

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y
ENSEÑANZA (CATIE)

PROGRAMA DE ENSEÑANZA
AREA DE POSGRADO

DINAMICA, USO APROPIADO Y SOSTENIBLE DE LA TIERRA,
EN LA CUENCA DEL RIO TURRIALBA

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

Magister Scientiae

por

CARLOS ALBERTO CALVO SANABRIA

Turrialba, Costa Rica

1993

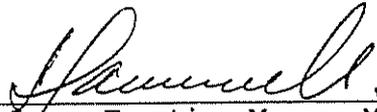
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por la Jefatura del Area de Postgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del CATIE y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

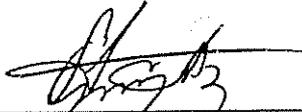
FIRMANTES:



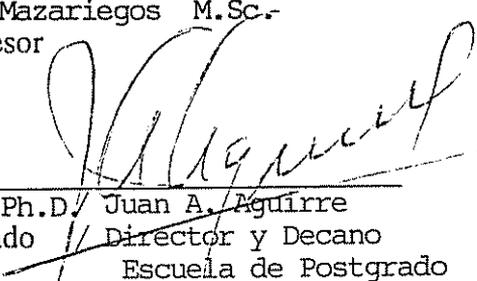
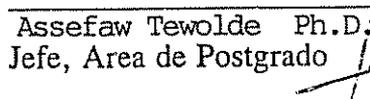
Prem N. Sharma Ph.D.
Profesor Consejero



Jorge Faustino Manco M.Sc.
Miembro Comité Asesor

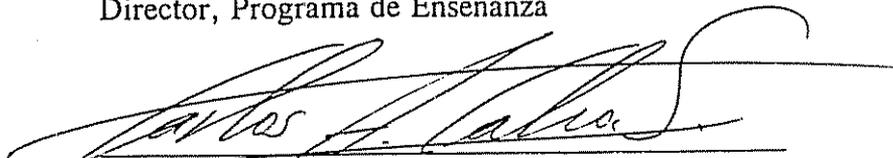


Sergio Velázquez Mazariegos M.Sc.
Miembro Comité Asesor



Assefaw Tewolde Ph.D. / Juan A. Aguirre
Jefe, Area de Postgrado / Director y Decano
Escuela de Postgrado

Ramón Lastra Ph.D.
Director, Programa de Enseñanza



Carlos Alberto Calvo Sanabria
Candidato

DEDICATORIA

A mis padres Edmundo y Noemi, ejemplo de honestidad y trabajo, quienes se esforzaron, para que me superara profesionalmente.

A mi esposa Adela quién con sus consejos, siempre supo colaborar para estimularme a presentar esta tesis y quién con su amor me ha apoyado en los momentos más difíciles de mi vida, por la cual siento un profundo amor.

A mis hijos Paula Gabriela y Gabriel Alberto, bendiciones que el Señor Jesucristo me ha dado y por quienes me supero, para darles un futuro mejor.

A mis hermanas Elisa y Elda.

A los que confiaron en mí, mostrándome su estímulo y afecto.

A mis tierras, que me llenan de satisfacción y esperanza, donde he regado mi sudor para hacer crecer la semilla del progreso familiar.

AGRADECIMIENTO

El autor desea expresar su agradecimiento a las siguientes personas e instituciones:

A Nuestro Señor Jesucristo, por cuya voluntad llegué a C.A.T.I.E. a realizar mis estudios, quién me sostuvo con su poder y amor misericordioso.

Al Dr. Prem Sharma Profesor Consejero, quién supo tener paciencia y suficiente sabiduría, para dirigirme en esta investigación.

A los profesores Jorge Faustino, Javier Saborío y Sergio Velázquez quienes como miembros del comité, me asesoraron en la ejecución de la presente Tesis.

Al Ing. Jorge Edo. Rodríguez, quién me brindó su colaboración para ingresar a C. A. T. I. E..

Al Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas, por el permiso concedido para realizar mis estudios.

Al Departamento de Geografía, del Instituto Geográfico Nacional, por la colaboración brindada para realizar los trabajos de Fotointerpretación y Cartografía y en especial a la Geógrafa Olga Segura, por su afán de servir.

A la Municipalidad del Cantón de Turrialba y principalmente a la oficina del Ejecutivo, por la colaboración dada.

Al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, C.A.T.I.E., a través del Proyecto Regional de Manejo de Cuencas, por la capacitación y colaboración brindada.

A mis compañeros de la promoción de 1989-1991, por su amistad.

Al personal de la Biblioteca ORTON del IICA, Turrialba, especialmente a las Señoras Lisseth Brenes Binns y Norma Arias Arce, por su colaboración y amistad.

A los productores de la Cuenca del Río Turrialba desde el pequeño al grande, por lo dispuestos a brindar la información necesaria en ésta Tesis.

A TODOS MUCHAS GRACIAS.

BIOGRAFIA

El autor nació el 11 de mayo de 1958 en la ciudad de Cartago, Costa Rica.

Realizó los estudios secundarios en el Liceo Vicente Lachner Sandoval, en la ciudad de Cartago, donde obtuvo el título de Conclusión de Estudios Secundarios en 1975.

En 1976 ingresa al Instituto Tecnológico de Costa Rica, graduándose en 1979 como Ingeniero Forestal, grado bachiller.

En 1981 ingresa a la Dirección General Forestal, donde laboró en los departamentos de Cuencas Hidrográficas y Manejo y Aprovechamiento Forestal hasta el año de 1985, en ese año se le encargó la Jefatura de la Oficina Regional Forestal de la Zona Norte del país, hasta el año 1989.

En 1989 ingresa al Programa de Estudios de Postgrado del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza y en 1993 se le otorga el título de *Magister Scientiae* con especialización en Planificación y Manejo de Cuencas Hidrográficas.

INDICE

Contenido	Página
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
BIOGRAFIA.....	vi
INDICE.....	vii
RESUMEN	xii
SUMMARY	xiv
LISTA DE CUADROS	xvi
LISTA DE FIGURAS	xviii
LISTA DE GRAFICOS.....	xx
LISTA DE TABLAS.....	xx
I. INTRODUCCION	1
1.1. Justificación del estudio	3
1.2. Hipótesis	4
1.3. Objetivos	5
1.3.1. General	5
1.3.2. Específicos	5
2. REVISION DE LITERATURA	6
2.1. Problemática del uso de la tierra en Costa Rica	6
2.2. Planificación del uso de la Tierra en el contexto de manejo de cuencas.....	10
2.3. Manejo del uso de la tierra, su necesidad	12
2.4. Metodologías de determinación de capacidad de uso de la tierra	13
2.5. Los sensores remotos en la evaluación del uso de la tierra	17
2.5.1. La fotografía aérea	18
2.5.2. Sistemas de imágenes de satélite	22
2.6. Sistemas de información geográfica.....	23

Contenido	Página
2.7. Conservación de suelos y aguas	26
3. DESCRIPCION BIOFISICA DEL AREA DE ESTUDIO.....	34
3.1. Ubicación de la cuenca	34
3.2. Características climáticas	38
3.2.1. Aspectos climáticos	38
3.2.2. Precipitación	39
3.2.3. Temperatura	42
3.2.4. Zonas de vida	43
3.3. Características edafológicas	46
3.3.1. Suelos	46
3.3.2. Geología	52
3.4. Uso de la tierra y sus características.....	54
4. MATERIALES Y METODOS	60
4.1. Materiales y equipo	60
4.2. Metodología	60
4.2.1. Procedimientos utilizados para determinar la cobertura vegetal en los años 1978, 1984, 1988	61
4.2.2. Nivel de levantamiento aero- fotográfico adoptado	64
4.2.3. Procesamiento de imagen de Satélite con el Sistema ERDAS	65
4.2.4. Metodología para elaborar los mapas temáticos de la cuenca	66
4.2.4.1. Mapa de categorías de pendientes	66
4.2.4.2. Mapa de ecología	67
4.2.4.3. Mapa de profundidad del suelo	67
4.2.5. Procedimiento para realizar el almacenamiento de los mapas en el sistema ERDAS	67

4.2.6. Metodologías utilizadas para generar nuevos mapas con el sistema de información geográfica ERDAS.....	69
4.2.6.1. Procedimiento para crear mapas de dinámica de uso de la tierra	70
4.2.6.1.1. Período 1978 a 1984	70
4.2.6.1.2. Período 1984 a 1986	71
4.2.6.1.3. Período 1986 a 1988	71
4.2.6.1.4. Período 1978 a 1988	71
4.2.6.2. Procedimiento utilizado para generar mapa de capacidad de uso de la tierra y uso indicativo general de la tierra	73
4.2.6.3. Mapas de áreas críticas, para los años 1978, 1984, 1986 y 1988	75
4.2.6.4. Procedimiento para la obtención del mapa de riesgo de erosión	76
4.2.6.5. Procedimiento para comparar los sistemas de clasificación de capacidad de uso de la tierra	77
4.2.7. Metodología para obtener datos socioeconómicos	82

Contenido	Página
5. RESULTADOS	84
5.1. Uso de la tierra realizado por los agricul- tores, en el período de 1978 a 1988	84
5.1.1. Uso de la tierra, año 1978	84
5.1.2. Uso de la tierra, año 1984	87
5.1.3. Uso de la tierra, año 1986	90
5.1.4. Uso de la tierra, año 1988	91
5.2. Análisis de la dinámica del uso de la tie- rra ocurrida en el período 1978 a 1984	94
5.3. Análisis de la dinámica del uso de la tie- rra ocurrida en el período 1984 a 1986.....	98
5.4. Análisis de la dinámica del uso de la tie- rra acontecida en el período 1986 a 1988	102
5.5. Análisis de la dinámica del uso de la tie- rra ocurrida en el período 1978 a 1988	106
5.6. Dinámica del patrón de uso de la tierra	111
5.7. Capacidad de uso de la tierra, de acuerdo a la metodología SEPSA.....	114
5.8. Distribución de la pendiente	116
5.9. Profundidad del suelo	120
5.10. Capacidad de uso de la tierra de acuerdo a la metodología seleccionada.....	123
5.11. Uso indicativo general de la tierra, determinado con la metodología seleccio- nada (Sharma, 1990 a 1991)	129
5.12. Análisis de la comparación de las metodolo- gías de clasificación de capacidad de uso de la tierra	135
5.12.1. Análisis comparativo de las metodo- logías de capacidad de uso de la tierra, modificación de USDA por Vásquez y Sharma (1990 a 1991)	136

5.12.2. Comparación de metodologías USDA modificada por Vásquez y la seleccionada aplicada con datos de campo ..	137
5.12.3. Análisis comparativo de la metodología seleccionada y la capacidad de uso determinada en el campo	137
5.12.4. Comparación de los mapas de uso indicativo general	139
5.13. Aspectos socioeconómicos	139
5.13.1. Descripción del área del reconocimiento rápido rural	139
5.13.2. Tenencia de la tierra	143
5.13.3. Actividades agroeconómicas en la cuenca del Río Turrialba	145
5.13.4. Sistemas tecnológicos tradicionales.	148
5.14. Conservación de suelos para la cuenca del Río Turrialba.....	153
5.14.1. Tecnologías apropiadas por uso de la tierra.....	153
5.14.1.1 Sector alto de la cuenca.....	154
5.14.1.1.1. Agricultura.....	154
5.14.1.1.2. Ganadería.....	155
5.14.1.2. Sector medio de la cuenca...	157
5.14.1.2.1. Agricultura.....	157
5.14.1.2.2. Ganadería.....	158
5.14.1.3. Sector bajo de la cuenca....	158
5.14.1.3.1. Agricultura.....	158
5.14.1.3.2. Ganadería.....	160
5.14.2. Tecnologías apropiadas en tierras bajo uso crítico.....	161
6. CONCLUSIONES	165
7. RECOMENDACIONES	171
8. BIBLIOGRAFIA	173

CALVO S., C.A. 1993. Dinámica, uso apropiado y sostenible de la tierra, en la cuenca del Río Turrialba. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, C.R.

