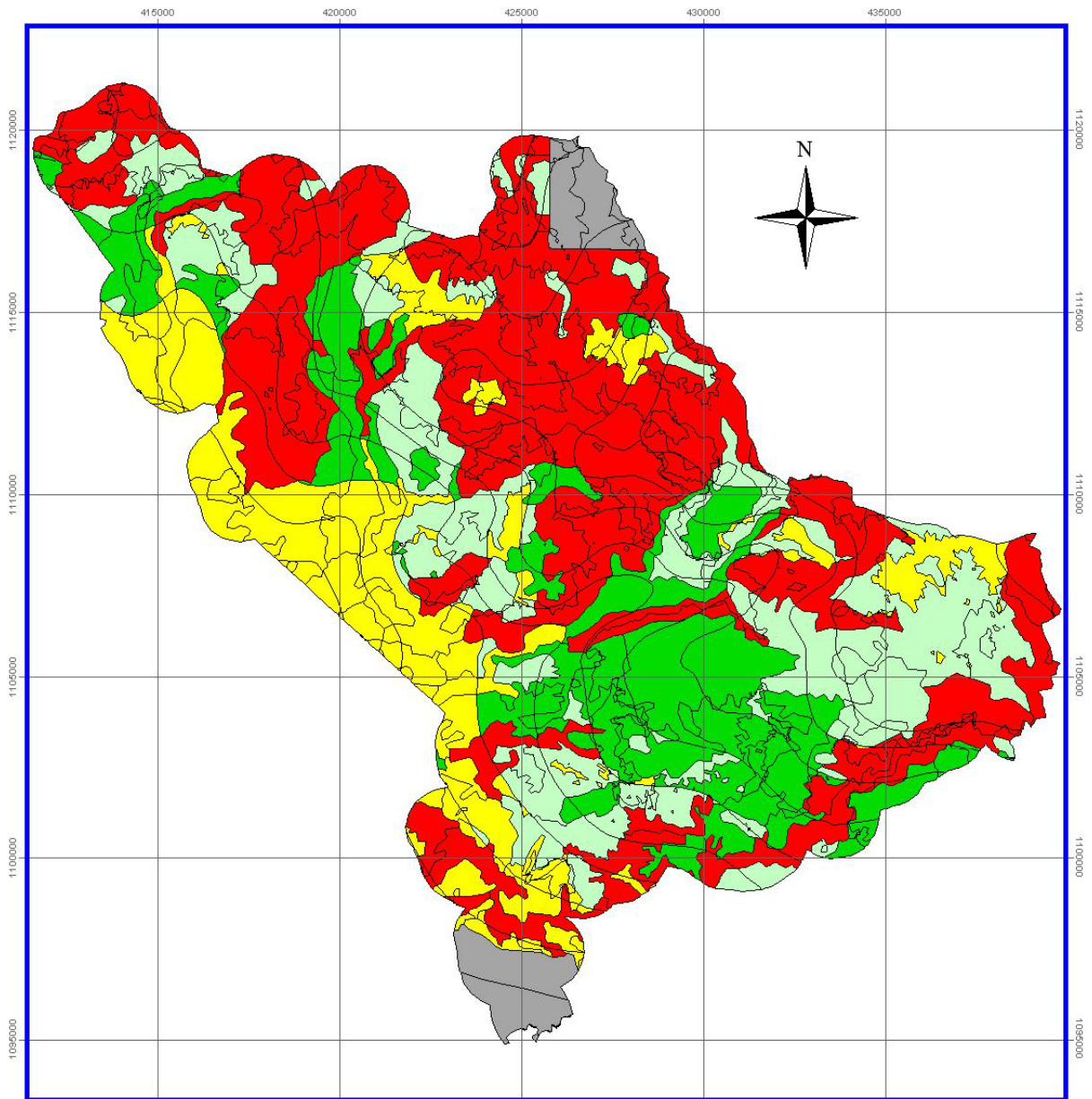
Jaragua con cedro en baja densidad

- N1
- N2
- A1
- A2
- A3
- No evaluadas

Proyección: Costa Rica Transversal de Mercator
 Escala de Presentación: 1:150.000
 Escala de Trabajo: 1:50.000
 Extensión: 337,76 km²
 Datum: WGS84
 Esferoide: WGS84
 Meridiano Central: -84
 Factor de Escala: 0,9996
 Este Falso: 500.000
 Norte Falso: 0

CATIE
 Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
 Maestría en Agricultura Ecológica
 Elaboración: Pável Bautista Solís
 Turrialba, Costa Rica, Octubre 2004

Mapa 9. Aptitud física del TUT pasto jaragua con baja densidad de cedro.



Leyenda:

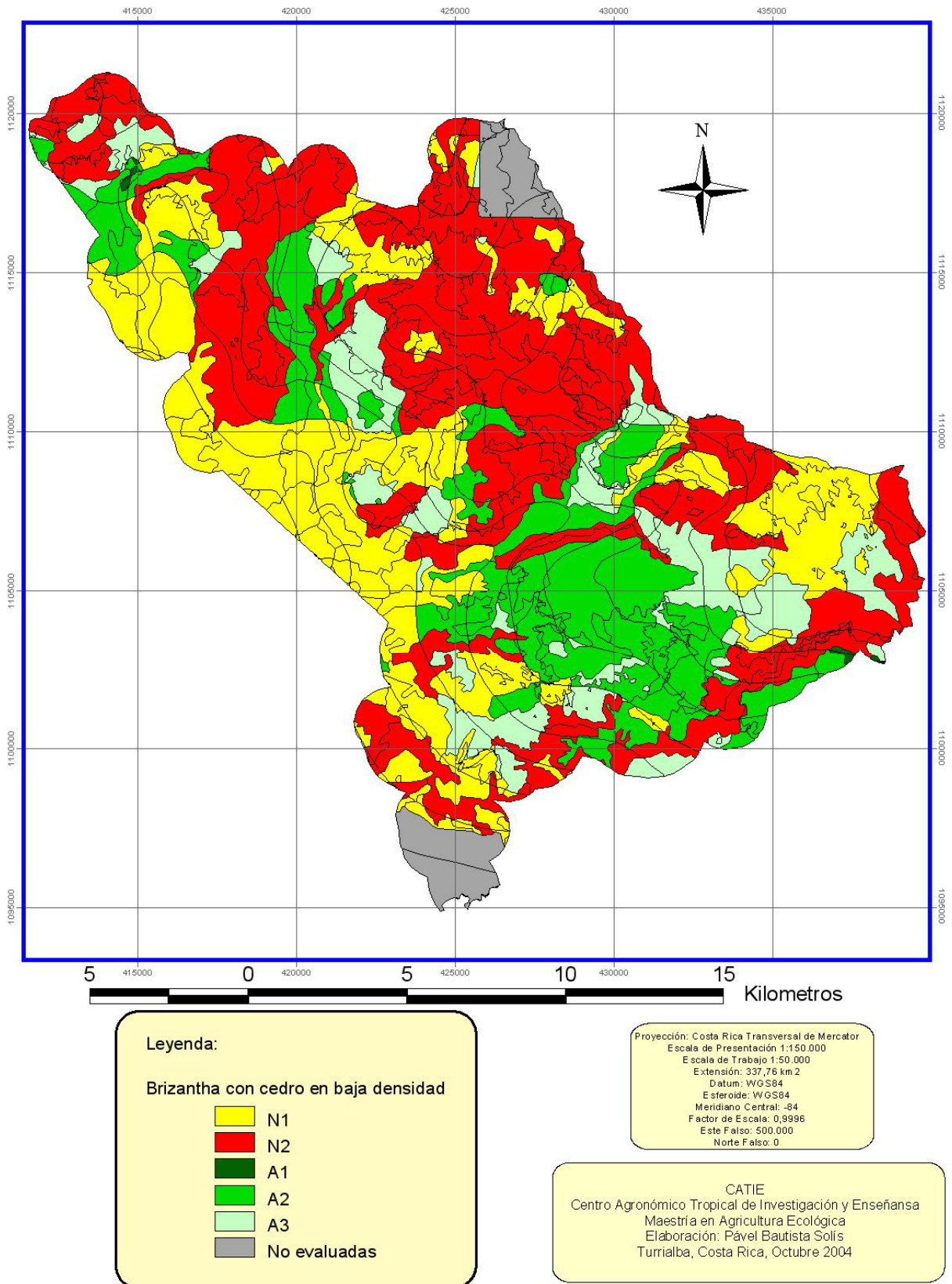
Jaragua con cedro en alta densidad

- N1
- N2
- A1
- A2
- A3
- No evaluadas

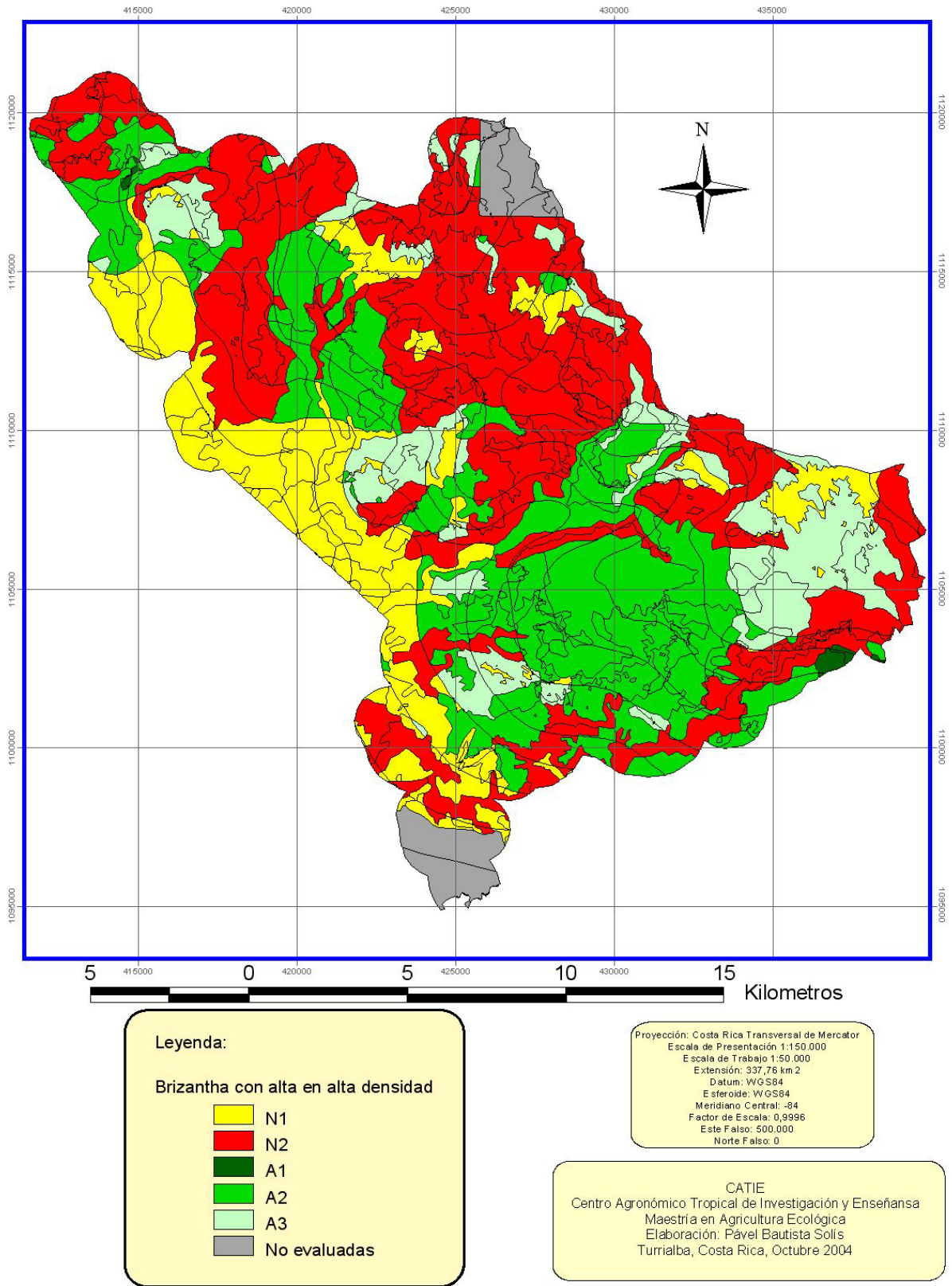
Proyección: Costa Rica Transversal de Mercator
 Escala de Presentación 1:150.000
 Escala de Trabajo 1:50.000
 Extensión: 337,76 km²
 Datum: WGS84
 Esferoide: WGS84
 Meridiano Central: -84
 Factor de Escala: 0,9996
 Este Falso: 500.000
 Norte Falso: 0

