

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA  
SUBDIRECCIÓN GENERAL ADJUNTA DE ENSEÑANZA  
PROGRAMA DE POSGRADO

EVALUACION DEL USO FORESTAL Y FORMULACION DE  
DIRECTRICES PARA LA CONSERVACION DE TIERRAS EN EL  
PARQUE NACIONAL TUNARI, COCHABAMBA, BOLIVIA

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

**Maqister Scientiae**

Por

Mario Escalier Hinojosa

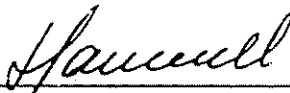
CATIE  
Turrialba, Costa Rica

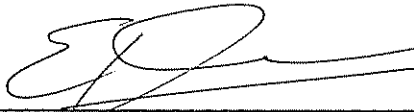
1988

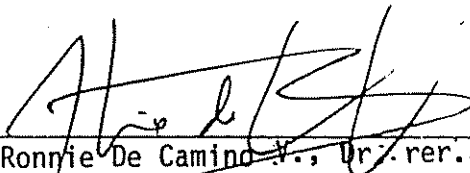
Esta tesis ha sido aceptada, en su presente forma, por la Coordinación del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del CATIE, y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

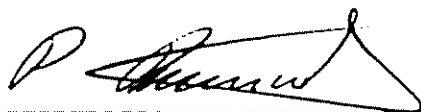
COMITE ASESOR:


  
\_\_\_\_\_  
Jorge Faustino, M. Sc.  
Profesor Consejero

  
\_\_\_\_\_  
Eric Richters, M. Sc.  
Miembro del Comité

  
\_\_\_\_\_  
Ronnie De Camino V., Dr. rer. nat.  
Miembro del Comité

\_\_\_\_\_  
Miembro del Comité

  
\_\_\_\_\_  
Ramón Lastra Rodríguez, Ph. D.  
Coordinador, Programa de Estudios de Posgrado

  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Luis Parisi  
Subdirector General Adjunto de Esneñanza

  
\_\_\_\_\_  
Candidato

Candidato

## AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su sincero agradecimiento a las siguientes personas e Instituciones:

De forma especial a Jorge Faustino, Consejero principal, por su valiosa cooperación, enseñanza, guía y constante estímulo.

A Ronnie de Camino, por su interés y los valiosos consejos.

A Eric Richters como miembro del Comité Asesor, y sus aportes.

A Amaro Zavaleta por sus valiosas enseñanzas.

A Charles Veiman por su cooperación desinteresada.

A Carlos Reiche por sus consejos.

A Raúl Rico por su amplia cooperación.

A la Universidad Mayor de San Simón, por permitirme la realización de Estudios de Posgrado.

A la Fundación Alemana para el Desarrollo Internacional (DSE), por el financiamiento para el perfeccionamiento profesional.

A la Corporación de Desarrollo de Cochabamba (CORDECO).

A la Cooperación Técnica Suiza (COTESU), por su decidida cooperación.

A la Misión Forestal Alemana (MFA).

A los miembros de Parque Nacional Tunari.

Al Centro de Desarrollo Forestal Cochabamba.

Al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE, por la capacitación.

Al Programa Regional de Manejo de Cuencas, a su personal docente y administrativo, por toda la cooperación brindada.

A Todo el Personal de Cómputo por la colaboración.

A los compañeros Latinoamericanos del Programa de Posgrado.

A los amigos costarricenses por su hospitalidad.

A todos muchas gracias.

## DEDICATORIA

A mi adorada esposa: Virginia Vega de Escalier  
con amor.

A nuestros Hijos: Erhard Edsson  
Waldo Daiver  
mi fortaleza, con ternura.

A mis padres y hermanos: con cariño.

A mis familiares y amigos: con aprecio.

A Bolivia mi patria: con añoranza.

## BIOGRAFIA

El autor nació en Catavi, Potosí, Bolivia. Concluyó sus estudios secundarios, en el colegio Daniel Sánchez Bustamante de la ciudad de Cochabamba.

En 1967 ingresó a la Universidad Juan Misael Saracho de Tarija, donde obtuvo el título de Ingeniero Forestal.

En 1978 obtuvo la especialidad en fotointerpretación forestal, en el Centro Interamericano de fotointerpretación de Colombia (CIAF).

Durante el período de 1974-1980, desempeñó las funciones de Jefe de Industria y Comercio en la ciudad de Santa Cruz, fue Jefe Nacional de Bosques e Ingeniería del Centro de Desarrollo Forestal en en la ciudad de La Paz.