Palabras claves: Uso de la tierra, Capacidad de uso de la tierra, Dinámica del uso de la tierra, Uso indicativo general de la tierra, Tecnologías apropiadas de conservación de suelos y aguas.

RESUMEN

La cuenca del Río Turrialba, abarca una superficie de 7451,10 ha y es donde se concentra gran parte de la población del cantón de Turrialba, siendo también un punto importante en cuanto al desarrollo económico de la zona, pues es donde cultivos como el café y caña de azúcar y tierras dedicadas a la ganadería de leche, tienen superficies extensas y bien concentradas. Siendo necesaria y de importancia, una planificación del uso de la tierra, para disminuir la degradación de los suelos en la cuenca.

El objetivo de este trabajo, era estudiar la dinámica del uso de la tierra, determinar áreas críticas y prácticas de conservación de suelos y aguas socio-económicamente aceptables, para un uso sostenido y un manejo apropiado de los recursos naturales de la cuenca del Río Turrialba.

Para cumplir con lo anterior se realizaron fotointerpretaciones del uso de la tierra de los años 1978 a 1988, se analizó la dinámica del uso de la tierra en varios períodos, se generaron los mapas de capacidad de uso de la tierra de acuerdo a la metodología seleccionada y el de uso indicativo general de la tierra, en tres sectores de la cuenca se aplicó la metodología seleccionada, obteniéndose el mapa de capacidad de uso de la tierra en base a datos reales

de campo, se compararon las metodologías de capacidad de uso de la tierra y se realizó el reconocimiento rápido rural en once poblados de la cuenca, llegando así a definir las tecnologías de conservación de suelos más apropiadas a las condiciones socio-económicas de los finqueros de la cuenca.

El uso de la tierra más importante realizado por los finqueros de la cuenca, durante los años de análisis fue el de pastoreo de las tierras, con porcentajes que van de 32,95% a 45,16% del área total, siendo el uso agrícola el que le sigue con porcentajes de 25,97% a 32,53% , esto vino a afectar bastante las áreas de bosque pues los porcentajes del área total fueron menores al 30%, lo cual no se ajusta a lo determinado por la capacidad de uso y el uso indicativo general de la tierra, ya que debe mantenerse bajo cobertura boscosa de un 50 a 55% de la cuenca, por lo que se debe procurar la reforestación o regeneración natural.

La metodología seleccionada, es práctica en la determinación de capacidad de uso de la tierra, porque cuando se tienen que realizar acciones en una cuenca, se deben tener instrumentos de fácil aplicación y que no se requiera de grandes estudios, para realizar la planificación del uso de la tierra y poder llevar a cabo acciones rápidas, que permitan a los agricultores mejorar las condiciones socio-económicas en que se desempeñan.

CALVO S., C.A. 1993. Dynamics and appropriate sustainable land use in Turrialba river watershed. M. Sc. Thesis, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Key words: Land use, Land capability, Land Use dynamics, General indicative land use, Appropriate soil and water conservation technology.

Summary

The Turrialba river watershed has a total area of 7451,10 ha. The majority of the population of the Turrialba sub-district lives in this area. This area is also important for its economic development by extensive coffee and sugar cane farming, and animal husbandry for milk production. For these reasons it is necessary to have appropriate land use plans for reducing the degradation of soils of the watershed.

The objective of this study is to study the dynamics of the land use of watershed, to determine critical areas and to recommend socio-economically acceptable soil and water conservation practices for appropriate and sustainable use of the natural resources of the Turrialba river watershed.

For achieving these objectives, photo interpretation of the land use from 1978 to 1988 was carried out based on which the dynamics of land use change was analysed. Land capability and general indicative land use maps of the watershed were prepared and compared with ground truth data in three sectors of the watershed for precision. A rapid rural appraisal in 11 villages of the watershed was conducted to define appropriate soil conservation practices for the socio-economic conditions of the farmers.

The most important land use by the farmers during the period of analysis was pastures varying from 32,95 % to 45,16 % of total watershed area. It was followed by agriculture (coffee/sugar cane, etc.) varying from 25,97% to 32,53%. This has drastically reduced the forest areas from 30% to 26% by 1988. Thus there is considerable over use of lands (44% with 60% precision) since as per land capability about 50% to 55% of the watershed should be under forest cover which requires serious efforts at natural regeneration or reforestation.

The selected methodology is more practical in determining land capability as it is very easy to apply in the field on farm level. It does not require big studies for land use planning, thus appropriate land use on farm level can be quickly determined for improving the socio-economic conditions of the farmers.

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
1 Precipitación mensual promedio en tres estaciones para los años 1964 a 1986.....	40
2 Temperatura mensual promedio en tres estaciones para los años de 1961 a 1987.....	42
3 Distribución de los suelos de la cuenca del Río Turrialba.....	47
4 Leyenda única para la fotointerpretación de los años 1978, 1984 y 1988.....	64
5 Tabla de equivalencias de clase de uso de la tierra, para los sistemas de clasificación USDA : Costa Rica - SEPSA y Criterio Dr. Prem Sharma.....	78
6 Poblados donde se realizó el Reconocimiento Rápido Rural, por sectores en la cuenca del Río Turrialba.....	82
7 Comparación del uso de la tierra en los años 1978 y 1984.....	94
8 Usos de la tierra en los años 1984 y 1986.....	98
9 Comparación del uso de la tierra en los años 1986 y 1988.....	102
10 Usos de la tierra determinados en los años 1978 y 1988.....	106
11 Usos de la tierra en porcentajes, para Costa Rica en los años de 1950 a 1973, en base a los censos agropecuarios.....	112
12 Usos de la tierra en porcentajes en la cuenca del Río Turrialba, para los años de 1978 a 1988.....	113

13	Tierras que fueron deforestadas para convertirse a otro uso o tierras agropecuarias que se reforestaron o regeneraron, en los años de 1978 a 1988.	114
14	Distribución del área por categoría de pendientes.....	118
15	Criterio de clasificación de capacidad de uso de la tierra, Sharma (1990 a 1991).....	124
16	Distribución de clases de tierra de capacidad de uso, para la cuenca del Río Turrialba.....	124
17	Criterios para la clasificación del uso apropiado de la tierra, en la cuenca del Río Turrialba.....	131
18	Distribución de clases de tierra del uso apropiado de ésta (uso indicativo).....	132
19	Descripción del área de reconocimiento rápido rural.....	141
20	Tipo y tamaño de las propiedades en la cuenca del Río Turrialba.....	144
21	Actividades agroeconómicas en la cuenca del Río Turrialba.....	146
22	Tecnologías tradicionales por actividad, aplicadas por los dueños de fincas.....	149

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1 Mapa Localización de la cuenca del Río Turrialba.....	35
2 Mapa de Infraestructura y Drenaje.....	36
3 Mapa de División Administrativa.....	37
4 Mapa de Isoyetas.....	41
5 Mapa de Ecología.....	44
6 Mapa de Suelos.....	48
7 Mapa de Geología.....	53
8 Esquema general de la metodología utilizada en la investigación.....	62
9 Esquema general para obtener los diferentes mapas de la dinámica del uso de la tierra, en los años de 1978 a 1988.....	72
10 Esquema utilizado en el mapa de capacidad de uso de la tierra.....	73
11 Esquema utilizado para obtener mapa de uso indicativo general de la tierra.....	74
12 Esquema utilizado para obtener mapas de uso crítico de la tierra, en el período de 1978 a 1988.....	75
13 Esquema utilizado para obtener el mapa de riesgo de erosión.....	76
14 Esquema utilizado para obtener mapa resultante de la comparación de la capacidad de uso de SEPSA (Vásquez) y capacidad de uso de acuerdo a la metodología seleccionada.....	79
15 Esquema utilizado para obtener el mapa resultante de la comparación de la capacidad de uso en base a datos de campo, para tres áreas de la cuenca...	80

16	Esquema utilizado para obtener mapa resultante de la comparación de la capacidad de uso de la tierra de SEPSA (Vásquez) y capacidad de uso de acuerdo a datos de campo, para tres áreas de la cuenca.....	81
17	Mapa de Uso de la Tierra, 1978.....	85
18	Mapa de Uso de la Tierra, 1984.....	88
19	Mapa de Uso de la Tierra, 1986.....	
20	Mapa de Uso de la Tierra, 1988.....	92
21	Mapa de Capacidad de Uso de la Tierra, de acuerdo a SEPSA.....	115
22	Mapa de Categoría de Pendientes.....	117
23	Mapa de Profundidad del Suelo.....	122
24	Mapa de Capacidad de Uso de la Tierra, (Sharma 1990 a 1991).....	125
25	Mapa de Uso Indicativo General de la Tierra.....	130

LISTA DE GRAFICOS

Gráfico	Página
1 Usos de la tierra cuenca del Río Turrialba. Años 1978 - 1988.....	86
2 Dinámica del uso de la tierra de 1978 a 1984.....	95
3 Dinámica del uso de la tierra de 1984 a 1986.....	99
4 Dinámica del uso de la tierra de 1986 a 1988.....	103
5 Dinámica del uso de la tierra de 1978 a 1988.....	107

LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
1 Descripción de la simbología por tipo de tecnologías tradicionales.....	150

1. INTRODUCCION

En la mayoría de las cuencas hidrográficas de los países de América Tropical, es evidente la falta de un adecuado manejo de los recursos naturales, implicando una deficiente planificación del uso de la tierra, lo cual asociado a las características biofísicas adversas, genera una serie de impactos negativos tanto en las obras y las actividades, como en el ambiente natural de dichas áreas, (Faustino, 1987).

Uno de los efectos del uso inapropiado de la tierra es la deforestación, la cual hace que los bosques naturales estén desapareciendo a un paso mucho más rápido del que pueden ser reemplazados por plantaciones de árboles o regeneración de bosque secundario. La mayoría de la tierra de bosque convertida es inapropiada para mantener rendimientos agrícolas aceptables durante cosechas múltiples, o de mantener poblaciones de ganado adecuadas, en vista de las tecnologías existentes.

En Costa Rica la extensa deforestación para el pastoreo durante las últimas décadas de los bosques potencialmente productivos, es una sobreutilización de la capacidad de los suelos. La conversión a pasto de los suelos con topografía escarpada y de baja fertilidad en áreas de alta pluviosidad resulta en una grave erosión del suelo y baja productividad, (Hartshorn, 1982).

El uso apropiado y sostenido de la tierra, en la actualidad es muy necesario, porque la demanda de este recurso se incrementa en forma incompatible con

la oferta, algunos de los factores como el crecimiento de la población y la expansión de las ciudades, hacen que haya menos disponibilidad de tierras para agricultura y ganadería.

De ahí que la planificación, ordenamiento y manejo del uso de la tierra toman gran importancia en el propósito del manejo de cuencas hidrográficas. Este componente es la base para recomendar un uso apropiado del suelo, considerando para ello las condiciones biofísicas, sociales y económicas, presentes en la cuenca hidrográfica, región o país.

Esta planificación debe permitir al agricultor, planificador y político, la toma y adopción de decisiones para catalizar el desarrollo de las zonas rurales, pilares fundamentales de las economías de los países en vías de desarrollo.

Como criterio conceptual, en la planificación del uso de la tierra, la determinación de la capacidad de su uso es una parte importante que selecciona el mejor uso permisible para cada unidad de tierra, siendo posible lograr un desarrollo sostenido de los recursos naturales.