CATIE
 Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
 Maestría en Agricultura Ecológica
 Elaboración: Pável Bautista Solís
 Turrialba, Costa Rica, Octubre 2004

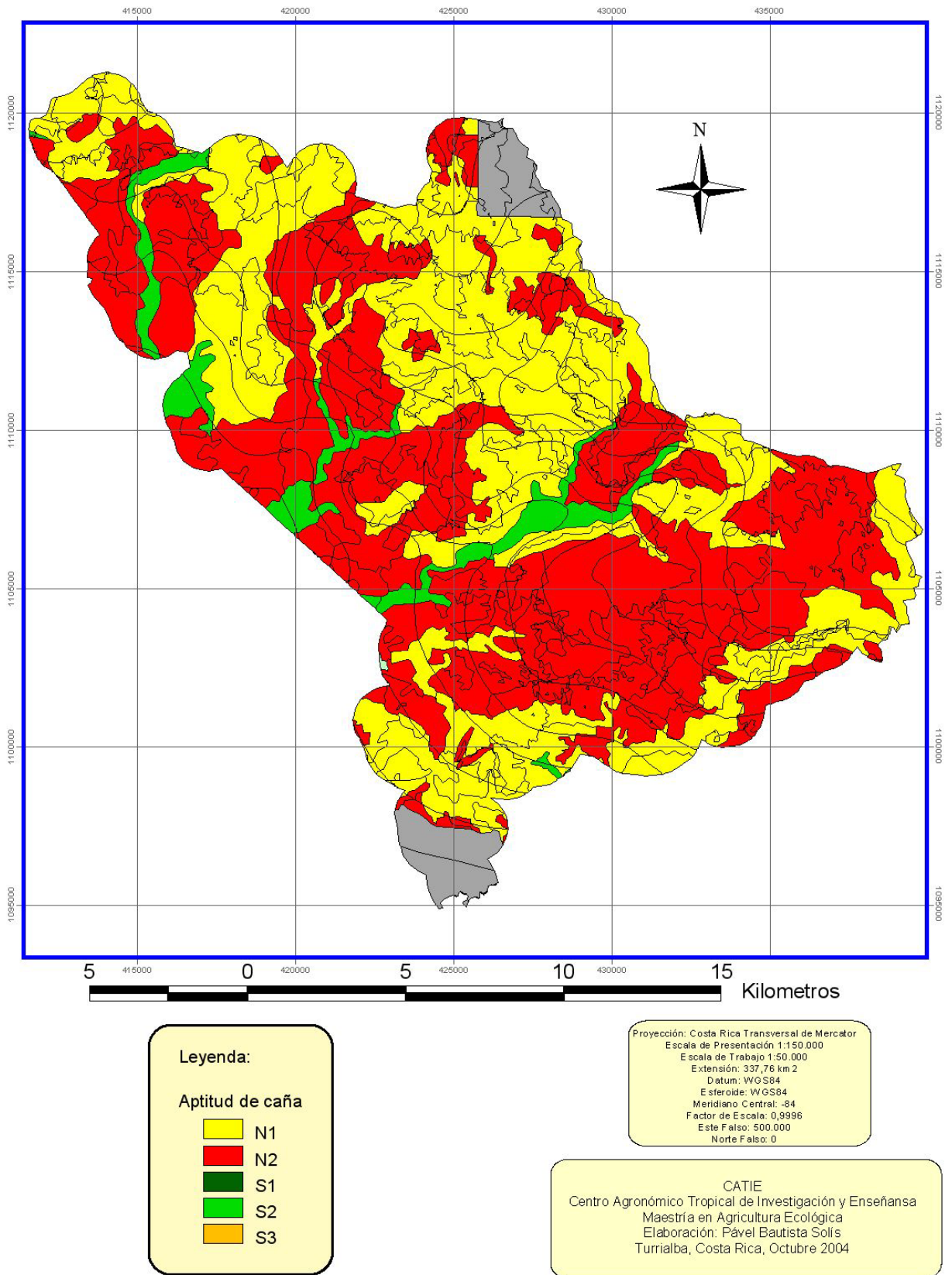
Mapa 10. Aptitud física del TUP pasto jaragua con alta densidad de cedro.



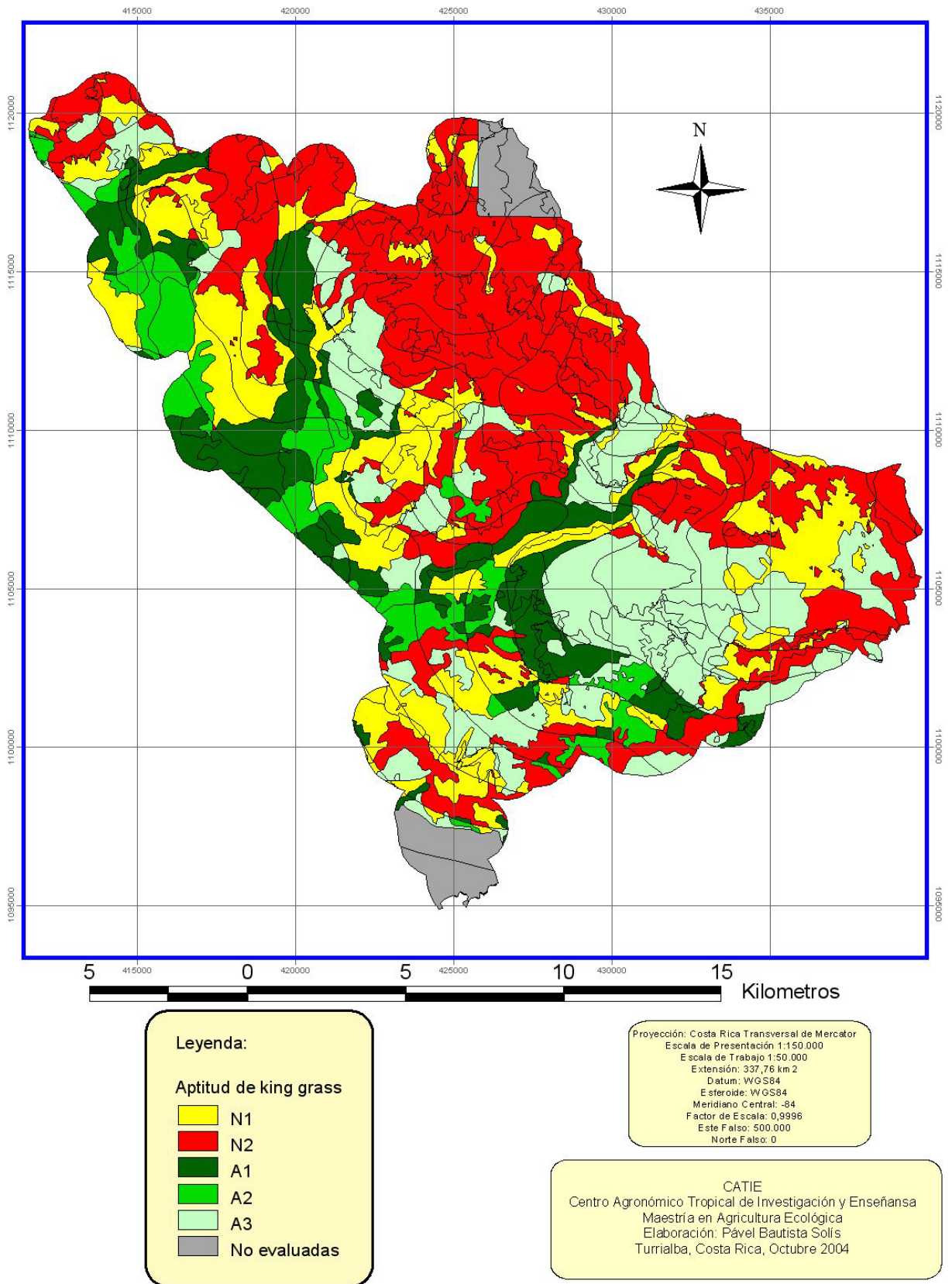
Mapa 11. Aptitud física del TUT pasto brizantha con baja densidad de cedro.