Desde 1981-1986, trabajó como docente de silvicultura, ecología, estadística, dasometría e inventarios forestales, en la Escuela Técnica Superior Forestal, en la Universidad Mayor de San Simón con el cargo de Director.

En septiembre de 1986, ingresó al Programa de Estudios de Posgrado de CATIE, al Departamento de Recursos Naturales renovables, en Manejo de Cuencas Hidrográficas, en septiembre de 1988 obtuvo el grado de Magister Scientiae.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
Resumen	xi
Summary	xii
Lista de figuras	xiii
Lista de cuadros	xiv
1. INTRODUCCION	1
1.1 Definición del problema	1
1.2 Objetivos del estudio	4
1.3. Alcances del trabajo	4
2. REVISION DE LITERATURA	5
2.1 Descripción general de la problemática del uso de la tierra con relación al departamento de Cocha- bamba y a la subcuenca del Parque Nacional Tunari	5
2.2 Procesos de degradación de suelos y aguas	6
2.3 Consideraciones sobre conservación de suelos y aguas	8
2.4 Producción forestal en la zona	11
2.5 Sistema de uso de la tierra	11
2.6 Concepto de cuenca hidrográfica y manejo de cuencas	12
2.7 La cuenca hidrográfica como sistema	13
2.8 Enfoques de la evaluación de tierras	16
2.8.1 Concepto de tierra y evaluación de tierra	16
2.8.2 Características del uso forestal de la tierra	19
2.9 Planificación y evaluación del uso forestal	

en el contexto del manejo de cuencas	21
2.10 Evaluación de aptitud de la tierra	24
2.11 Clasificación de aptitud de la tierra	24
2.12 Esquemas de procedimientos	27
2.13 Tipos principales de uso de la tierra con fines forestales	29
2.13.1 Contexto del área de estudio	29
2.14 Requerimientos de crecimiento, manejo y conservación	29
2.15 Escala e intensidad	32
2.16 Confrontación de la tierra con su uso	32
2.17 Ponderación de factores	33
2.18 Impacto ambiental	33
2.18.1 Papel del análisis de impacto ambiental	33
2.19 Análisis social y económico	34
2.19.1 Papel del análisis económico y social en la evaluación de tierras	34
2.20 Enfoque paralelo y de dos etapas	35
2.21 Clasificación de aptitud de la tierra	37
2.21 1 Eliminación sucesiva	
2.21 2 Comparación relativa	37
2.22 Contexto histórico de la tenencia de la tierra en Cochabamba	38
2.23 Aspectos legales e institucionales de la cuenca del Parque Nacional Tunari	39
2.24 Participación de la comunidad en aspectos forestales	40



3.	MATERIALES Y METODOS	43
3.1	Fuentes de información	43
3.2	Materiales y equipos utilizados	43
3.3	Ubicación del área de estudio	45
3.4	Recursos biofísicos	48
3.4.1	Geología y geomorfología	48
3.4.1.1	Análisis Geológico	48
3.4.1.2	Geomorfología	49
3.5	Fisiografía	51
3.6	Suelos	52
3.7	Zonas de vida	53
3.8	Pendiente	55
3.9	Clima	55
3.10	Requerimiento de las plantaciones forestales	59
3.11	Recursos socioeconómicos	61
3.11.1	Análisis social	61
3.11.2	Análisis económico	61
3.11.3	Análisis ambiental	62
3.12	Uso actual de la tierra	62
3.13	Prospección de las plantaciones forestales del Parque Tunari	62
3.14	Determinación de la aptitud de la tierra	63
3.15	Proceso de clasificación de aptitud de la tierra	63
3.16	Formulación de directrices integrales	64
4.	RESULTADOS Y DISCUSION	65
4.1	Situación biofísica	65

4.1.1	Microcuencas	65
4.1.2.	Areas críticas	65
4.1.3	Suelos	69
4.1.4	Pendientes	71
4.1.5	Red de drenaje	75
4.1.6	Infraestructura vial	75
4.1.7	Vegetación	79
4.2	Uso de la tierra	79
4.3	Prospección forestal en el Parque Nacional Tunari	80
4.4	Clasificación de Aptitud de la Tierra	84
4.4.1	Clasificación Provisional de la aptitud de la tierra	84
4.5	Clasificación revisada de la aptitud de la tierra	92
4.5.1	Análisis ambiental de los efectos del uso forestal de la tierra	92
4.5.2	Análisis social	92
4.5.3	Análisis financiero	95
4.6	Clasificación definitiva de aptitud de la tierra	104
4.7	Propuesta de directrices integrales para la conservación de tierras con uso forestal	105
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	115
5.1	Conclusiones	115
5.2	Recomendaciones	116
6.	BIBLIOGRAFIA	120
7.	ANEXOS	127
	.Descripción de perfiles de suelos en el	