La determinación de la capacidad de uso de la tierra es de suma importancia para cualquier país cuya economía depende principalmente del agro.

Es solamente conociéndola que se puede planificar acertadamente el desarrollo equilibrado de las actividades productivas basadas en el uso apropiado de la tierra, de acuerdo a su capacidad para lograr el máximo rendimiento de ésta, tanto a

corto como a largo plazo, (Tosi, 1985).

Sin embargo este marco conceptual, puede tener limitaciones de interacción ante una problemática dinámica y compleja que ha generado conflictos ambientales y socioeconómicos, entonces es necesario plantear alternativas dentro de un contexto real de uso actual, pues la población rural no tiene los medios físicos y económicos que son precisos para sostener las grandes inversiones que se requieren para reparar los daños causados por el mal uso de los recursos naturales a lo largo de muchas generaciones.

La erosión del suelo y la degradación de la tierra se reducen o se impiden, adoptando medidas adecuadas de conservación del suelo, y adaptándose a las condiciones socio-económicas de los pobladores de las cuencas hidrográficas, para permitir una participación más activa de parte de los campesinos.

1.1. Justificación del estudio

En la cuenca del Río Turrialba se concentra gran parte de la población del cantón de Turrialba, siendo también un punto importante en cuanto al desarrollo económico de la zona, pues es donde actividades como la agricultura (café y caña de azúcar) y la ganadería de leche, tienen superficies extensas y bien concentradas; es así como en Santa Rosa y Aquiares predomina el cultivo del café, en San Juan Norte y Alto La Victoria el cultivo de la caña de azúcar y en Santa Cruz la ganadería de leche.

La cuenca del Río Turrialba, es otro ejemplo de la falta de una planificación adecuada de los recursos naturales existentes, donde se manifiestan los efectos del uso inapropiado de la tierra, los cuales son erosión de los suelos, baja productividad en las tierras, sedimentación e inundaciones de áreas urbanas.

Uno de los efectos que más impacto ha tenido en la cuenca, son las inundaciones en la ciudad de Turrialba y sus alrededores. Estas en los últimos 20 años han tenido una ocurrencia de 6 veces, trayendo con ello pérdidas de viviendas y locales comerciales, todo como producto de la escasa cobertura boscosa y de la degradación de las tierras, y también a la cercanía de la ciudad de Turrialba a las partes altas de la cuenca que en línea recta son aproximadamente 12 Km, habiendo además una diferencia de elevación de 2000 m, del punto más alto al más bajo de la cuenca, haciendo que cualquier precipitación de alta intensidad y duración, resulte en una inundación. Estas proposiciones fueron el fundamento para estudiar la cuenca del Río Turrialba, considerando que sólo bajo una planificación y manejo del uso de la tierra, se puede dar solución al uso inapropiado que el agricultor hace de los suelos de la cuenca, permitiendo a los habitantes de esta tener un ambiente más equilibrado bajo el concepto de un uso apropiado y sostenido de la tierra.

1.2. Hipótesis

El uso inapropiado de la tierra y la falta de prácticas de conservación de suelos aceptables por

los campesinos en la cuenca del Río Turrialba en los últimos años, genera degradación de los recursos naturales, resultando principalmente en muchas dificultades para los habitantes de la cuenca.

1.3. Objetivos

1.3.1. General

Estudiar la dinámica del uso de la tierra, determinar áreas críticas y prácticas de conservación de suelos y aguas socioeconómicamente aceptables, para un uso sostenido y un manejo apropiado de los recursos naturales de la cuenca del Río Turrialba.

1.3.2. Específicos

- 1- Investigar las tendencias del uso de la tierra, para determinar y predecir los efectos sobre el estado de los recursos naturales de la cuenca.
- 2- Establecer áreas críticas, a través de un método de determinación de uso apropiado de la tierra que será de fácil aceptación a nivel de pequeño campesino, para desarrollo sostenible de la cuenca.
- 3- Determinar prácticas de conservación de suelos y aguas socioeconómicamente aceptables a nivel de finca para desarrollo sostenible de la cuenca del Río Turrialba.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Problemática del uso de la tierra en Costa Rica

Las tierras comprenden el ambiente físico incluido el clima, relieve, suelos, hidrología y vegetación, en la medida en que estos influyen en el potencial del empleo de tierras. Incluyen los resultados de las actividades humanas pasadas y presentes, por ejemplo, rehabilitación de marismas, desbroce de vegetación, y también los resultados adversos, como por ejemplo la salinización del suelo. Sin embargo, las características puramente económicas y sociales no se incluyen en el concepto de tierras; estas forman parte del contexto económico y social, (FAO, 1976).

La política forestal de Costa Rica ha estado orientada hacia el desarrollo de la producción, protección y función recreativa de los bosques, sin embargo, durante los últimos años se ha centrado básicamente en las dos últimas labores.

En el aspecto de la producción se han dado algunos pasos para intensificar el control de la deforestación y de la explotación de los bosques, todavía los terrenos forestales se tratan como una forma residual del uso de la tierra, lo que significa que tanto la expansión de la frontera agropecuaria como gran parte del aumento de la producción agropecuaria se han obtenido mediante la deforestación, y aunque son frecuentes las críticas a este fenómeno, el sector privado y el gubernamental lo aceptan como una solución a corto plazo para los problemas de tenencia de la tierra y ocupación

de mano de obra, así como para aliviar algunas presiones sociales y políticas, (Pérez, 1978).

Pérez, S.(1978), determinó que para la Región Central del país la tasa de deforestación se ha mantenido relativamente estable durante los años de 1950 a 1977, con una manifiesta tendencia al descenso, lo anterior fundamentado porque en esta región el fenómeno de colonización es de los más antiguos. Dentro de las zonas de mayor deforestación a partir de 1940, se encuentran las situadas hacia el sur y oeste de Turrialba, en cambio el avance ha sido mucho más lento hacia las laderas de la Cordillera Volcánica Central. La tasa de deforestación anual en la región en el período de 1950-61 fue de 5118 ha mientras que en 1961-77 fue de 1931 ha, este descenso en el proceso posiblemente se debe, en parte a la inaccesibilidad de los bosques que quedaban en ese entonces y en parte al mayor control ejercido por el gobierno.

Leonard (1986), considera que el cambio ecológico particular más importante que está tomando lugar como resultado de las actuales presiones demográficas y tendencias económicas, es la rápida y continua transformación de las tierras con bosques a otros usos de la tierra; se estima que menos del 40% del área de Costa Rica permanece con bosques.

Importantes fueron los cambios en Costa Rica, donde 51% del país estaba bajo bosque natural cerrado y bosque natural abierto en 1970, pero sólo permanecía bajo esas categorías un 36%, en 1980.

En cuanto a la intensidad de uso de la tierra, la cifra más importante en cada uno de los países de América Central es cuan pequeña es la contribución de la industria ganadera de carne a las entradas por exportación, en relación con las grandes cantidades de tierra dedicada a pastizales en estos países.

Esto corrobora los descubrimientos ya presentados de que la industria ganadera de carne en América Central, usa la tierra deficientemente en comparación a otras actividades agrícolas, (Leonard, 1986).

S.E.P.S.A., (1979), citada por Hartshorn (1982), informa que muchos observadores argumentan que la región centroamericana ha cruzado un umbral crítico más allá del cual ya no es posible llenar las necesidades agrícolas de economías crecientes con la conquista de mayores tierras, más bien el grado en el que los países centroamericanos pueden aumentar su producción de alimentos y obtener los ingresos esenciales de divisas mediante exportaciones de productos agrícolas, dependerán cada vez más del mejoramiento de la eficiencia con que las tierras ya ocupadas sean utilizadas, y el cuidado con el cual estas tierras sean manejadas en los años venideros.

Esto puede significar cambios sustanciales de los patrones de uso de la tierra existentes.

Existe un estudio del gobierno de Costa Rica que concluyó que la única manera de incrementar de forma importante la producción de cultivos es reduciendo el área de pastizales, ya que la ganadería ocupa

gran parte de las mejores tierras agrícolas, (SEPSA, 1982).

Para explicar algunos de los casos del conflicto del uso de la tierra es preciso señalar que el ingreso económico por recursos naturales renovables de este país, representan el mayor porcentaje del ingreso nacional. Esta gran dependencia de los recursos naturales primarios, no es un indicador de que su uso es adecuado; sino más bien el grado deficiente de manejo y de sobrexplotación de los mismos, (Leonard, 1986).

Hartshorn, G.(1982), refiere que la principal causa de la deforestación es la gran demanda de tierra, más que de madera. La poca aptitud para la agricultura y la ganadería no ha impedido la tala de laderas empinadas con alta pluviosidad y baja fertilidad. Detrás de esta destrucción aparentemente irracional de los bosques, existe una compleja serie de factores tales como el uso de la tierra, las leyes y derechos de tenencia en combinación con el individualismo del ser humano, el aumento demográfico, los incentivos económicos y las fuertes influencias extranjeras sobre la economía nacional. Desde luego, el aumento demográfico aumenta la demanda de tierra, porque la tierra representa la seguridad social y el prestigio.

Gran parte de la deforestación es el resultado de la demanda por tierra sobre la que se encuentran los bosques, más que resultado de la demanda comercial y no comercial de la madera de aquellos bosques. Los dos principales tipos de demanda de tierra que han sido responsables por la mayor

cantidad de transformación de las tierras con bosques en Centroamérica, son para la crianza de ganado y para la colonización agrícola siguiendo el esquema de tumba y quema. A menudo estos dos factores causales están intrínsecamente ligados, ya que los colonos migratorios (por tumba y quema) pueden deforestar y cultivar un área por varias estaciones antes de dejarla para uso en pastizales, (Leonard, 1986).

2.2. Planificación del uso de la tierra en el contexto de manejo de cuencas

Planificación del uso de la tierra es una decisión inteligente, para el uso apropiado de la tierra en el futuro (ubicar la tierra para diferentes usos, especificar prácticas de manejo y coordinar otros sectores relacionados), dirigir el mejor uso de los recursos limitados a través de valorar las necesidades presentes y futuras, resolver conflictos entre competencia de usos y seleccionar el mejor uso sostenible de las alternativas, (Sharma, 1990).

Al hablar del desarrollo de alternativas de uso de la tierra, se indica en el mismo tiempo que en la actualidad existe una situación menos óptima en cuanto a este uso de la misma. Al pretender cambiar el uso de la tierra se tiene que tomar en cuenta la percepción del usuario en cuanto al uso, o sea, el contexto que él da al uso. Este contexto se puede entender como la consecuencia de la comprensión que tiene el usuario de su propia situación y de las potencialidades de su tierra. Las ideas (reales o no) del usuario son importantes para un

entendimiento de la situación y para la generación de alternativas no sólo técnicamente interesantes pero también y sobre todo, socialmente aceptables, (Richters, 1988).

Los planes de uso de la tierra deben ser de fácil comprensión para los agricultores, los planes a escalas grandes son más para los decisores, porque originan una idea global de la magnitud del problema. Sin embargo, el concepto de uso de la tierra debe ser fácilmente entendible en sus parámetros para determinar las capacidades de uso de la tierra, las cuales sean fáciles para entrenar al agricultor. Esto permitiría determinar las clases de uso de sus tierras en forma apropiada, siendo elementos necesarios para asegurar los usos apropiados en las tierras de los agricultores, (Sharma, 1990).

Para la planificación del uso de la tierra es necesaria la continuidad en los inventarios y estudios de seguimiento, para que se puedan registrar los cambios que se produzcan, tanto en los recursos naturales como en las poblaciones inmediatas, para el ulterior análisis de sus interrelaciones y las causas de estos cambios, (FAO, 1984).