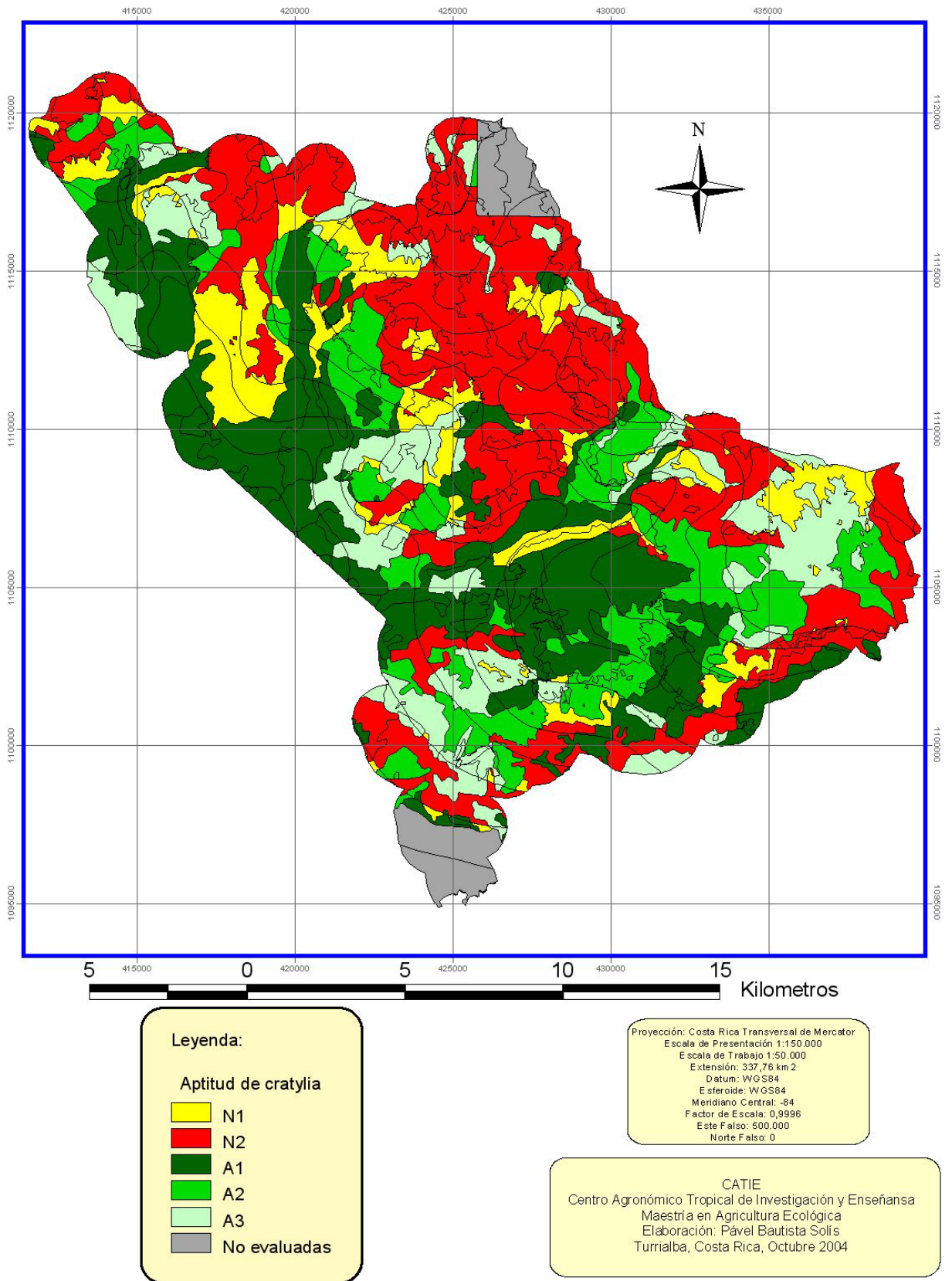
Mapa 12. Aptitud física del TUT pasto brizantha con alta densidad de cedro.



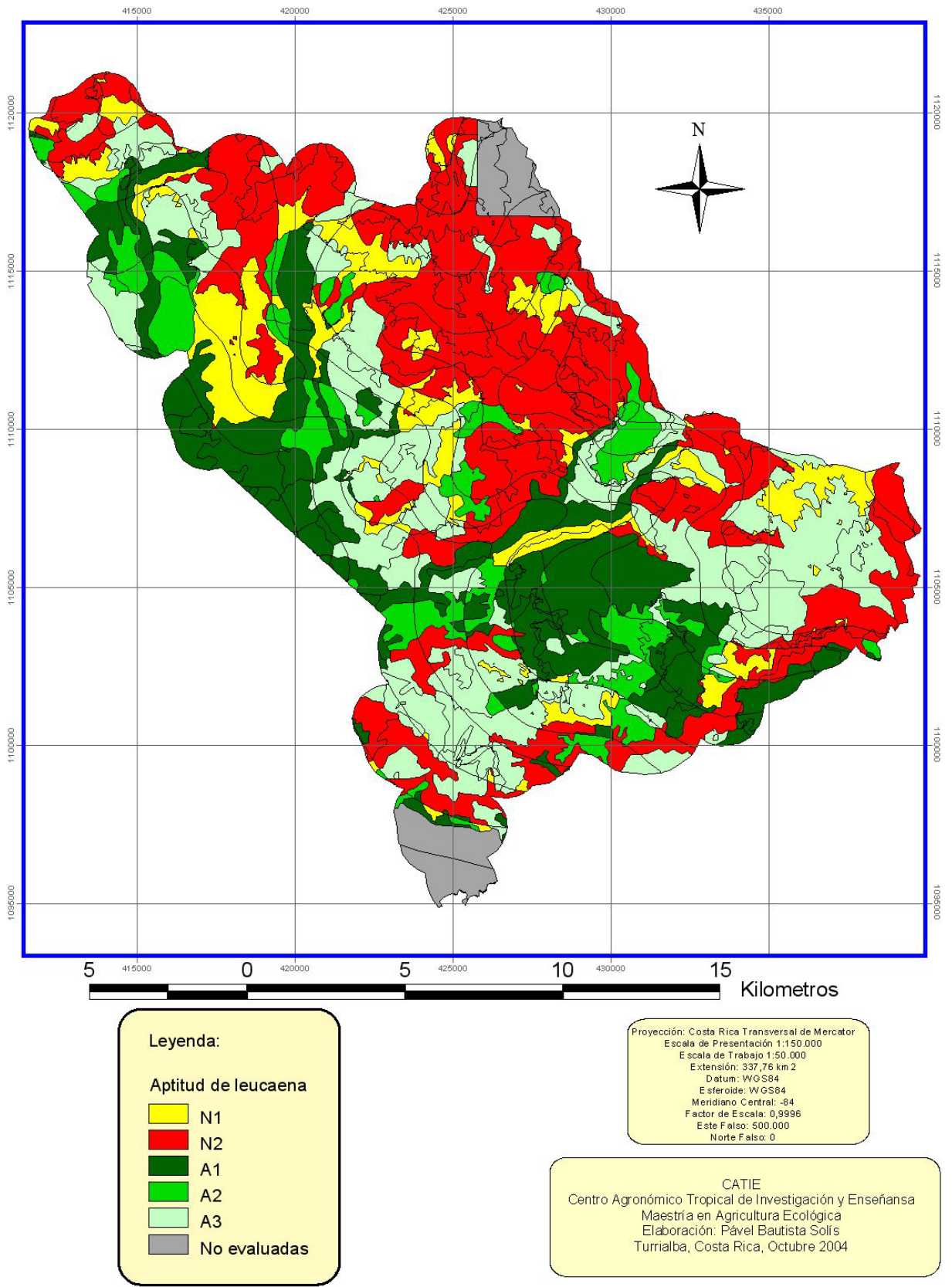
Mapa 13. Aptitud física del TUT banco forrajero de caña de azúcar.



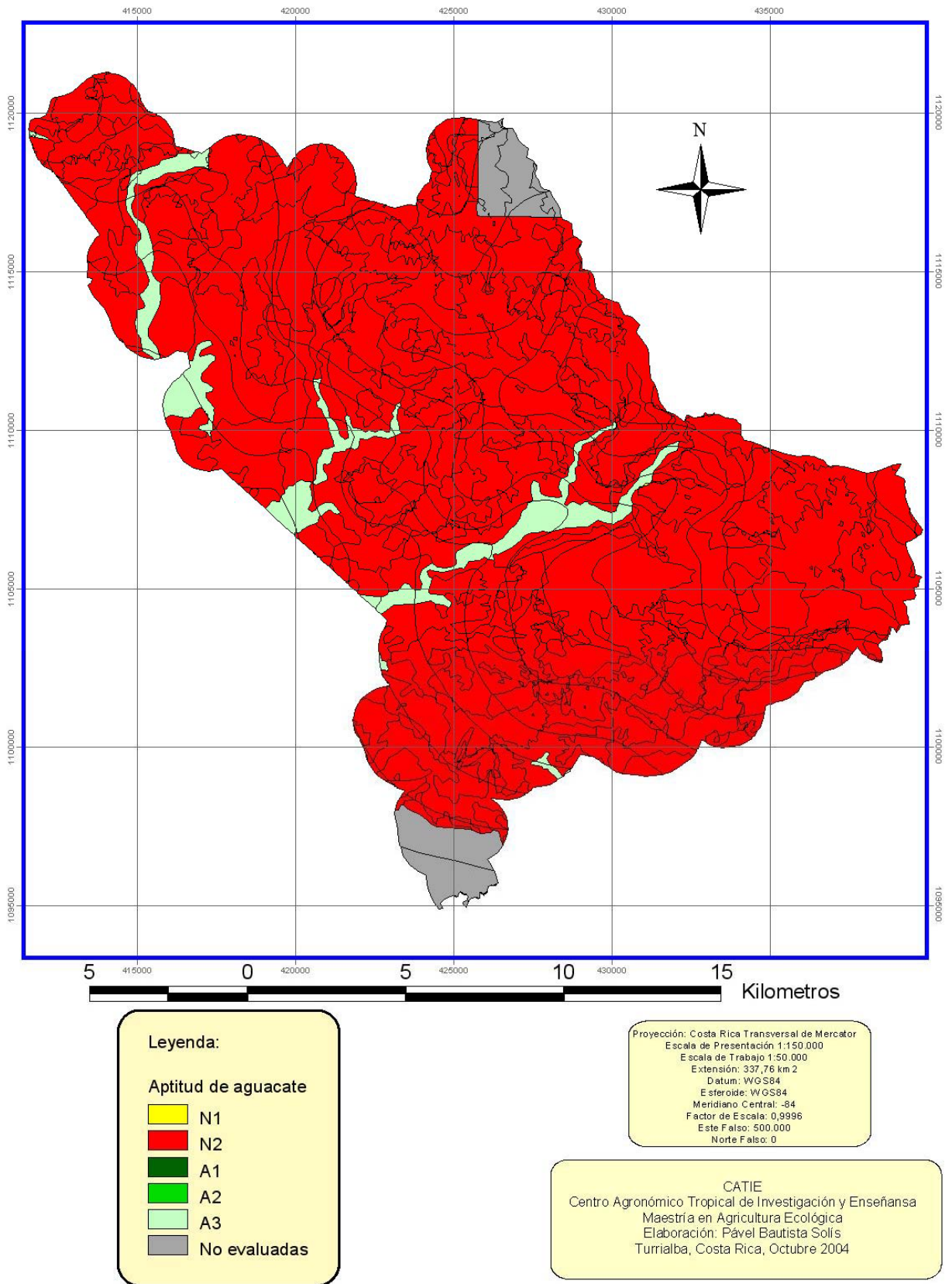
Mapa 14. Aptitud física del TUT banco forrajero de king grass.