Parque Nacional Tunari	128
.Análisis Físico de Suelos	140
Análisis químico de suelos	141
.Resumen Meteorológico	142
.Información Demográfica (población total y econó- mica	143
.Información Forestal	156
.Análisis Económico (Flujo de Caja)	148

ESCALIER H., M. 1988. Evaluación del uso forestal y formulación de directrices para la conservación de tierras en el Parque Nacional Tunari, Cochabamba, Bolivia. Tesis Mag. Sc., Turrialba.C.R,CATIE,233 pg..

Palabras claves: Uso de la Tierra, Cuenca, Conservación, Forestal, Aptitud, Análisis Financiero, Cochabamba, Bolivia.

### RESUMEN

El presente estudio se realizó en la subcuenca del Parque Nacional Tunari, departamento de Cochabamba, Bolivia.

Los objetivos del trabajo fueron: 1) Determinar en una primera aproximación, la aptitud de uso forestal de la tierra. 2) Formular directrices para la conservación de tierras con aptitud forestal, tanto para las plantaciones, como para la participación de las comunidades rurales en el proceso de desarrollo.

Las principales conclusiones y recomendaciones fueron:

1) La metodología utilizada para la clasificación de la aptitud de la tierra con fines forestales de la FAO resultó adecuada para adaptar una aplicación en la subcuenca del Parque Nacional Tunari, en una primera aproximación; los mapas resultantes fueron a escala 1:50.000.

2) En el parque Nacional Tunari, existen 2.104,63 has de tierra con aptitud forestal, que representan el 32,56 por ciento de la subcuenca; la reforestación alcanza a un 2,99 por ciento de la subcuenca.

3) La aptitud de la tierra indica que el área comprendida entre los 2.900 y los 3.900 msnm, puede ser considerada como apta para el repoblamiento forestal principalmente con la especie de *Pinus radiata*, con condiciones de marginalidad en lo referente al aprovechamiento mecanizado.

4) Debe promoverse la participación efectiva de las comunidades en las actividades forestales, posibilitando diversificar sus ingresos, y mejorar su calidad de vida.

5) Deberá invertirse en Proyectos de repoblamiento forestal para lograr a mediano plazo mejorar el Tunari y conservar los recursos de la tierra propiciando el manejo integrado de los recursos naturales en la cuenca.

ESCALIER H.,M 1988 Evaluation of forestry use and formulation of the directives for the conservation of the lands in the Tunari National Park,Cochabamba,Bolivia. Thesis MSc., Turrialba,C.R.,CATIE.233 p.

**Key words:** Land use,Watershed,Conservation,Forestry,Aptitude  
Financial analysis,Cochabamba,Bolivia.

### SUMMARY

The present study was carried out in the watershed of the Tunari National Park located in the departmen of Cochabamba,Bolivia.

The objectives of the study were: 1) Determine, as a first approximation,the aptitude of the land for forestry purposes in the Tunari National Park. 2) Formulate directives for the conservation of the lands with forestry aptitude,for plantations as well as for the participation of the rural communities in the development process within the park.

The principal conclusions and recommendations were:

1) The FAO methodology used for the classification of the aptitude of the land for forestry purposes resulted to be adecuate,as a first approximation,for adapting to the watershed of the Tunari National Park;the resulting mapas are at a scala of 1:50.000.

2) In the Tunari National Park there are 2,104.63 ha of land with forestry aptitude,representing 32.56 percent of the watershed.The actual reforestation reaches 2.99 percent of the watershed.

3) The aptitude of the land indicates that the area between the 2900 and 3900 m above sea level,can be considered as apt for reforestation,primarily with the specie *Pinus radiata*,with marginal conditions for mechanized looqing.

4) The promotion of the effective participation of the communities in the forestry activities with possibilities to diversify their income and the betterment of the quality of life is recommended.

5) It is necessary to invest in reforestation projectos in the park with the purpose of beautifying the scenary and the conservation of the land resources thereby promoting the integrated management of the natural resources in watersheds.

## LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Elementos de un sistema de uso de la tierra	12
2. La cuenca hidrográfica como sistema sus elementos e interacciones	15
3. Las funciones del bosque	22
4. Esquema de procedimientos en evaluación de tierras	28
5. Soluciones bifásica y paralela para la evaluación de tierras	36
6. Ubicación del área de estudio en el contexto nacional	46
7. Localización del área de estudio, en el sistema de cuencas hidrográficas del departamento de Cochabamba	47
8. Zonas de vida en la Subcuenca del Parque Tunari	54
9. Distribución de Precipitación y temperatura media mensual estación Cochabamba	57
10. Histograma de precipitación estación Parque Nacional Tunari	58
11. Microcuencas del Parque Nacional Tunari	67
12. Areas críticas en el Parque Nacional Tunari	68
13. Suelos de la Subcuenca del Parque Nacional Tunari	70
14. Mapa de pendientes en el Parque Nacional Tunari	72
15. Mapa de altitudes en el Parque Nacional Tunari	73
16. Red hidrográfica en el Parque Nacional Tunari	77
17. Infraestructura en el Parque Nacional Tunari	78
18. Uso de la tierra	81
19. Clasificación provisional de la aptitud de la tierra.	85

## LISTA DE CUADROS

Cuadro N°	Página
1. Estructura de la clasificación de la aptitud de la tierra.	25
2. Definiciones de clases de aptitud de la tierra.	26
3. Requerimientos de uso de la tierra y limitaciones para manejo forestal de producción.	31
4. Zonificación ecológica del Parque Nacional Tunari.	55
5. Precipitación y temperatura (Estación Meteorológica Cochabamba).	57
6. Precipitación media mensual (Estación Meteorológica Parque Nacional Tunari).	58
7. Areas por microcuencas en el Parque Nacional Tunari.	66
8. Areas críticas en el Parque Nacional Tunari.	66
9. Ordenes de suelos y sus porcentajes en el Parque Nacional Tunari.	69
10. Clases de Pendientes; áreas y porcentajes en el Parque Nacional Tunari.	71
11. Areas entre curvas de nivel y sus porcentajes en el Parque Nacional Tunari.	74
12. Distancia en Km., de rios y quebradas en el Parque Nacional Tunari.	76
13. Infraestructura vial en el Parque Nacional Tunari.	76
14. Uso de la tierra en el Parque Nacional Tunari, considerando la subcuenca.	80
15. Rodales y sus características en el Parque Nacional Tunari.	83
16. Clasificación provisional de aptitud de la tierra en la sub-cuenca del Parque Nacional Tunari.	86

17. Cualidades y características de la tierra del Parque Nacional Tunari.	87
18. Ponderación de factores para la utilización de la tierra del Parque Nacional Tunari.	88
19. Ponderación de factores para obtener la clasificación provisional de la aptitud de la tierra en el Parque Nacional Tunari.	89
20. Clasificación provisional de aptitud de la tierra en el Parque Nacional Tunari, por tipos de utilización.	90
21. Clasificación Provisional de aptitud de la Tierra en el Parque Nacional Tunari, por unidades de tierra.	91
22. Análisis del impacto ambiental de los efectos del uso forestal, considerados para el Parque Nacional Tunari.	93
23. Esquema tentativo de manejo del rodal de <i>Pinus radiata</i> .	96
24. Esquema tentativo de manejo del rodal de <i>Eucalytus globulus</i> .	98
25. Flujo de ingresos y rentabilidad del <i>Pinus radiata</i> .	100
26. Análisis de sensibilidad par <i>Pinus radiata</i> .	101
27. Flujo de ingresos y rentabilidad de <i>Eucalytus globulus</i> .	102
28. Análisis de sensibilidad para el <i>Eucalytus globulus</i> .	103
29. Clasificación de la aptitud de la tierra en la sub-cuenca.	108

#### LISTA DE CUADROS (En el Anexo)

Cuadro N°		Página
Perfil N°1	Descripción de perfil (Suelos Tunari 1)	128
Perfil N°2	Descripción de perfil (Suelos Tunari 2)	130



Perfil N°3	Descripción de perfil (Suelos Tunari 3)	133
Perfil N°4	Descripción del perfil (Suelos Tunari 4)	136
Perfil N°5	Descripción del perfil (Suelos Tunari 5)	137
1.A.	Análisis físico de suelos, según perfiles (1 a 5).	140
2.A.	Análisis químico de suelos, según perfiles (1 a 5).	141
3.A.	Resumen meteorológico.	142
4.A.	Población total, localidad Tirani, Colón.	143
5.A.	Población económicamente activa	144
6.A.	Población según condición de alfabetismo.	145
7.A.	Prospección forestal total por estratos.	146
8.A.	Volumen potencial actual y total por ha.	147
1.B.	Análisis económico del <i>Pinus radiata</i> y <i>Eucalytus globulus</i> en el Parque nacional Tunari, realizado mediante Flujo de Caja	148.