Holdridge, L.(1982), establece que para una efectiva planificación del uso de la tierra se debe calcular el número aproximado de individuos que cada nación puede sostener basándose en un sistema realista del uso de la tierra, y que el planeamiento de la población debe tener como objetivo detener el crecimiento anormal de la misma, si esta ha sobrepasado el límite fijado.

2.3. Manejo del uso de la tierra, su necesidad

La necesidad para el manejo del uso de la tierra se justifica según Richters, E.(1988), por dos razones básicas:

- a. La apremiante escasez del recurso tierra per cápita; y
- b. Los efectos negativos del uso de la tierra más allá de su potencial sostenible fuera de su propio ambiente en tiempo y espacio.

A menudo, el manejo de los recursos de la cuenca supone el desarrollo, evaluación y aplicación de sistemas de manejo de la tierra diseñados para alterar la producción de agua. El impacto de los sistemas de manejo en la cuenca se puede extender más allá de los simples intentos de dirigir el flujo de agua río abajo. Existe demanda de muchos de los productos, además del agua, de los recursos de las tierras altas y estos productos han de ser distribuidos para que maximicen los beneficios totales a la sociedad, (Faustino, 1988).

El manejo en el uso de la tierra es una actividad que debe ser considerada para establecer el manejo integral de los recursos naturales de las cuencas hidrográficas, así la finalidad del manejo en el uso de la tierra es determinar, establecer y mantener una combinación de usos apropiados de la tierra hasta su potencial sostenible; estas actividades se enmarcan dentro de un proceso cíclico de (re) evaluación y (re) definición de los factores y procesos involucrados en el contexto físico,

biológico, socioeconómico y político, (Richters, E., 1988).

El manejo del uso de la tierra es un acercamiento dinámico hacia la solución y prevención de las problemáticas ambientales que se presentan en un país o una región determinada, coordinando las diferentes actividades de la planificación en el contexto político, basándose en los resultados del monitoreo de las actividades escenificadas a través del tiempo. Diseñar un mejor sistema de uso de la tierra o de producción, utilizando la información proporcionada por los estudios podría ir desde un ambicioso programa de riego con complicados aspectos de ingeniería civil, agronomía y cuestiones sociales hasta la introducción de pequeños cambios en los métodos de cultivo y las técnicas de conservación, (Faustino, 1988).

2.4. Metodologías de determinación de capacidad de Uso de la tierra

Capacidad de uso del suelo se define como el uso más intensivo que se le puede dar a un suelo, sin que este se degrade a una tasa más alta que la de su recuperación natural, (Richters, 1988).

La clasificación de la capacidad de uso de la tierra constituye el fundamento del uso apropiado de la tierra. En los países en desarrollo donde escasea el personal profesional, se carece de información y los agricultores son en su mayor parte analfabetos, el proyecto de clasificación de la capacidad de uso de la tierra debería ser directo, sencillo y de fácil comprensión, (Sheng, 1972).

En América Latina antes de 1985, se utilizaban 13 sistemas de clasificación de la capacidad de uso de la tierra, en diferentes instituciones encargadas de la evaluación de las tierras, y que para su aplicación en el país, unos fueron modificados de acuerdo a las condiciones presentes y otros se utilizaban en su forma original, (Tosi, 1985).

Dentro de las metodologías más utilizadas en el país, se tienen el sistema U.S.D.A., del manual 210 del Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA, 1965), el sistema Sheng, y el sistema de clasificación de tierras del Centro Científico Tropical.

El sistema para la determinación de la capacidad de uso de las tierras de Costa Rica, producto de una investigación realizada por el Centro Científico Tropical, fue de aplicación exigida en el país a través del decreto ejecutivo 17754-MIEM-MAG del 5 de octubre de 1987.

El sistema de clasificación del Centro Científico Tropical divide la tierra en 10 clases y un total de 11 tablas distintas (Zonas de Vida), las cuales difieren entre sí principalmente en cuanto al número de clases y a los rangos de los valores numéricos de los parámetros. Para las condiciones físicas (edáficas) y climáticas "normales", el sistema tiene un orden jerárquico establecido, el cual acepta que la unidad de tierra pueda usarse en la actividad de la clase resultante o que también se puede utilizar para las actividades de las clases inferiores a esta, pero no se puede usar para las

actividades o grupo de plantas de las clases superiores a la misma. Así, una unidad de tierra calificada en la Clase V (Pastoreo intensivo) puede utilizarse en condiciones "normales" de profundidad, viento y drenaje; entre otros, para la producción de cultivos arbóreos (Clase VII), pero no es posible utilizar estas tierras para la producción de cultivos permanentes (Clase IV) ni en cultivos anuales (Clases I, II, III). Las recomendaciones en cuanto a la capacidad de uso de la tierra en este sistema, se encuentran enmarcadas dentro de las condiciones socioeconómicas de Costa Rica. Sin embargo, el sistema no pretende ser rígido en cuanto a su aplicación, por cuanto no está plenamente calibrado para todas las condiciones del país, pues se consideró como una primera aproximación a la realidad agroecológica de Costa Rica, (Tosi, 1985).

El sistema U.S.D.A. tiene como objetivo principal minimizar los procesos de erosión, es decir, busca la protección del suelo del efecto negativo de su aplicación. Este sistema clasifica la capacidad de uso de las tierras en ocho clases en que el riesgo de daños al suelo o limitaciones en su uso se hace progresivamente mayor de la clase I a clase VIII. Las ocho clases en sí no dicen mucho sobre fertilidad o rendimiento, y puede suceder que un suelo de la clase II tenga un rendimiento superior al de clase I, (Sharma, 1990).

Por otro lado, el sistema Sheng se basa en la clasificación de capacidad de uso de las tierras tomando en cuenta la pendiente y la profundidad del suelo. Este sistema clasifica las tierras en cuanto a su capacidad de uso en ocho clases. Estas clases

son: cuatro para cultivos en general, una para pasto, una para árboles forrajeros, una para agroforestería, y la última para bosque. Según esta metodología, el pastoreo rotacional se recomienda para todo tipo de pendientes, siempre que el terreno tenga poca humedad. En terrenos con mucha humedad y con una pendiente cercana a 47% se recomienda cero pastoreo. Este es un esquema orientado hacia el tratamiento. Cada categoría de tierra tiene varios tratamientos importantes de conservación que se recomiendan para el control de la erosión; cuando así se clasifica. Es un proyecto de clasificación simplificada, (Sharma, 1990).

El sistema para la determinación de la capacidad de uso de las tierras de Costa Rica del C.C.T., fue utilizado por las instituciones de los sectores agropecuario y de recursos naturales del país, así como entes privados en la clasificación de las tierras en forma obligada, desde octubre de 1987 hasta junio de 1991 cuando la Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria presentó otra "Metodología para la determinación de la Capacidad de Uso de las Tierras de Costa Rica", la cual también es de aplicación obligatoria a través de un decreto ejecutivo. Esta metodología clasifica la capacidad de uso de la tierra en ocho clases en las cuales se presenta un aumento progresivo de limitaciones para el desarrollo de las actividades agrícolas, pecuarias y forestales. Las clases I, II, III permiten el desarrollo de cualquier actividad incluyendo la producción de cultivos anuales. En las clases IV, V, VI no se permite el desarrollo de cultivos anuales, restringiéndose su uso a vegetación permanente. La clase VII tiene

limitaciones tan severas que sólo permiten el manejo del bosque natural primario o secundario. En las tierras desnudadas debe procurarse el restablecimiento de vegetación natural. La clase VIII está compuesta de terrenos que no permiten ninguna actividad productiva agrícola, pecuaria o forestal, siendo por tanto, adecuada únicamente para la protección de recursos, (SEPSA, 1991).

La adaptación del criterio F.A.O./Sheng, al criterio más apropiado para planificación de uso de la tierra, refiere que el uso máximo permitido de la tierra depende de varios factores físicos limitantes de la tierra, pendiente, profundidad de suelo, drenaje, textura del suelo, erosión potencial, necesidad de tratamientos de conservación. Las necesidades sociales y clima son factores adicionales importantes. La pendiente y la profundidad del suelo son los factores limitantes más importantes. La tierra es clasificada a través de cinco clases basado sobre la pendiente, la cual es definida en porcentaje y profundidad del suelo que se subdivide en cuatro rangos. Esta clasificación no puede ser considerada como rígida, pues dependerá de las condiciones socioeconómicas presentes en la cuenca o región, (Sharma, 1990).

2.5. Los sensores remotos en la evaluación del uso de la tierra

Mucha de la información relacionada con las actividades de desarrollo ha sido, y continua siendo, adquirida a través de métodos convencionales tales como los censos nacionales y las mediciones de los recursos terrestres en particular; con

mediciones fotográficas aéreas que han suplido de información necesaria durante los pasados treinta años. Una nueva dimensión al sensoramiento remoto del ambiente ha sido agregada hace pocos años por medio del sensoreo de la tierra a través de satélites hechos por el hombre. Ahora es posible obtener una cobertura secuencial de grandes áreas en cortos períodos de tiempo, con sofisticados sistemas de imágenes y a un relativo bajo costo por unidad de área. La capacidad para realizar inventarios de los recursos renovables y no renovables de la tierra, por medio de la percepción remota es un elemento crucial para satisfacer la necesidad de buena planificación, manejo y explotación racional de los recursos, (Saborío, 1988).

Los sensores remotos se definen en forma amplia como la colección e interpretación de información de un objeto sin tener contacto físico con él, utilizando métodos que emplean energía electromagnética (en forma de ondas de luz, calor y radio) como medio para la detección y medición de las características del objeto, (Veiman, 1988).

2.5.1. La fotografía aérea

La fotografía aérea es una imagen tomada desde el aire por un sensor remoto (la cámara) tipo pasivo, o sea, que no depende de generadores artificiales de energía siendo el sol su única fuente de energía. La imagen es formada con base en la reflexión de las ondas de luz del sol en la superficie del (los) objeto(s) que se toman. La fotointerpretación es el acto de examinar las imágenes fotográficas con el propósito de

identificar objetos y juzgar su significado, (Veiman, 1988).

Las fotografías aéreas son almacenadas en emulsiones fotosintéticas que pueden ser tanto reflectivas como en papel de impresión, o transmisiones como una transparencia positiva (v.g., una diapositiva). Una fotografía es una gráfica en dos dimensiones y su reflexión o transmisión varía como una función de la posición (x,y) . Las fotografías aéreas son imágenes tomadas de objetos abajo que existen realmente, (Saborío, 1988).

Según Malleux (1971) la fotointerpretación se ha definido como la técnica que trata del análisis e interpretación de la información proporcionada por la fotografía en una forma sistemática, lógica y objetiva. La identificación de los objetos debe estar basada en su forma, tamaño, tono, textura, patrón, localización y asociación; una buena parte de información puede obtenerse mediante la visión tridimensional, y el uso del estereoscopio. Podremos estudiar la vegetación natural, de tal forma que se pueda obtener el mejor provecho o utilidad de las fotografías aéreas, con el fin de obtener la mayor información posible sobre el recurso natural en estudio. La información obtenida mediante el proceso de fotointerpretación no puede ser utilizada como información definitiva, sino como preliminar y sujeta a una serie de ajustes y verificaciones posteriores.

La fotografía aérea tipo vertical es la más utilizada en la fotogrametría y para fotointerpretación. Eso se debe a que es la foto con menos

distorsión o error, y a que también la mayoría de los equipos que se usan para los análisis de las fotografías aéreas son diseñadas para ese tipo de foto, (Veiman, 1988).