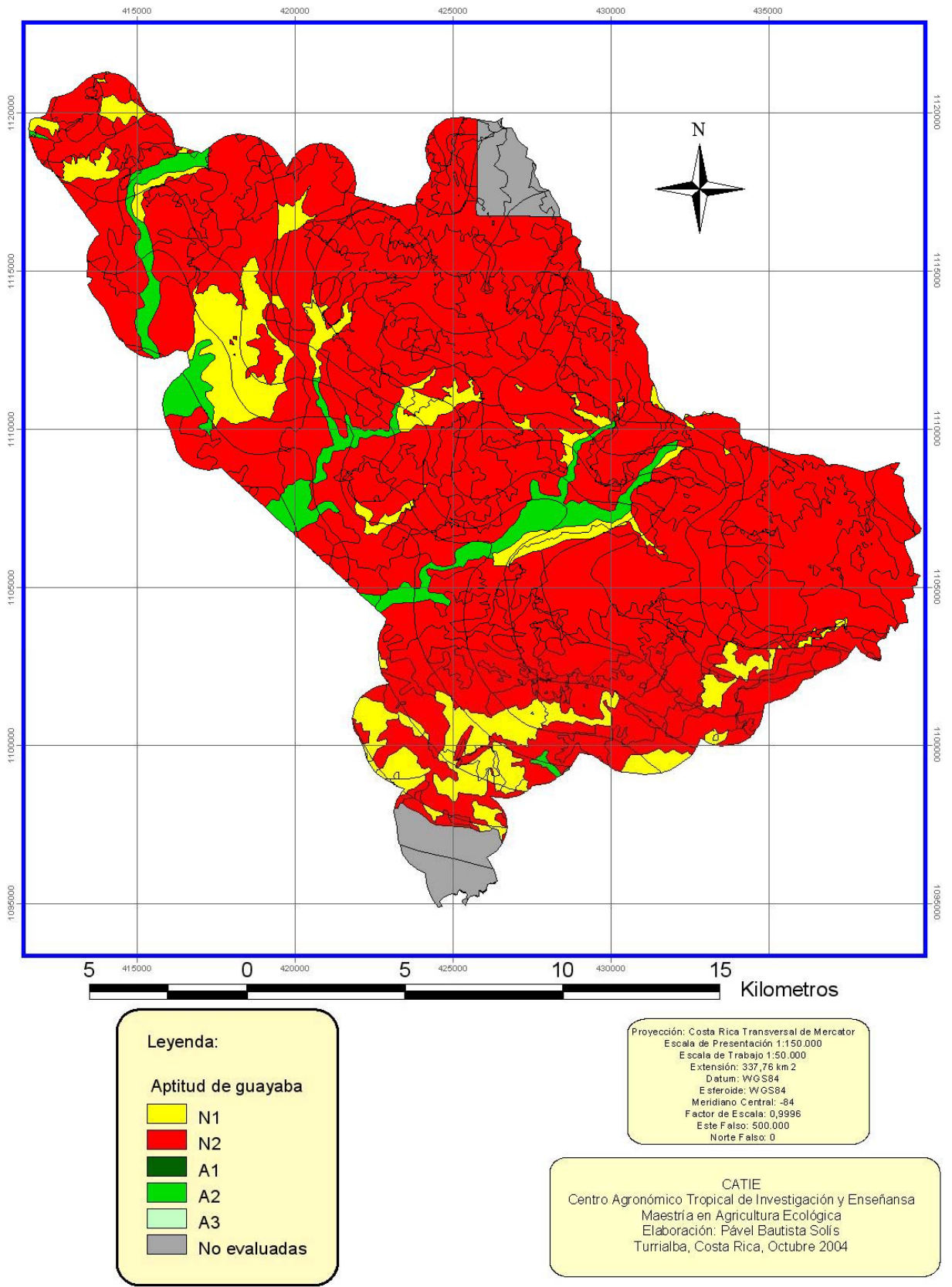
Mapa 15. Aptitud física del TUT banco forrajero de *Cratylia argentea*.



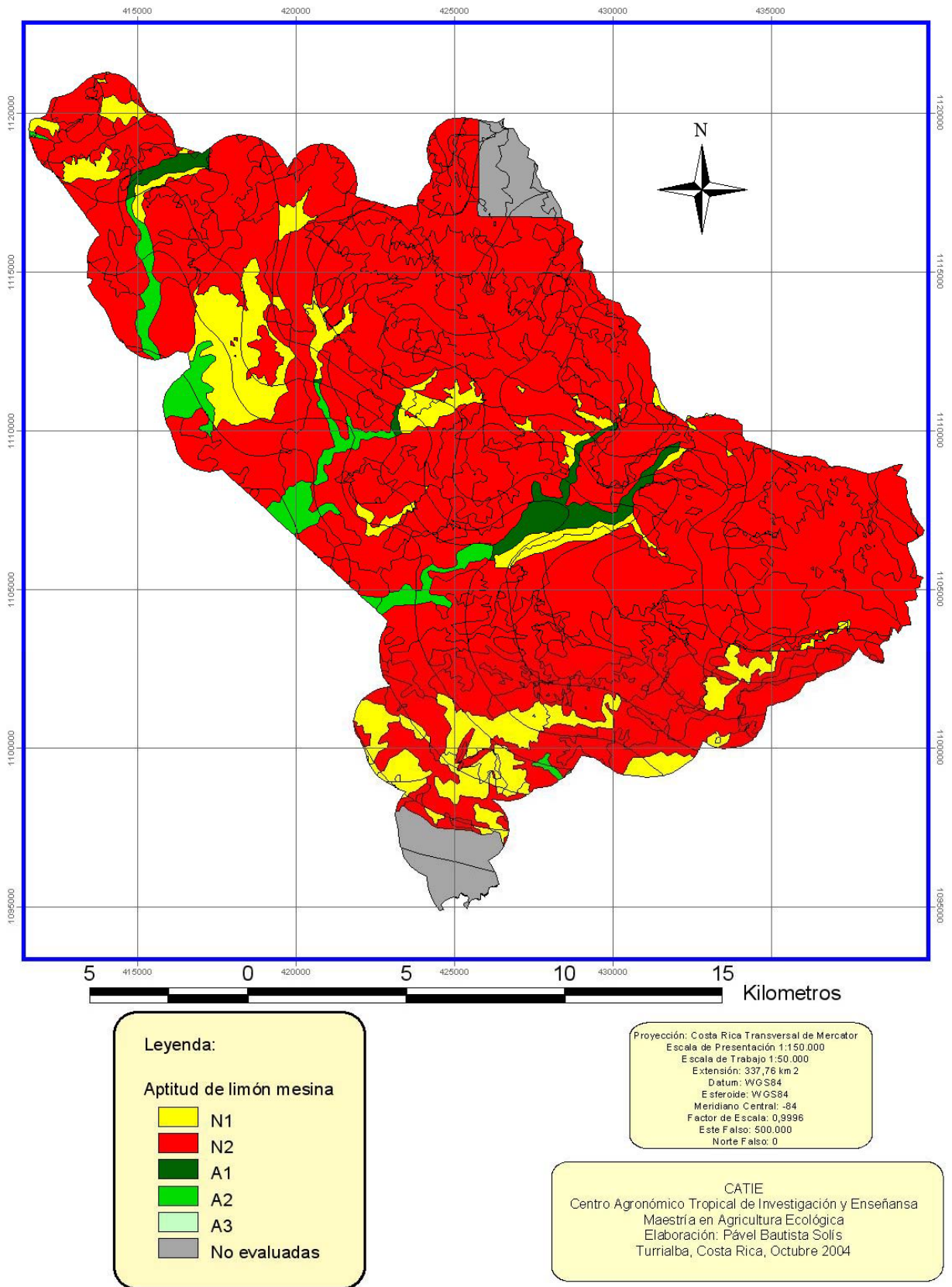
Mapa 16. Aptitud física del TUT banco forrajero de *Leucaena leucocephala*.



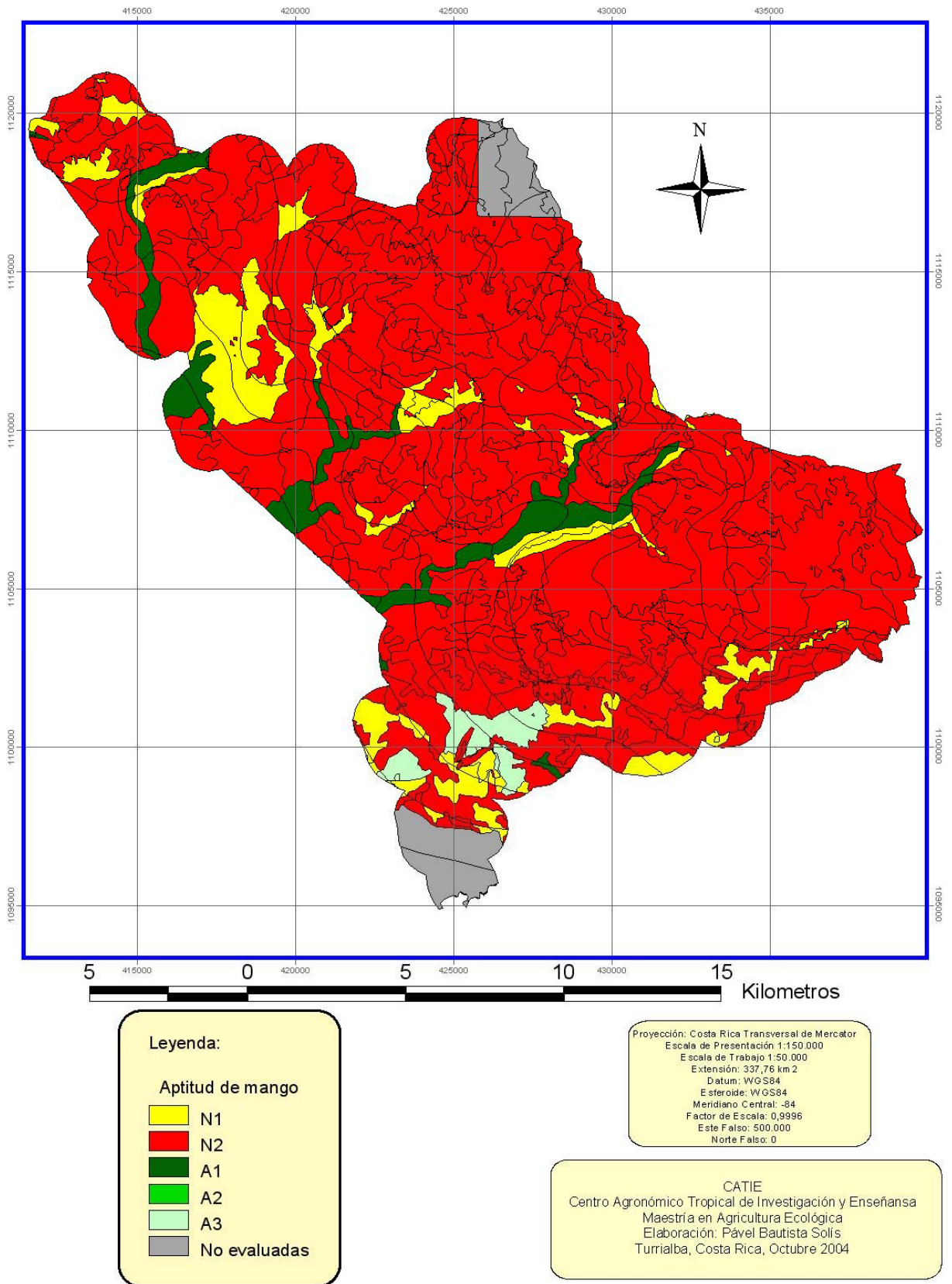
Mapa 17. Aptitud física del TUT plantación de aguacate.