Las fotografías aéreas son como imágenes que son vistas con un ojo. Dos fotografías que cubren la misma área, pero tomadas a diferentes puntos representa la visión de dos ojos permitiendo así la distinción de la tercera dimensión. Para poder ver estereoscópicamente las fotografías deben corresponder a fotografías sucesivas, con un área común y tomadas desde diferentes estaciones; los ejes ópticos de la cámara tienen que estar en un mismo plano en el momento de la toma de la fotografía. El instrumento más utilizado para obtener una visión estereoscópica, es el estereoscopio de espejos, el cual se utiliza en la oficina, y tiene la ventaja de tener un área mayor de cobertura con visión estereoscópica, facilidad de trazar líneas, (Malleux, 1971).

La identificación de elementos naturales en las fotografías aéreas es relativamente fácil para aquellos que han volado en avión y han visto desde el aire la tierra, para aquel que no tiene experiencia, basta con utilizar un poco la lógica para definir las diferentes formas u objetos naturales que existen. Elementos naturales como ríos, montañas o valles tienen generalmente formas y tamaños irregulares; otros elementos como bosques naturales o charrales de regeneración natural demuestran densidades, formas e incluso colores o sombras variables, (Goosen, 1967).

La fotointerpretación es una herramienta técnica importante para la planificación y el manejo de cuencas pues facilita reconocer grandes áreas sin tener que recorrerlas en el terreno y levantar mapas de diferentes aspectos, como el patrón de drenaje y el uso de la tierra entre otros, a muy bajo costo comparado con los métodos tradicionales de topografía. En la fotointerpretación de una cuenca hidrográfica, se debe cumplir con una serie de pasos que en conjunto dan una visión completa de los elementos de la cuenca, entre ellos: patrón de drenaje, delineación de la cuenca y cobertura y uso de la tierra, (Saborío, 1988).

La cobertura y uso de la tierra se refiere a toda vegetación, aguas, y obras en la superficie, sean naturales o modificadas por el hombre. Se puede clasificar de varias maneras, dependiendo del propósito de la clasificación, comúnmente se divide en categorías como: agricultura, agropecuaria, áreas de protección, forestal, superficies de agua, vías de comunicación y zonas urbanas; cada una de estas categorías puede ser subdividida de acuerdo con un uso específico tales como: cultivos anuales o perennes, y áreas de protección para recreación o vida silvestre en peligro de extinción. Algunas actividades como la agroforestería pueden ser difíciles de acomodar en una u otra categoría, pero dependiendo del énfasis se puede separar o simplemente hacer una categoría aparte; la identificación de estos usos o coberturas requiere cierto conocimiento y práctica, por esto es recomendable que previamente al trabajo de gabinete se haga una gira corta al campo con las fotos para identificar los usos más comunes en las fotos. Una vez establecidas

las referencias se delínean los diferentes usos sobre un acetato transparente sobrepuesto a la foto, para luego hacer una comprobación de campo de la fotointerpretación que se ha realizado en el gabinete, (Veiman, 1988).

2.5.2. Sistemas de imágenes de satélite

Por medio de los satélites, una gran cantidad de información ha sido recolectada y posteriormente procesada en forma útil como asistencia a planificadores y científicos en numerosas disciplinas. A través del espectro visible e invisible, todos los objetos tienen características especiales o firmas espectrales; considerando que cada peculiaridad del terreno emite o refleja energía electromagnética en longitud de onda característica, la cual puede ser subsecuentemente convertida en un valor digital. El análisis de la información obtenida por los sensores y su debida interpretación requieren del conocimiento de parámetros básicos, es decir, determinar los patrones que deberán servir de base para reconocer una característica dada, (Saborío, 1988).

Los datos remotamente sensados son almacenados en diferentes formatos análogos y digitales y generalmente procesados en conjunto con datos de sensores no remotos (v.g., datos auxiliares). Los datos auxiliares pueden ser usados para rectificar una imagen en una proyección de mapa estándar, para mejorar su certeza radiométrica, o para estratificar un área de estudio faltante de clasificación usando información que sólo puede ser obtenida en el campo (v.g., la geología). Dentro de los sistemas de

sensores, el sistema Landsat MSS ha recopilado más datos de sensores remotos útiles que cualquier otro sensor. Los datos MSS han sido usados extensivamente por científicos en una gran variedad de aplicaciones (Saborío, 1988).

Dentro de la aplicación que tienen los sensores remotos, una de gran importancia es con respecto al análisis del uso actual del suelo. Una de las bases fundamentales para hacer una correcta planeación, distribución y manejo del recurso suelo, es el inventario del uso actual del mismo. La superficie terrestre sufre constantes cambios debido principalmente a desmontes, apertura de nuevas tierras agrícolas, ubicación de áreas urbanas, zonas industriales, presas, entre otras. El impacto que producen estas actividades en el medio ambiente puede ser evaluado con la ayuda de sensores remotos. La información generada por las bandas electromagnéticas permite hacer una separación de firmas espectrales de los parámetros involucrados en el uso del suelo. Las diferentes firmas, permiten clasificar a cada categoría (agrícola, silvícola, suelo, hidrología, urbanismo e infraestructura) independientemente y analizar la dinámica del uso del suelo según el objetivo principal del estudio, con la posibilidad de evaluar los cambios del uso del suelo en tiempos relativamente cortos y distinguiendo su uso, (Saborío, 1988).

2.6. Sistemas de información geográfica

Los sistemas de información geográfica tuvieron su inicio hace aproximadamente 30 años en Canadá, con el propósito de mantener un inventario de

recursos naturales a escala nacional. En momentos sucesivos los sistemas de información geográfica, al igual que los demás sistemas de proceso de datos, han tenido que adaptarse a las nuevas circunstancias tecnológicas, descubriéndose en cada etapa nuevas posibilidades de manipulación y análisis de la información, (Saborío, 1991).

El objetivo de estos sistemas es el tener: una ubicación espacial del problema de estudio, un sistema normal de recolección de datos, información organizada, actualizada e instantánea, representación gráfica del problema y permitir modelos complejos. Estos sistemas tienen diferentes funciones, desde capturar datos, cargar y almacenar datos de mapas referenciados geográficamente, para posterior uso de los mismos, analizar y modelar (manipular, sobreponer, medir, calcular y recuperar) los datos espaciales hasta obtener resultados, despliegue de nuevos mapas o resultados en forma tabular, (Saborío, 1989).

La información geográfica tiene dos características, una de ellas es el fenómeno o sea la característica en sí, por ejemplo: 1- la variable, su clasificación, valor y nombre y 2- su ubicación espacial, esto es, la posición que ocupa en el espacio geográfico. Por consiguiente, para manejar efectivamente los datos se requiere que los datos de localización y los atributos sean variables e independientes entre sí, es decir, los atributos pueden cambiar de naturaleza pero conservan su posición espacial o viceversa. Para representar la posición espacial de los fenómenos geográficos se utilizan tres notaciones básicas: puntos, líneas y

polígonos, (Saborío, 1988).

La entrada de datos en un SIG está condicionada por dos factores fundamentales: la fuente de información espacial y el formato digital de la base de datos. La información espacial, previa su introducción en el sistema, puede encontrarse ya en formato digital (por ejemplo, imágenes digitales obtenidas con sensores remotos), siempre y cuando el SIG tenga los elementos de software para poder interpretar esa información, o estar contenida en algún tipo de documento analógico como una fotografía aérea, un mapa impreso o en reportes técnicos. La preparación de los documentos, previa su digitalización, es una tarea imprescindible si se pretende un rendimiento eficaz en el módulo de entrada de datos al sistema. La digitalización es el proceso mediante el cual los mapas y texto asociado pueden convertirse en datos en formato digital listos para ser utilizados por un computador, (Saborío, 1989).

Un SIG permite almacenar, mantener y actualizar datos espaciales y el texto asociado a ellos (etiquetas), los datos de mapas deben ser referenciados a un sistema de coordenadas geográficas (por ejemplo: latitud y longitud) que permita ubicar las cualidades del mapa en cuestión directamente sobre la superficie de la tierra; asimismo, un Sistema de Información Geográfica permite hacer consultas y recuperar datos de mapas digitales e información de carácter tabular acerca de un determinado recurso que se encuentra almacenado en la base de datos, (Saborío, 1991).

El sistema ERDAS, Sistema de Análisis de Datos de Recursos Terrestres, combina el análisis digital de imágenes con la funcionalidad de un sistema de información geográfica, el software SIG provee al usuario la habilidad de combinar múltiples archivos de datos digitales en un único análisis integrado. Algunos de sus usos son: facilidades de evaluación de grandes regiones terrestres para adquisición potencial, administración de tierras dedicadas a producción de madera, estudios de impacto y valoración ambiental. Los archivos SIG pueden ser desplegados en el monitor, tanto de manera total como sólo una porción seleccionada de la imagen; también se pueden actualizar los valores de los datos en un archivo SIG al hacer cambios a los datos desplegados en el monitor. Después de que los cambios deseados son realizados, el archivo GIS puede ser actualizado; el comando Overlay permite crear un archivo compuesto de salida SIG, combinando de dos a cuatro archivos SIG de entrada, los archivos de entrada deben tener el mismo tamaño (igual número de columnas y filas, e igual tamaño de celdas), y aunque puedan tener diferente tipo de información, deben cubrir la misma área geográfica, (Saborío, 1989).

2.7. Conservación de suelos y aguas

Nuestra existencia depende en gran medida de la capa delgada de suelo en la que producimos la mayor parte de nuestros alimentos, fibras y madera. Si se les da el uso correcto y se explotan bien, los suelos pueden seguir produciendo y proporcionando a la satisfacción de las necesidades por tiempo indefinido. Sin embargo, si no se utilizan correc-

tamente y se explotan mal, los suelos pueden degradarse rápidamente, perdiendo fertilidad y su capacidad potencial para proporcionarnos las cosas que necesitamos; en ninguna región es esto más cierto que en los trópicos húmedos, en estas zonas los suelos suelen concentrar la mayor parte de su fertilidad en unos pocos centímetros de la parte superior de su perfil, (Sheng, 1990).

La conservación de suelos es una actividad que cubre un ámbito muy amplio que trasciende de los meros trabajos materiales de control de la erosión, e incluye un enfoque global del manejo del suelo, el agua y la explotación agrícola dentro del cual los trabajos materiales de conservación del suelo contribuyen sólo en parte a los objetivos generales de mejorar, y mantener la fertilidad del suelo y la relación suelo-agua-plantas para conseguir así rendimientos agrícolas mayores y sostenidos, (Gil, 1986).

De acuerdo a Sheng (1990), conservación del suelo es el uso científico y la protección de la tierra, con inclusión de la elección juiciosa de los usos de la tierra y la aplicación de las medidas necesarias de acondicionamiento del suelo y de lucha contra la erosión (especialmente contra la erosión por agua).

La conservación de suelos y aguas, tiene como principal objetivo luchar contra la erosión del suelo, la cual se produce principalmente cuando la tierra esta expuesta a la acción del viento y de la lluvia sin la protección de una capa de vegetación y de la acción fijadora de las raíces; cada gota de

agua golpea como una bala en el suelo desnudo, las partículas del suelo se desprenden y el agua las arrastra pendiente abajo hasta el valle o incluso hasta el mar transportadas por ríos y arroyos. La forma de erosión más insidiosa es la erosión laminar, que se produce cuando la totalidad de la superficie del terreno se erosiona gradualmente, de manera más o menos uniforme. Este proceso es insidioso dado que la pérdida de la tierra no se advierte inmediatamente, el único indicio aparente de la erosión laminar es la parte inferior de los postes y las cercas, y las raíces de los árboles y cultivos, que van quedando cada vez más al descubierto. Cuando el agricultor advierte esos indicios es probable que ya haya perdido decenas de toneladas de tierra por hectárea, (F.A.O. 1984).