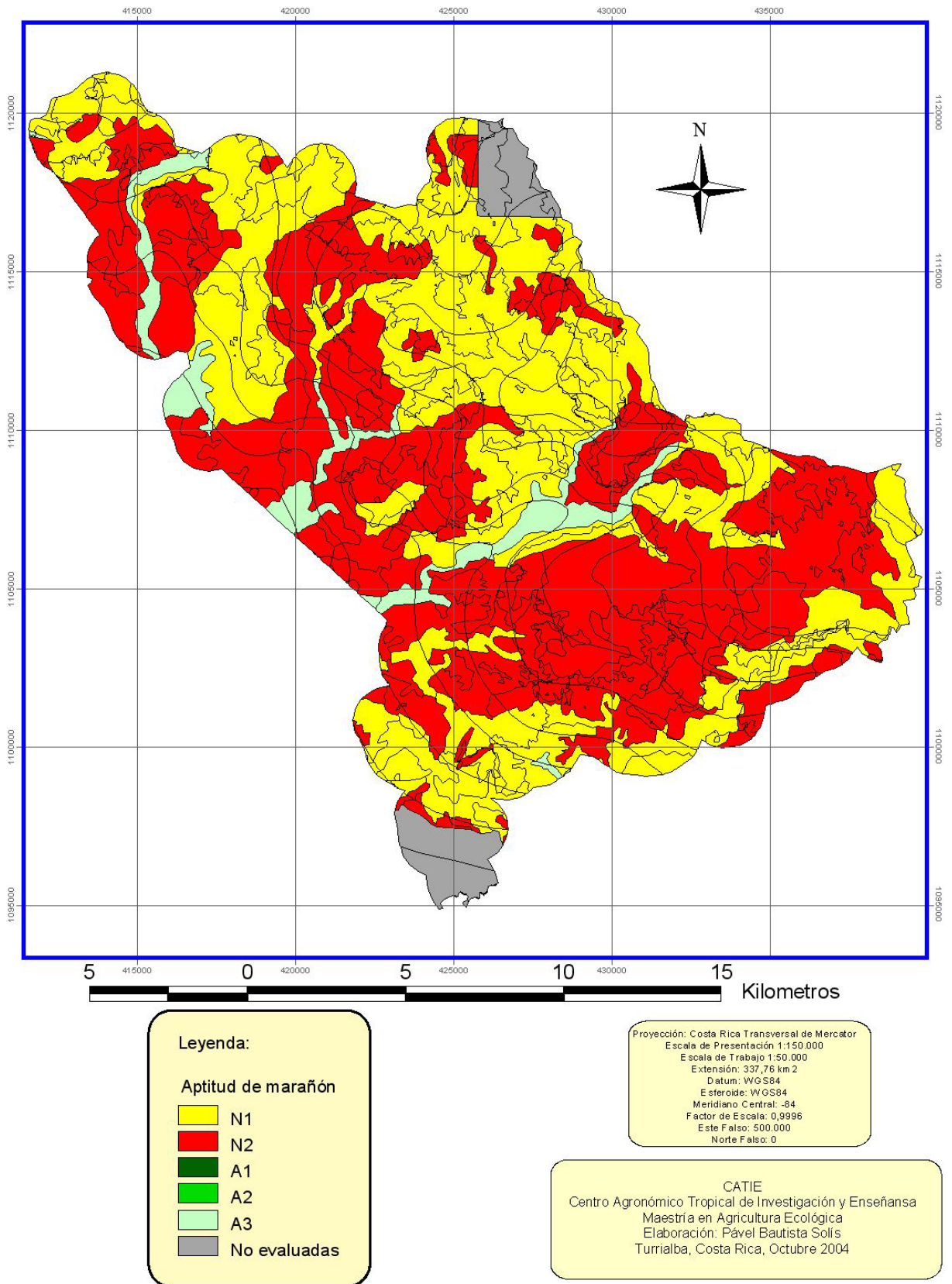
Mapa 18. Aptitud física del TUT plantación de guayaba.



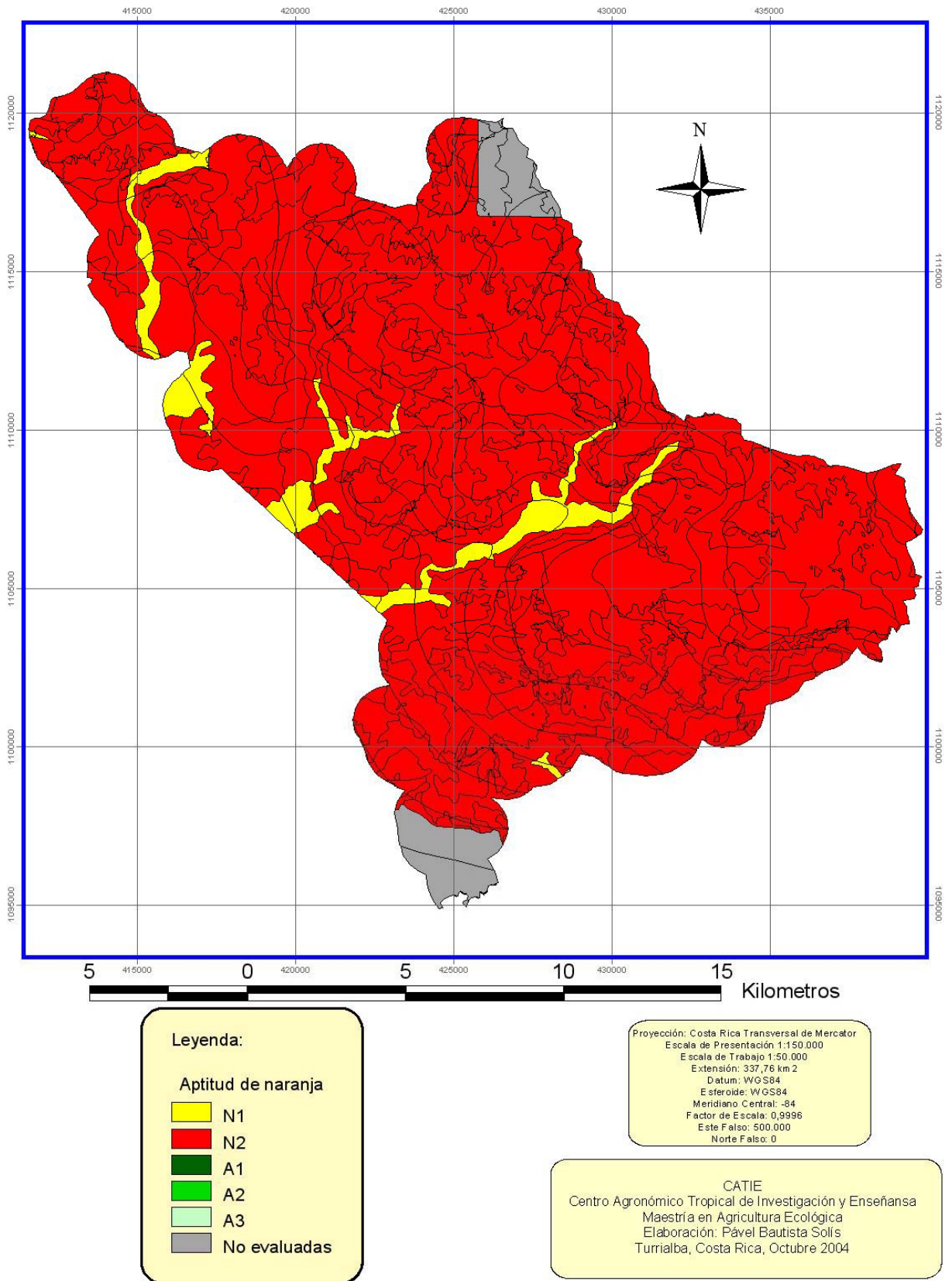
Mapa 19. Aptitud física del TUT plantación de limón mesina.



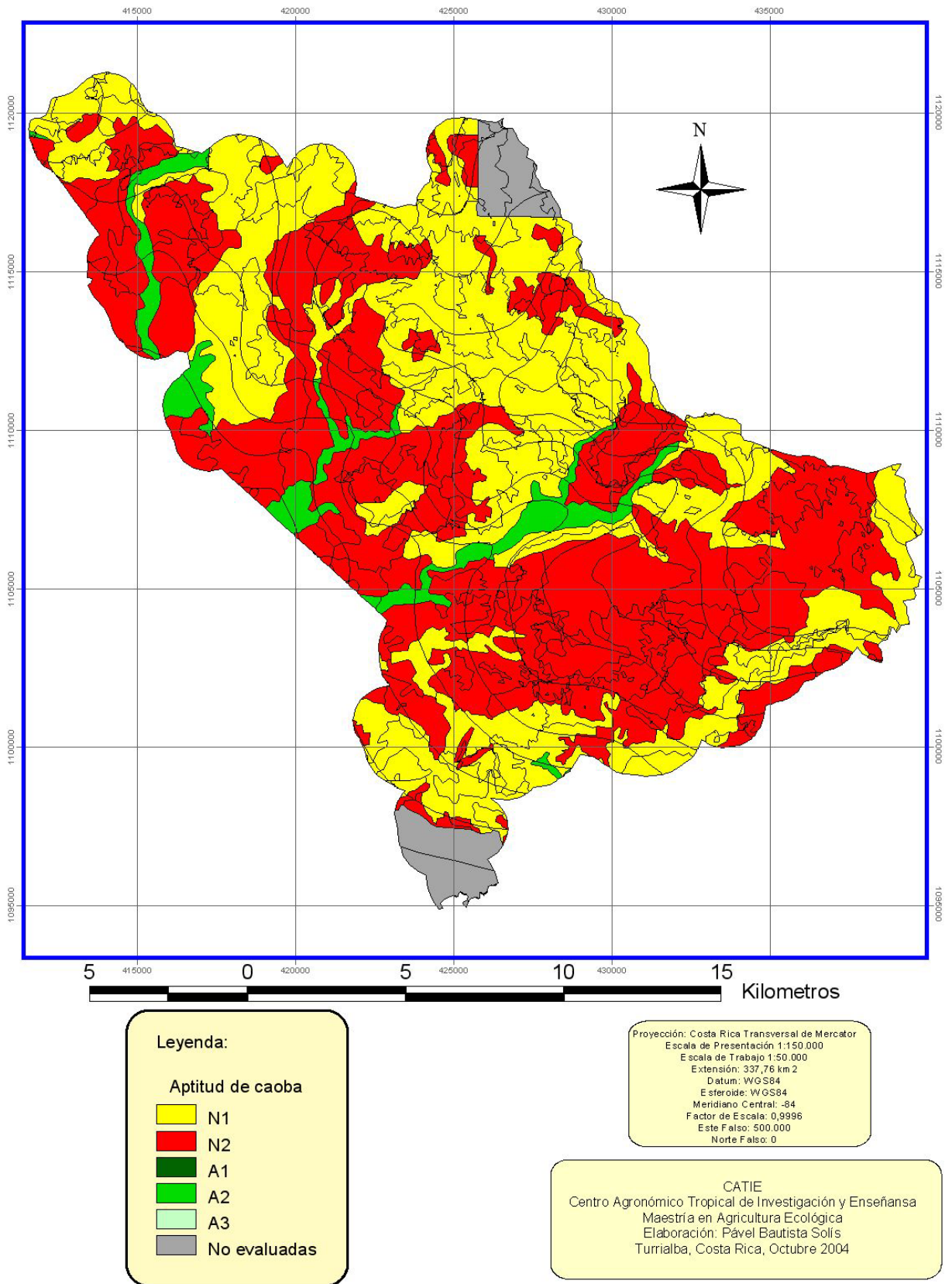
Mapa 20. Aptitud física del TUT plantación de mango.



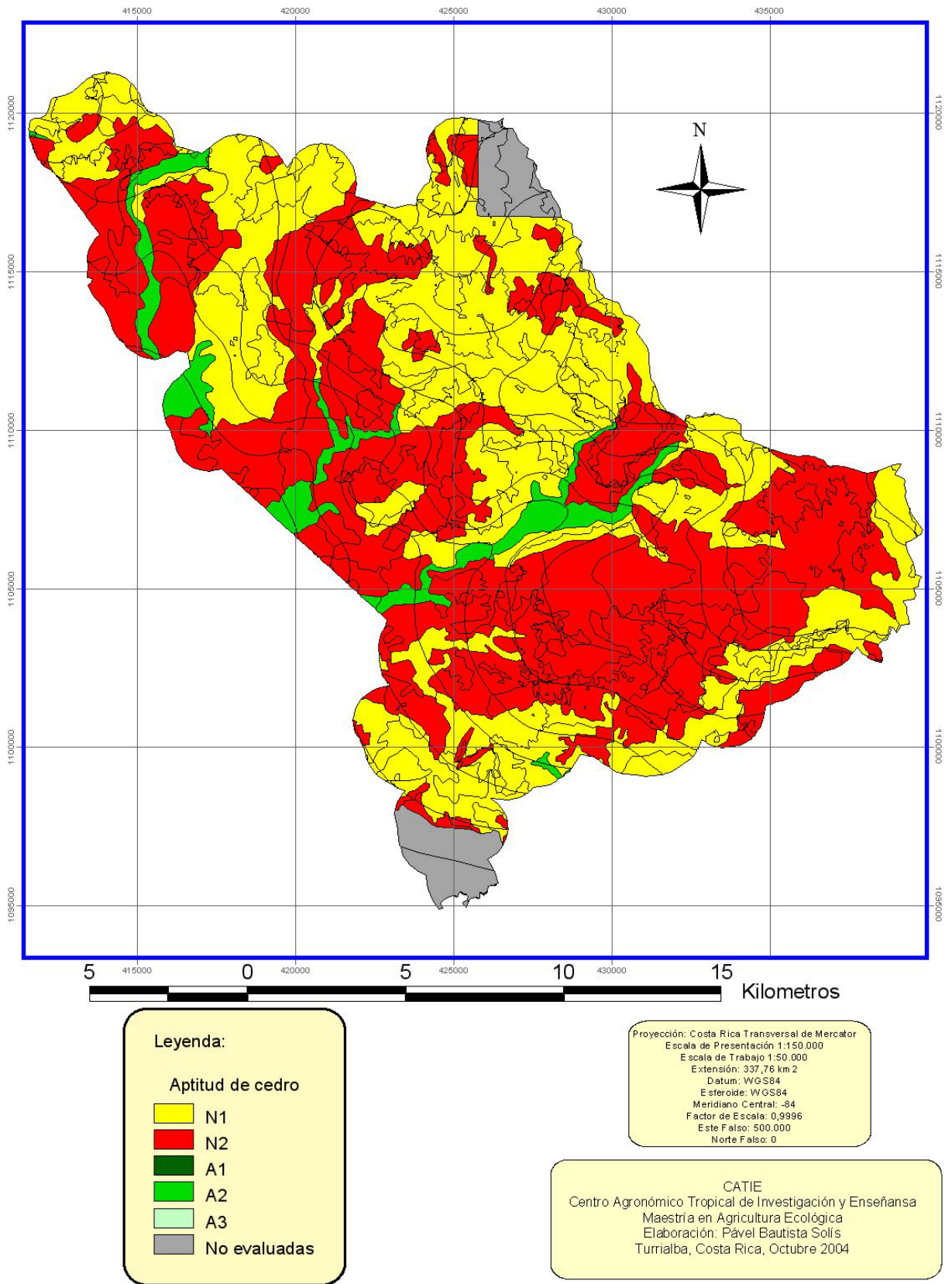
Mapa 21. Aptitud física del TUT plantación de marañón.



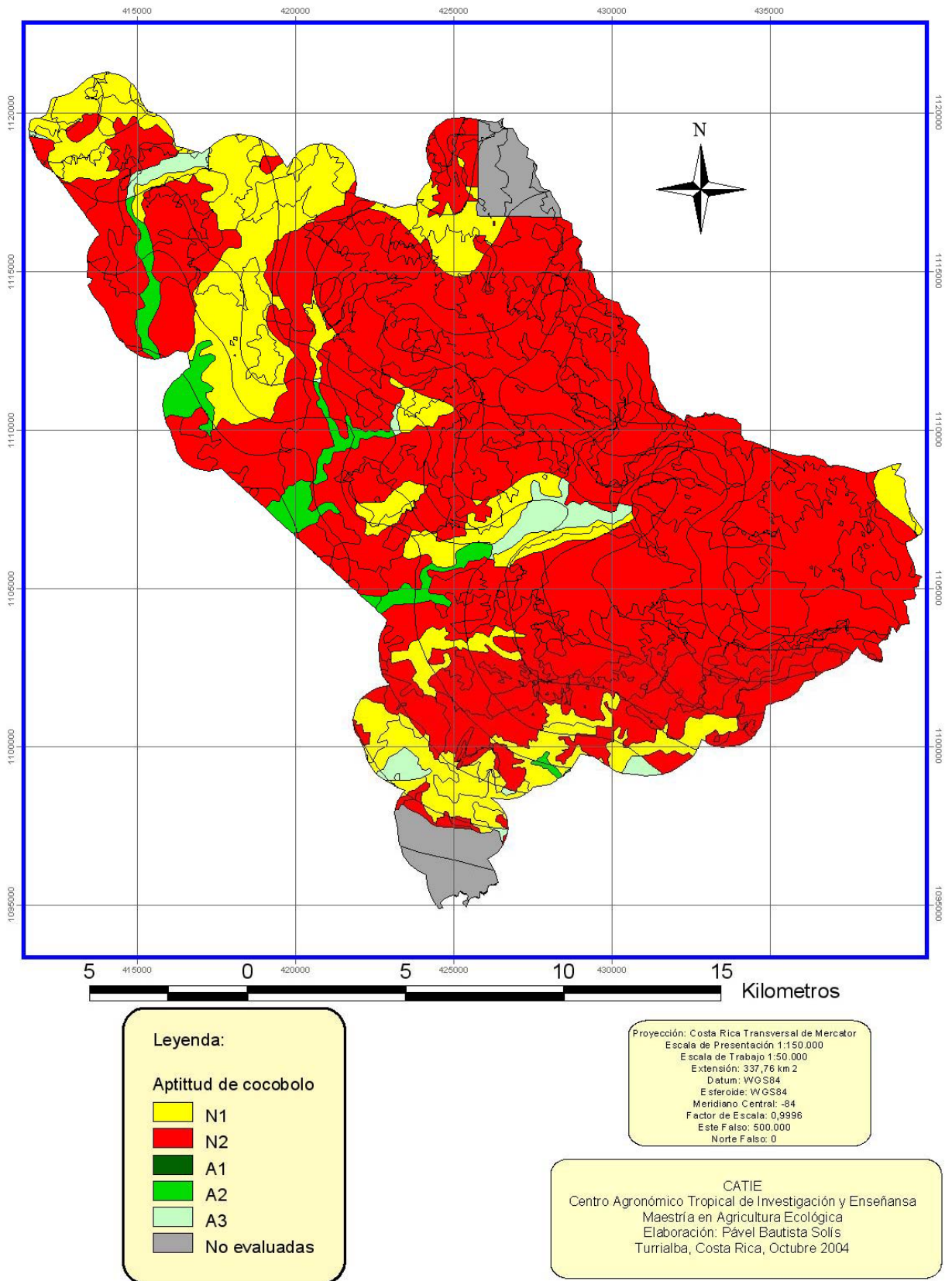
Mapa 22. Aptitud física del TUT plantación de naranja.



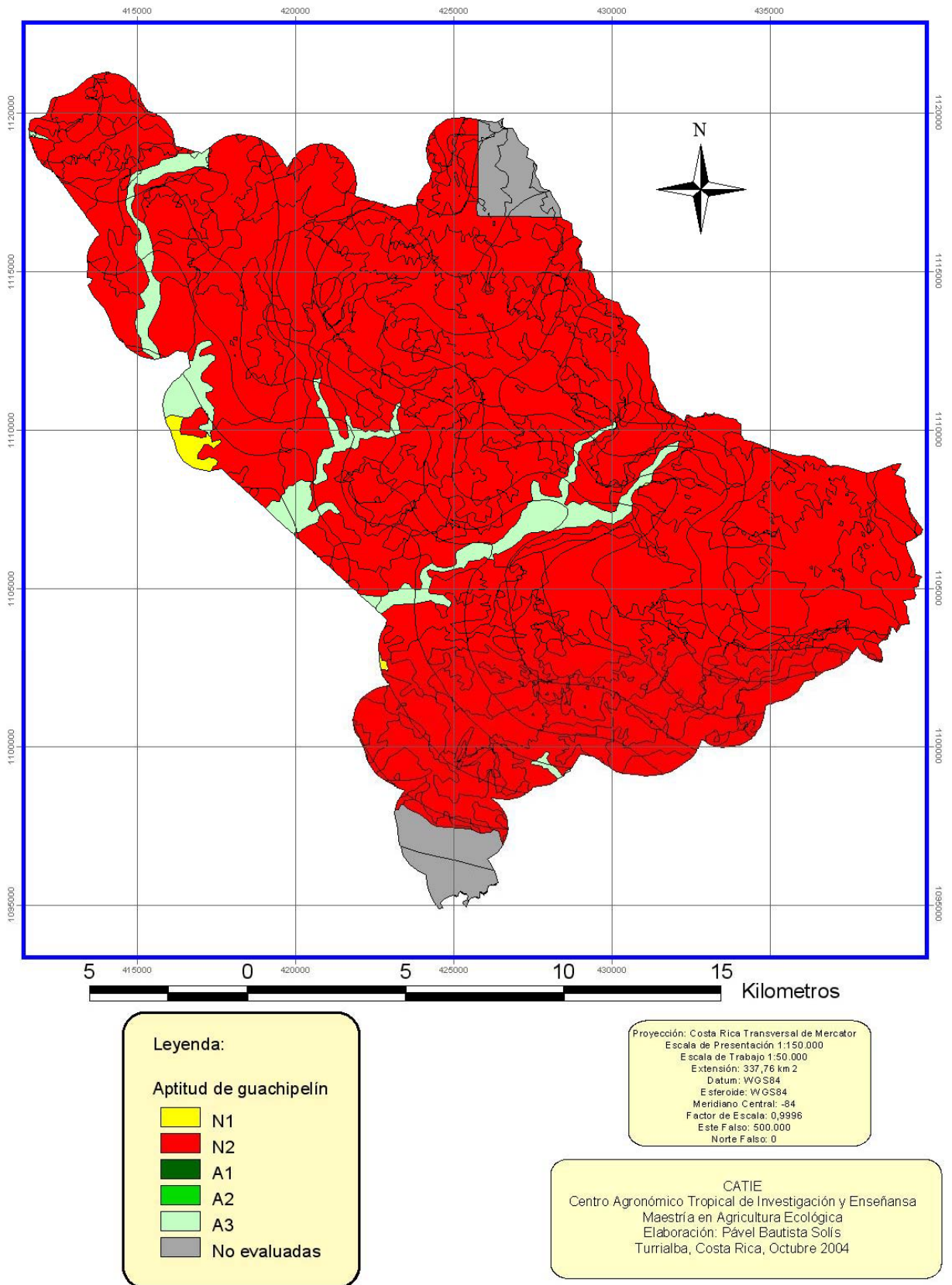
Mapa 23. Aptitud física del TUT plantación de caoba.