Para combatir la erosión se comenzará siempre por la parte más alta - donde suelen aparecer los primeros síntomas de perturbación - prosiguiendo hacia abajo en dirección del valle. Preservar el suelo puede implicar una labor extensiva sobre la hidrología de la cuenca que quedará modificada al mejorar la tierra, (F.A.O., 1984).

La conservación de suelos no es una actividad negativa, con costos enormes y poco rentable, es un trabajo positivo que permite aumentar sustancialmente, incluso a corto plazo, la producción agrícola y asegura a largo plazo la productividad continua de los más importantes recursos naturales, (F.A.O., 1984).

La conservación de suelos se ocupa de todas las tierras comprendidas dentro de los límites de una

cuenca hidrográfica. Así pues, no se refiere sólo a las tierras agrícolas y cultivadas sino también a los bosques, los pastizales, las áreas destruidas por la erosión y otras que pueden servir solamente como zonas protectoras. Además, en el desarrollo global de una cuenca hidrográfica es preciso prestar especial atención al clima, la hidrología y el balance ecológico de toda la cuenca. Las medidas de conservación del suelo en las tierras agrícolas, por sí solas, no pueden tener más que una eficacia parcial, de todas formas constituyen un componente fundamental y un instrumento importante para introducir mejoras y conseguir beneficios directos para la población agrícola. La protección y conservación de los limitados recursos disponibles de tierras arables merece, sin duda alguna, particular atención, pero sin trabajos complementarios en otros sectores de la cuenca hidrográfica no será posible, a veces, más que aliviar el problema temporalmente. La selección de las medidas de conservación del suelo depende en medida importante del grado de concentración parcelaria, de la cooperación de los agricultores y de otros aspectos que pueden variar según las localidades, (Gil, 1986).

Para que la conservación del suelo tenga éxito, debe estar adecuadamente integrada con los sistemas de explotación imperantes y pasar a ser una parte indispensable del conjunto global de medidas que se propugnan, muchos proyectos de conservación han tropezado con problemas debido a que la conservación del suelo se ha presentado como una tarea adicional, (Sheng, 1990).

Para el manejo de cuencas, las acciones

conservacionistas deben corresponder a la realidad biofísica, socioeconómica, cultural y política que permita definir los alcances y tipos básicos ingenieriles de solución, asimismo, para conservar el suelo y agua es fundamental considerar que el uso adecuado de la tierra es un principio esencial, y que toda acción que se complemente a la capacidad potencial será una solución tipificada como mejoramiento, rehabilitación, protección, preservación, (Faustino, 1986).

Las obras de conservación de suelos en general producen beneficios no solamente al campesino, sino al país en general - menos peligro de inundaciones, menos daños a infraestructura, mayor estabilidad social, (Michaelson, 1980).

Se puede afirmar que en todos los climas, topografías, suelos y clases de explotación, se requieren prácticas y obras de conservación ya sea para remediar o prevenir la erosión, para aprovechar mejor los suelos y las aguas o para la protección del medio ambiente; (Gómez, 1975).

A lo largo de los decenios el conjunto de técnicas disponibles para combatir la erosión se ha desarrollado y ampliado constantemente, esas técnicas se dividen en dos categorías. A la primera pertenecen las llamadas técnicas biológicas de control de la erosión, tienen poco que ver con la ingeniería e implican, más bien, una evaluación detenida de la idoneidad de los cultivos sembrados y de las técnicas agrícolas utilizadas; con mucha frecuencia, subsanando eventuales deficiencias a ese respecto la erosión desaparecerá espontáneamente,

pero aún de no ser así, se reducirá sin duda el volumen de los costosos trabajos materiales necesarios. La segunda es la categoría de las técnicas físicas, como por ejemplo, las distintas formas de construcción de terrazas, los métodos para combatir las cárcavas, las presas para el control de inundaciones y del entarquinamiento, y la ordenación global de cuencas hidrográficas. Las técnicas físicas son onerosas, bien se utilice mano de obra o su equivalente mecánico, (F.A.O., 1984).

Existen numerosas técnicas de conservación de suelos, algunas son principalmente adecuadas para pendientes ligeras y grandes explotaciones, mientras que otras pueden ser sólo útiles para zonas templadas o áridas. En los trópicos húmedos el ritmo de las precipitaciones intensas a menudo supera el índice de infiltración de los suelos.

Durante la estación de las lluvias, las infiltraciones frecuentes saturan el suelo, en consecuencia es inevitable una escorrentía excesiva, especialmente en las pendientes escarpadas. Como el cultivo y la escorrentía son inevitables en los trópicos, a menudo se necesitan medidas estructurales. Las principales funciones son desviar, interceptar, reducir la velocidad, almacenar temporalmente o deshacerse de la escorrentía de manera segura, reduciendo de este modo al mínimo la erosión. Dentro de las estructuras tenemos terrazas, acequias de ladera, diques de curvas de nivel, vías de agua artificiales y las estructuras para luchar contra la erosión en cárcavas (Sheng, 1990).

Las prácticas culturales y agronómicas son las más sencillas de ejecutar y mantener; siempre debe procurarse recurrir a ellas, utilizando las prácticas mecánicas como complementarias, en aquellos casos en que la combinación de las otras no alcance a ofrecer suficiente protección a los terrenos, (Suárez, 1982).

Las medidas de conservación agronómicas son en lo esencial, técnicas mejoradas de manejo de suelos, los cultivos y el ganado, que guardan estrecha relación con las prácticas agrícolas normales, pero que están diseñadas o elegidas especialmente para facilitar la conservación, normalmente no son caras y pueden ser adoptadas con relativa facilidad por los pequeños agricultores. El acondicionamiento del suelo es muy necesario para las numerosas pequeñas explotaciones de los trópicos húmedos, unas buenas prácticas de acondicionamiento del suelo no sólo mejorarán o mantendrán las estructuras del suelo, la estabilidad de los agregados y la capacidad de la infiltración facilitando la lucha contra la erosión, sino que también aumentará la productividad del suelo. Las prácticas a considerar son labor de labranza profunda, uso de abonos orgánicos y estiércol, abonos verdes, uso de fertilizantes, rotación de los cultivos y conservación de la humedad del suelo, (Sheng, 1990).

El suelo es el recurso más valioso de un país. Si no se le prodigan los cuidados necesarios, el país no podrá nunca crear una base agrícola firme, sin lo cual difícilmente tendrán éxito los planes nacionales de desarrollo. La conservación del suelo es, al mismo tiempo, un medio eficaz para aumentar

el rendimiento agrícola actual y una garantía esencial del bienestar de las generaciones futuras y una forma de vida que garantice el futuro de los recursos naturales por mucho tiempo, (F.A.O., 1984).

3. DESCRIPCIÓN BIOFÍSICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1. Ubicación de la cuenca

La cuenca del Río Turrialba, se ubica entre las coordenadas 9° 53' 20" a 10° 00' 00" Latitud Norte y 83° 40' 00" a 83° 50' 00" Longitud Oeste, insertándose en la región geográfica denominada Vertiente Atlántica, (figura Nº 1).

Esta cuenca es definida por las siguientes características fisiográficas y que se distinguen en la (figura Nº 2.).

- Al Norte se encuentra la divisoria de aguas de la Cordillera Volcánica Central, entre los volcanes Turrialba e Irazú;

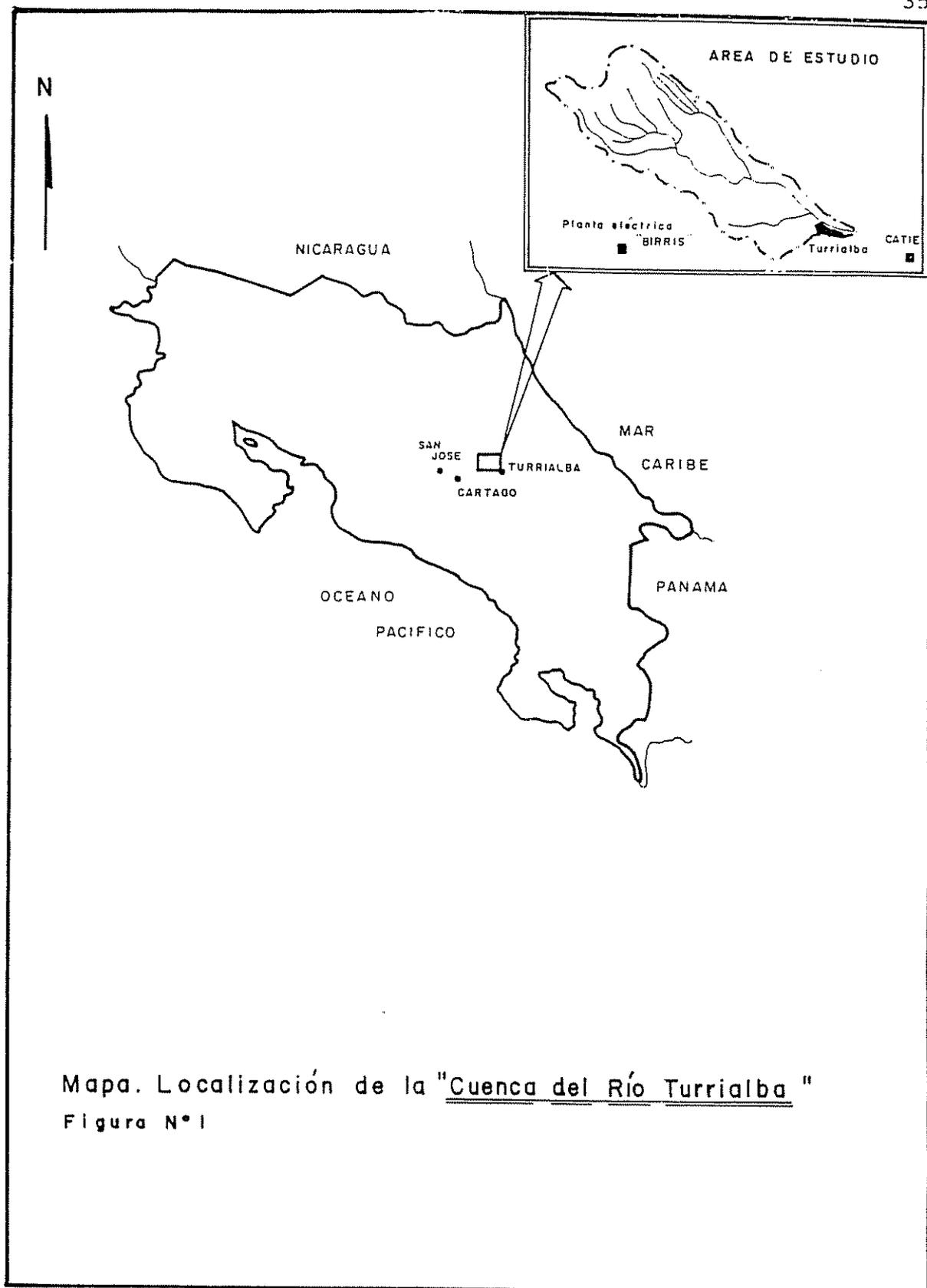
- Al Este, la divisoria de aguas con la cuenca del Río Aquiares;

- Al Sur, los pueblos marginales de la ciudad de Turrialba y la divisoria de aguas del Río Chiz y Quebrada Grande;

- Al Oeste, la divisoria de aguas que la separa de las cuencas de los Ríos Birris, Maravilla y Chiz.

La altitud de esta cuenca varía entre 580 y 3300 metros sobre el nivel del mar, la superficie que abarca esta cuenca es de 7451,10 ha.

La ubicación administrativa de la cuenca, corresponde a la provincia de Cartago y comprende los cantones de Jiménez, Turrialba y Alvarado (figura Nº 3).