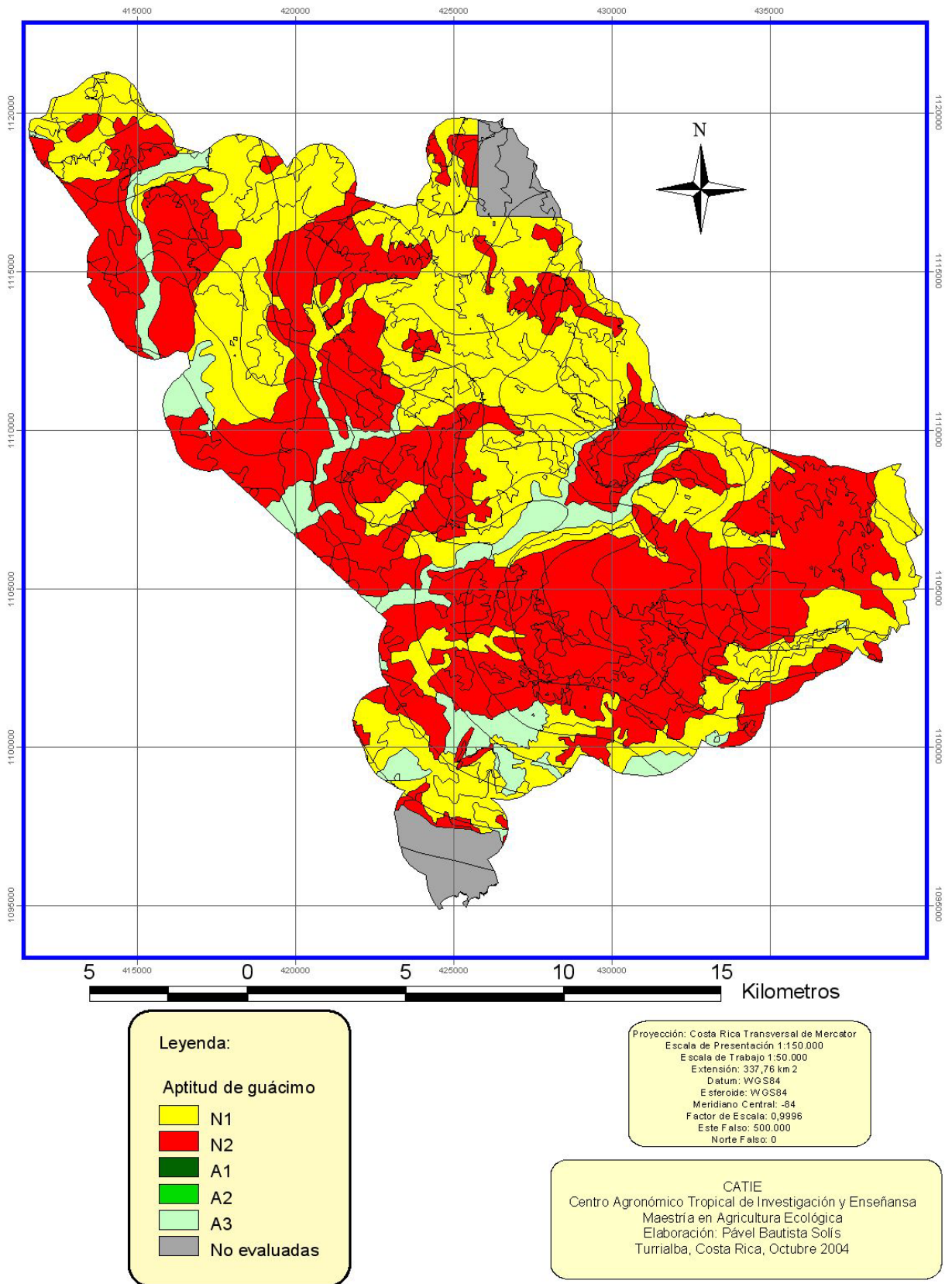
Mapa 24. Aptitud física del TUT plantación de cedro.



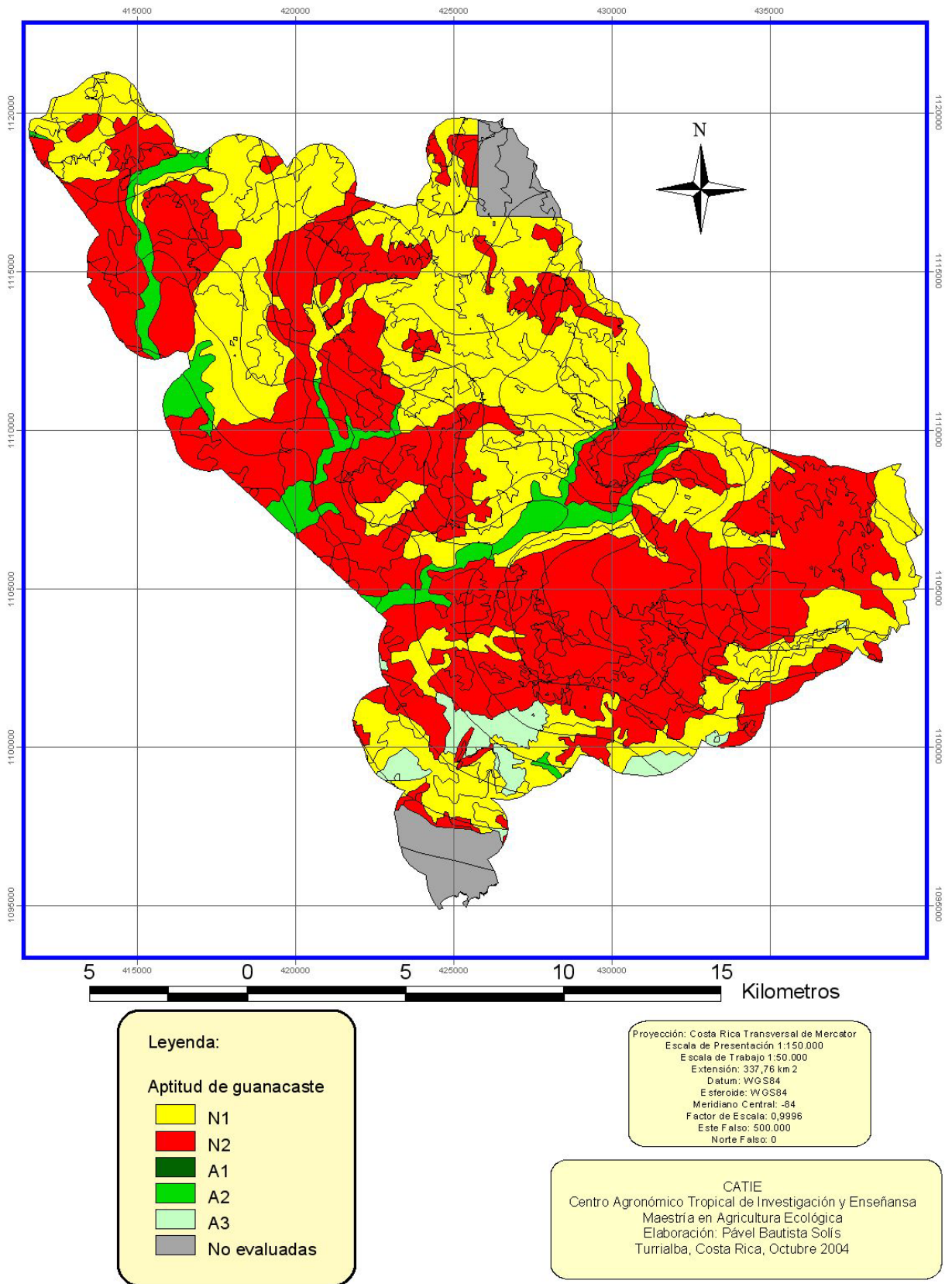
Mapa 25. Aptitud física del TUT plantación de cocobolo.



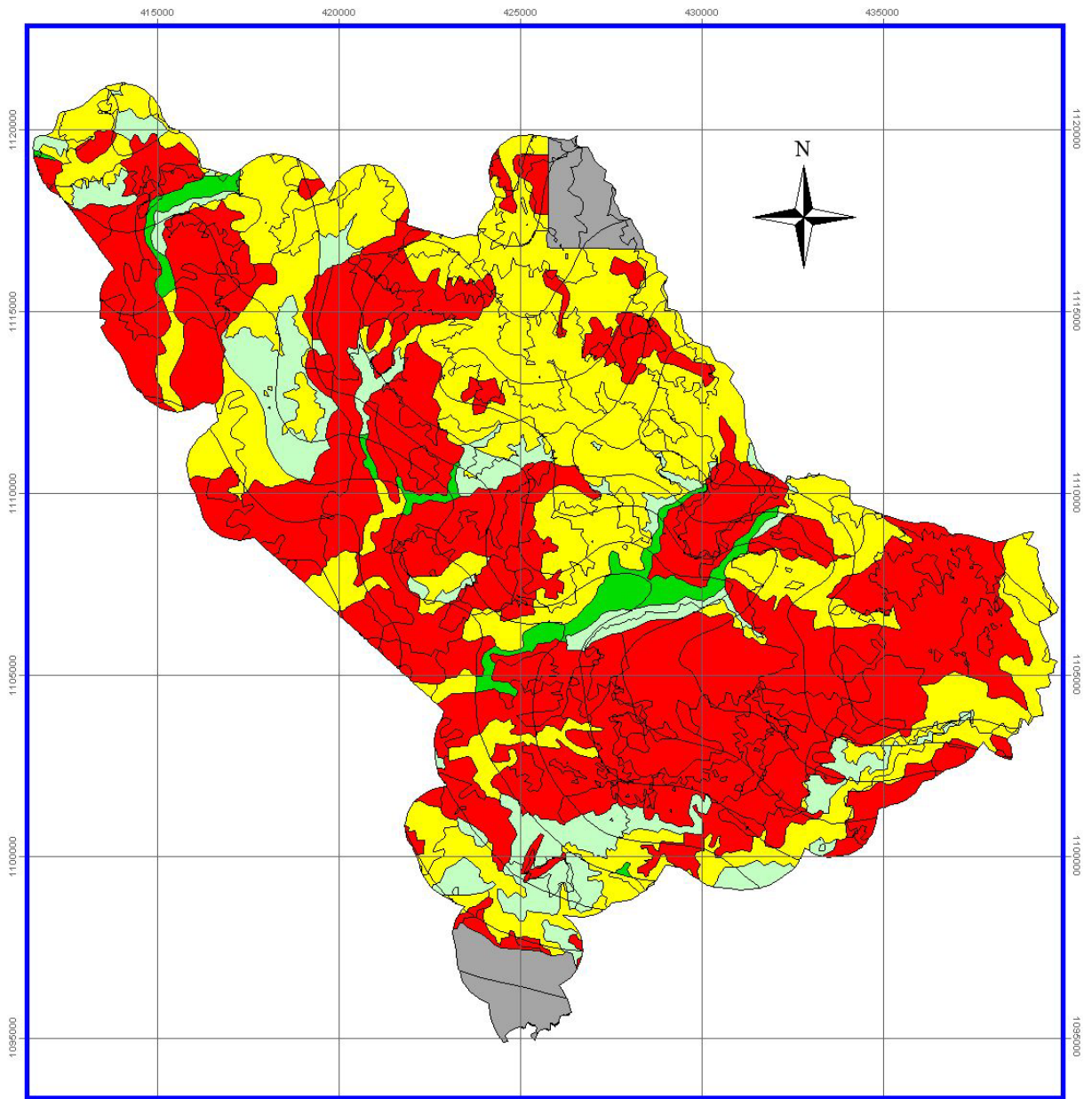
Mapa 26. Aptitud física del TUT plantación de guachipelín.



Mapa 27. Aptitud física del TUT plantación guácimo.



Mapa 28. Aptitud física del TUT plantación de guanacaste.



Legenda:

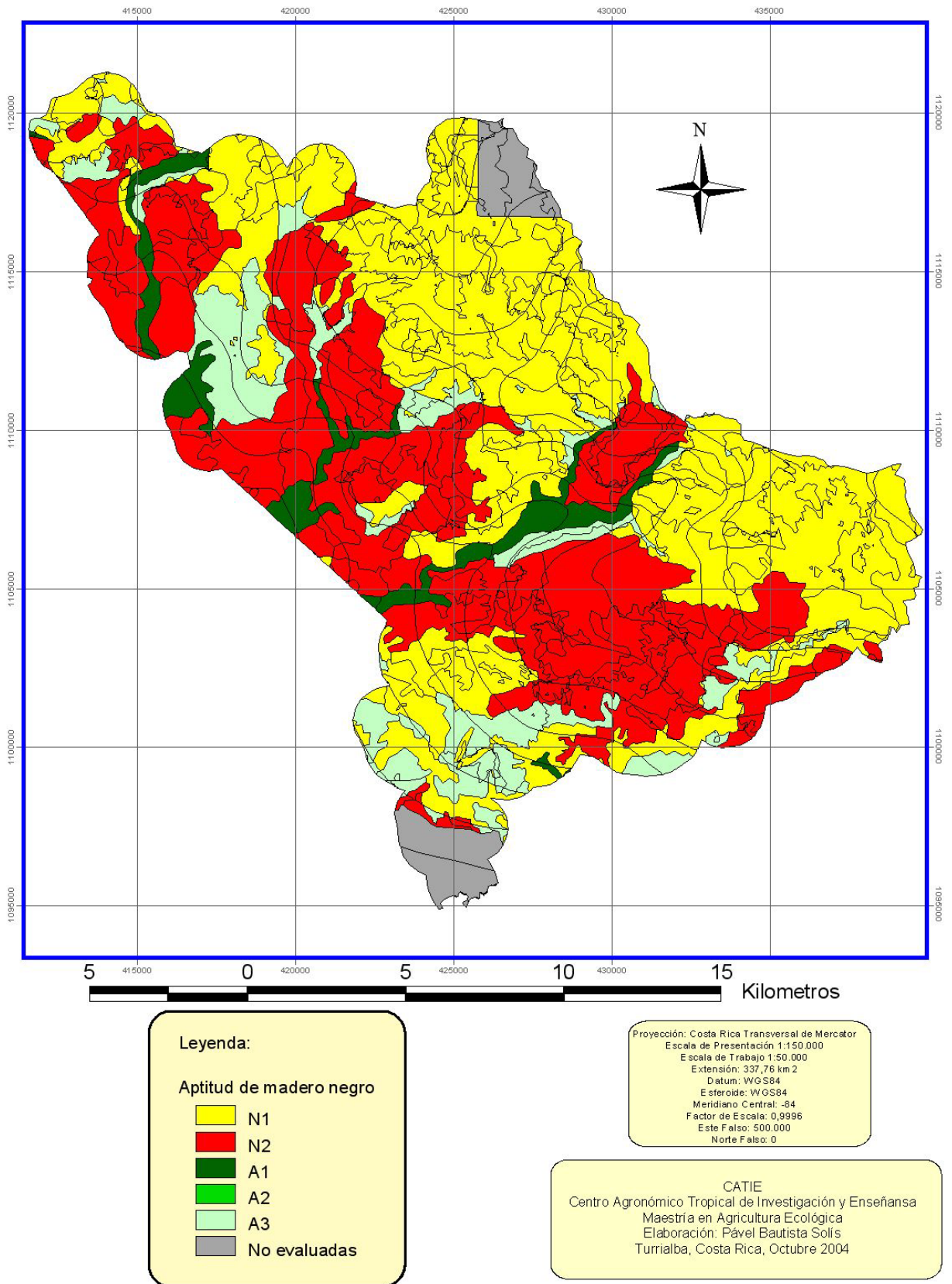
Aptitud de laurel

- N1
- N2
- A1
- A2
- A3
- No evaluadas

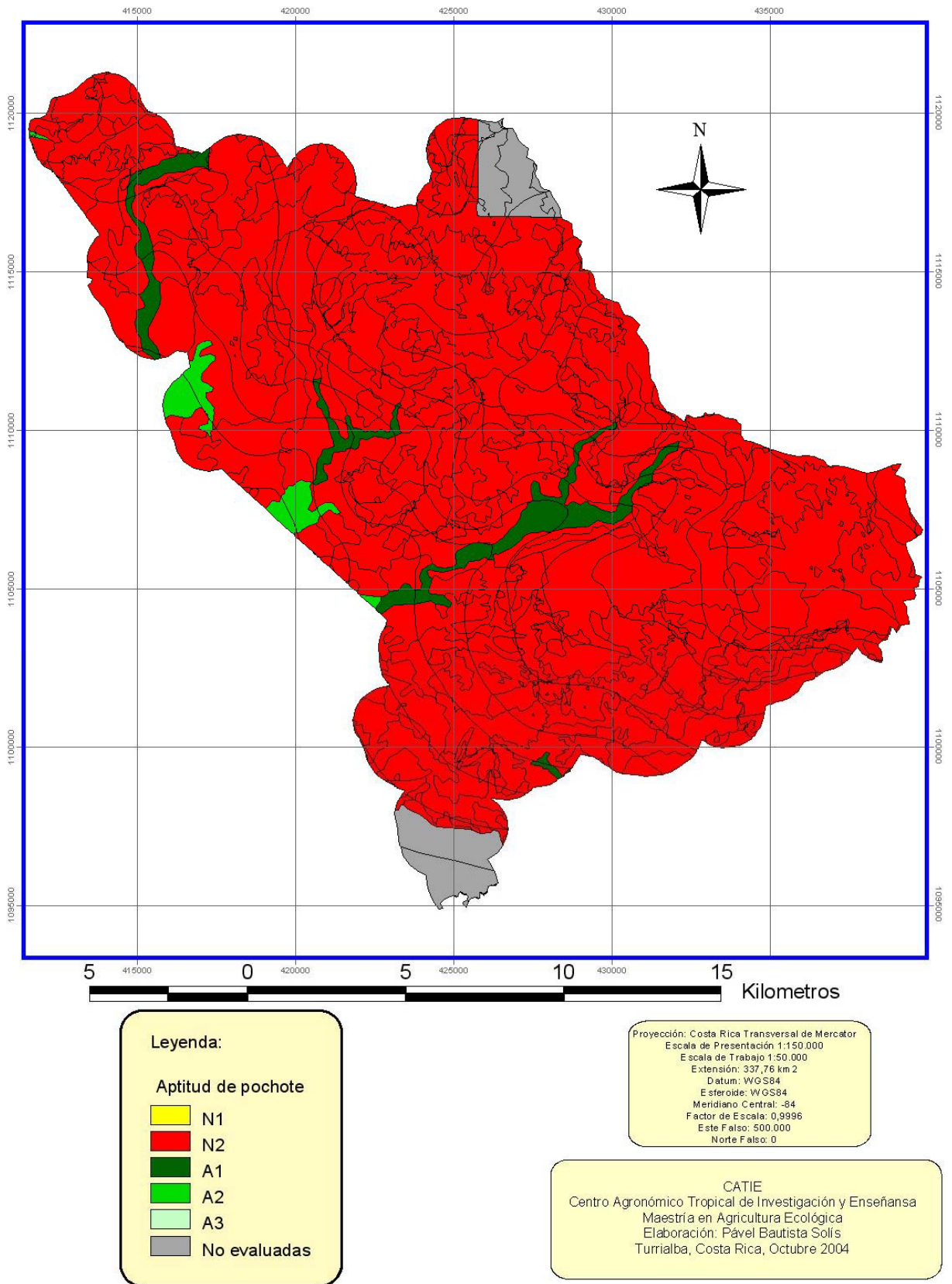
Proyección: Costa Rica Transversal de Mercator
 Escala de Presentación 1:150.000
 Escala de Trabajo 1:50.000
 Extensión: 337,76 km²
 Datum: WGS84
 Esferoide: WGS84
 Meridiano Central: -84
 Factor de Escala: 0,9996
 Este Falso: 500.000
 Norte Falso: 0

CATIE
 Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
 Maestría en Agricultura Ecológica
 Elaboración: Pável Bautista Solís
 Turrialba, Costa Rica, Octubre 2004

Mapa 29. Aptitud física del TUT plantación de laurel.



Mapa 30. Aptitud física del TUT plantación de madero negro.



Mapa 31. Aptitud física del TUT plantación de pochote.