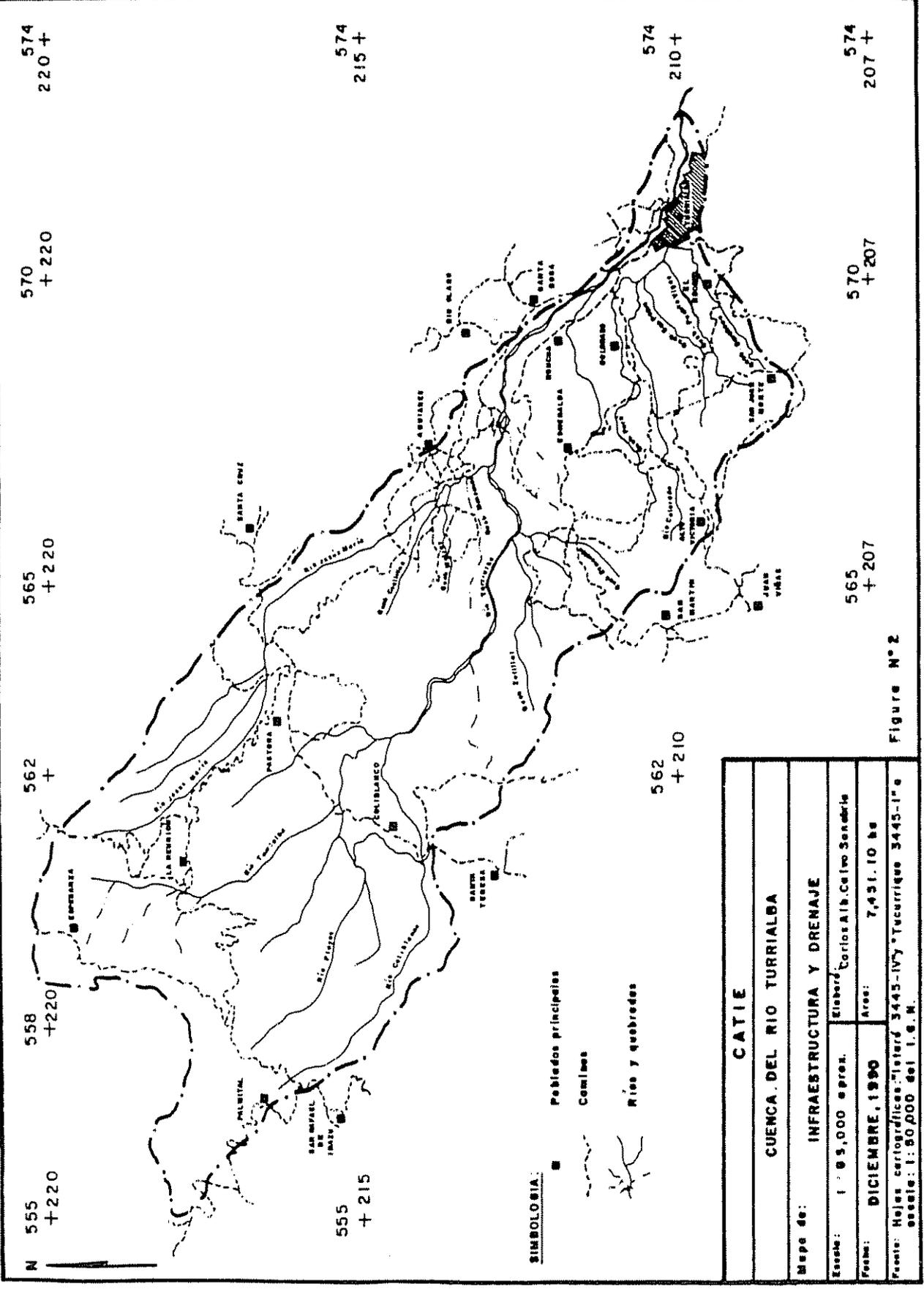
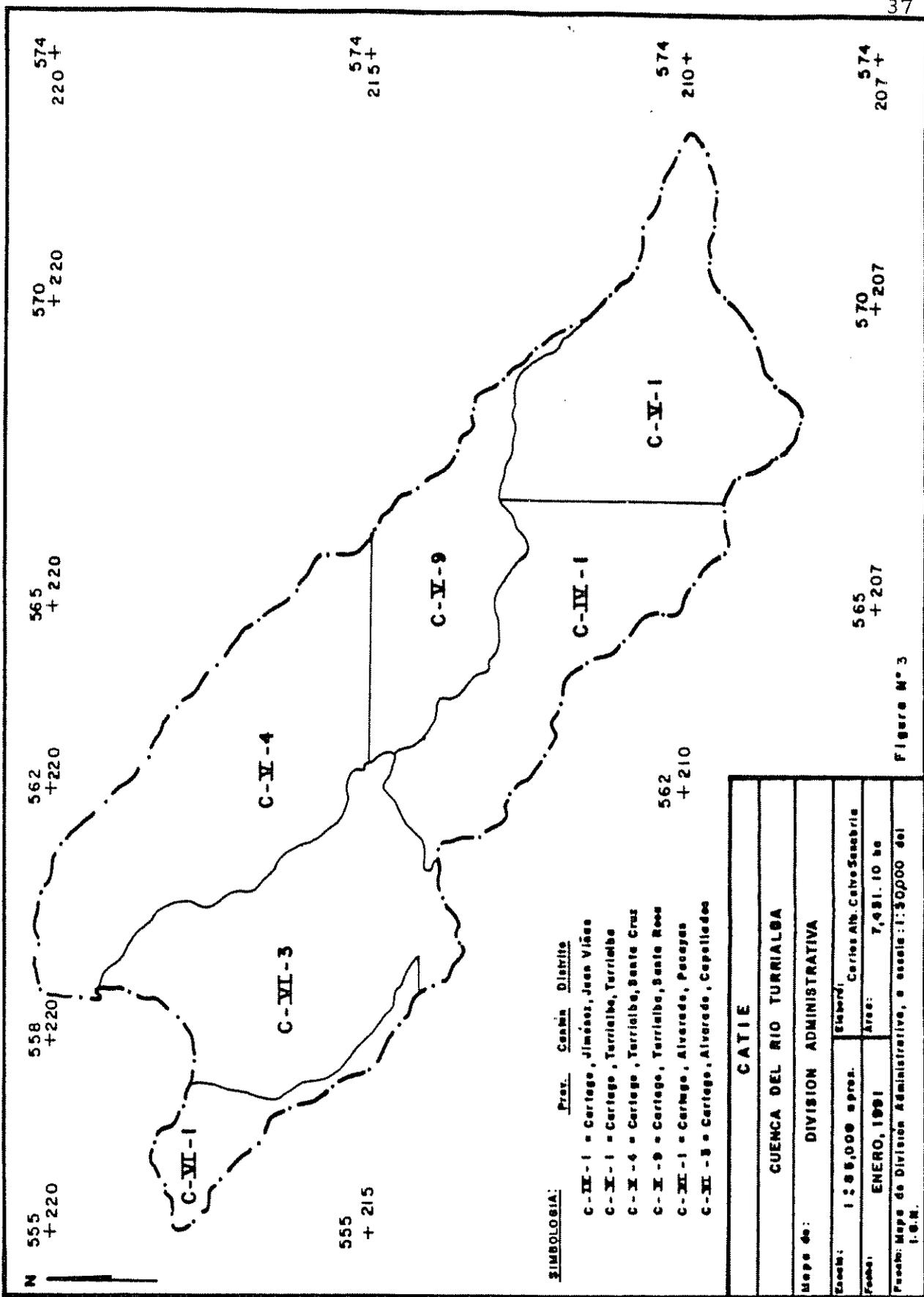


Figure N°2



SIMBOLOGIA: Prov. Casita Districto

C-IX-1 = Cartago, Jiménes, Juan Viñas
 C-X-1 = Cartago, Terriaba, Terriaba
 C-X-4 = Cartago, Terriaba, Santa Cruz
 C-X-9 = Cartago, Terriaba, Santa Rosa
 C-XI-1 = Cartago, Alverde, Pocosas
 C-XI-3 = Cartago, Alverde, Capellades

CATIE	
CUENCA DEL RIO TURRIALBA	
DIVISION ADMINISTRATIVA	
Escala:	1:25,000 aprox.
Fecha:	ENERO, 1991
Proyecto:	Mapa de División Administrativa, a escala 1:50,000 del I.C.R.
Elaboró:	Carlos Alb. Calvo Saabria
Área:	7,431.10 ha

Figura N° 3

3.2. Características climáticas

3.2.1. Aspectos climáticos

El clima de la cuenca es heterogéneo, debido a que está en función de variables microclimáticas.

El proceso predominante y que se manifiesta por características bien definidas, es el conjunto de circulaciones locales (desplazamiento de masas de aire), "las que por las diferencias térmicas suplen la energía potencial para el intercambio de masas de aire, desde el valle hacia la montaña en forma de sistemas cerrados".

En la cuenca del Río Turrialba, hay un sistema climatológico que propicia lluvias torrenciales y se caracteriza por tres fenómenos principales: el efecto de Foehn, estancamiento y circulaciones locales. Estos afectan los vientos cargados de humedad que penetran desde el Caribe por el valle del Río Reventazón. La lluvia se produce básicamente en la cuenca media, y su intensidad varía, dándose en ocasiones en los terrenos inmediatos a la margen izquierda del Río Turrialba, formado por el área de Aquiares, o en las correspondientes a la margen derecha, el cual está constituido por la cuenca del Río Colorado. (García, J., 1990).

Cuando se producen tormentas especiales en el Caribe, existe el peligro de que las masas de humedad se alojen en las laderas del Volcán Turrialba, lo que provoca fuertes lluvias en toda la cuenca, principalmente en la parte alta, sobre la ladera del volcán. Cuando la lluvia se intensifica

en la cuenca del Río Colorado, cae sobre la superficie del bloque basculado por la falla Chiz, con áreas de pendientes muy fuertes y suelos desarrollados a partir de capas de ceniza volcánica diferencialmente meteorizada. El área es muy propensa a diversos tipos de erosión, y sus características morfogénicas las asemejan mucho a un torrente clásico. En este caso, las grandes avenidas se incorporan al Río Turrialba por medio del Río Colorado, y sus afluentes después de atravesar la ciudad.

Las lluvias fuertes al ser generadas por tormentas especiales en el Caribe, hace que la precipitación que se localiza en la cuenca alta del Río Turrialba es drenada rápidamente en los frentes de coladas de lava y en los límites de la zona de hundimiento donde se producen cascadas y fuertes pendientes en los cauces afluentes del Río Turrialba.

3.2.2. Precipitación

En la cuenca del Río Turrialba, hay varias estaciones que registran la precipitación, pero en el cuadro Nº 1, se presentan los datos de apenas tres estaciones (CATIE, Pacayas, Irazú) porque se distribuyen en la parte baja, media y alta de la cuenca.

En este cuadro se muestra que en los meses de enero, febrero, marzo y abril, cae menos precipitación que en el resto del año, considerándose los meses secos. El período entre los meses de mayo a diciembre, es donde se concentra

la mayor precipitación, llegando hasta alrededor de trescientos milímetros en algunos meses; en este período cae para toda la cuenca el 82.8% de la precipitación media total anual.

El promedio de precipitación anual, para toda la cuenca es de 2289,5 mm; la precipitación va en aumento de las partes bajas (Estación CATIE), hasta la parte alta registrada por la Estación Irazú, conforme se desprende del cuadro Nº 1.

Cuadro Nº 1. Precipitación mensual promedio en tres estaciones para los años 1964 a 1986

ESTACIONES			
Precipitación promedio (mm)			
MES	CATIE	PACAYAS	IRAZU
Enero	174,5	169,1	86,2
Febrero	132,5	81,5	57,2
Marzo	81,2	65,4	32,6
Abril	122,2	98,9	96,8
Mayo	220,8	181,8	207,7
Junio	280,5	220,4	222,6
Julio	275,6	222,5	171,3
Agosto	241,2	198,9	206,2
Setiembre	250,6	235,5	229,1
Octubre	247,4	278,0	274,8
Noviembre	274,8	236,8	281,2
Diciembre	305,7	245,4	161,7
Promedio anual	217,1	190,4	173,8

Fuente: Instituto Meteorológico Nacional, 1988

De acuerdo al Mapa de Isoyetas del área de estudio (figura Nº 4), la precipitación promedio anual se distribuye en la cuenca alta y media en una forma lineal, en el punto más alto se registra la mínima precipitación que va en aumento hacia la parte media.

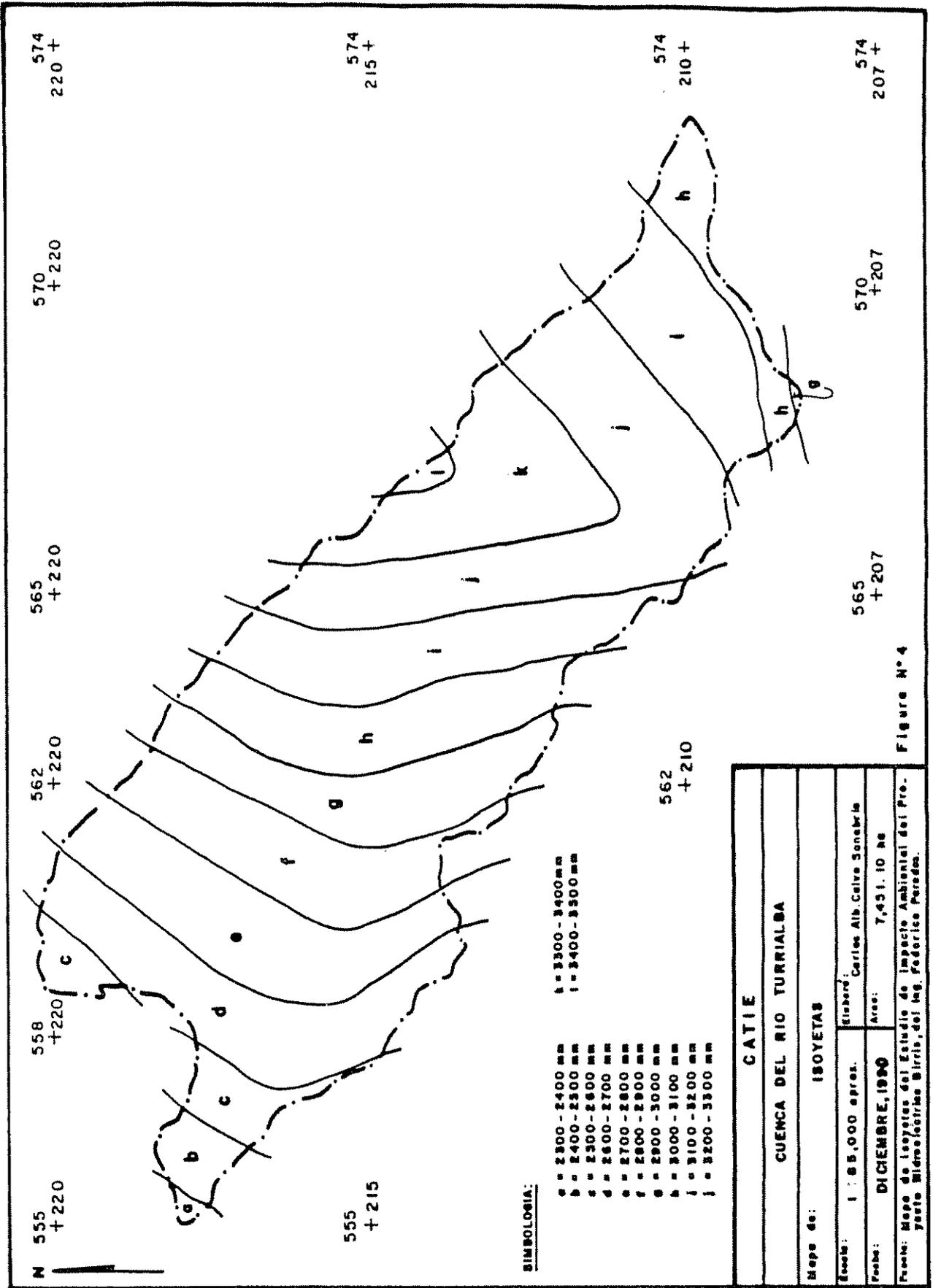


Figure N° 4

En el área cercana al caserío de Aquiares se concentran los registros más altos de precipitación, debido a la influencia de vientos procedentes del cañón del Río Reventazón.

En la parte baja de la cuenca, la precipitación es menor, la cual disminuye desde el caserío de Aquiares hasta el poblado de San Juan Norte.

3.2.3. Temperatura

El cuadro Nº 2 presenta los datos de temperatura para las tres estaciones anteriormente ya mencionadas, estos son promedios mensuales.

Cuadro Nº 2 Temperatura mensual promedio en tres estaciones para los años de 1961 a 1987

ESTACIONES			
Temperatura promedio °C			
MES	CATIE	PACAYAS	IRAZU
Enero	20,4	15,9	7,6
Febrero	20,7	16,0	8,0
Marzo	21,4	16,4	8,7
Abril	21,9	16,9	8,7
Mayo	22,5	17,4	8,8
Junio	22,4	17,6	8,3
Julio	22,2	17,4	7,5
Agosto	22,1	17,3	7,8
Setiembre	22,3	17,5	8,2
Octubre	22,0	17,7	8,3
Noviembre	21,5	16,7	8,1
Diciembre	20,8	16,2	7,6
Promedio anual	21,7	16,9	8,1

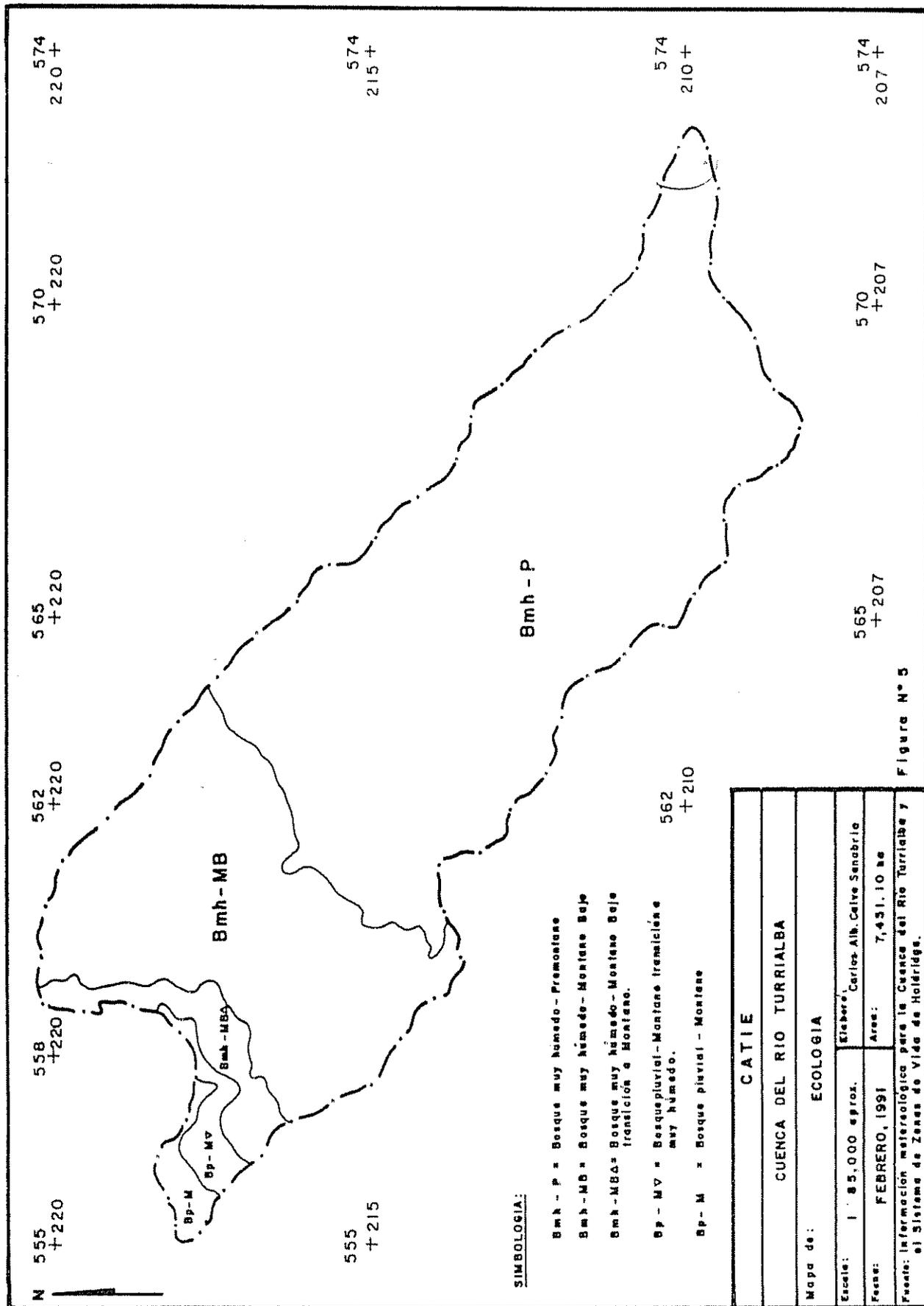
Fuente: Instituto Meteorológico Nacional, 1988

La temperatura promedio anual en la parte baja de la cuenca es de 21,7 °C de acuerdo a la estación CATIE, en la parte media la temperatura es de 16,9 °C promedio anual, y en la parte alta en base a lo registrado por la estación Irazú, la temperatura promedio anual es de 8,1°C.

El régimen de temperatura también presenta dos estaciones bien diferenciadas, una más cálida entre mayo y noviembre; la otra más fría entre diciembre y abril.

3.2.4. Zonas de vida

En la cuenca se determinaron cinco zonas de vida, tres de estas son no-transicionales y dos transicionales, estas son: Bosque muy Húmedo - Premontano, Bosque muy Húmedo - Montano Bajo, Bosque muy Húmedo - Montano Bajo transición a Montano, Bosque Pluvial - Montano transición a muy Húmedo y Bosque Pluvial - Montano, en la figura N° 5 se muestra la distribución de éstas dentro de la cuenca.



SIMBOLOGIA:

- Bmh - P = Bosque muy húmedo - Premontano
- Bmh - MB = Bosque muy húmedo - Montano Bajo
- Bmh - MBA = Bosque muy húmedo - Montano Bajo transición a Montano.
- Bp - MV = Bosque pluvial - Montano Irregularmente muy húmedo.
- Bp - M = Bosque pluvial - Montano

CATIE	
CUENCA DEL RIO TURRIALBA	
ECOLOGIA	
Mapa de:	
Escala:	1 : 85,000 aprox. <small>Elizero, Carlos Alb. Celso Sanabria</small>
Fecha:	FEBRERO, 1991 <small>Área: 7,431.10 ha</small>
Fuente: Información meteorológica para la Cuenca del Río Turrialba y el Sistema de Zonas de Vida de Holdridge.	

Figure N° 5

Bosque muy húmedo, premontano

Esta zona de vida, es la que ocupa el mayor porcentaje del área total (64,83), encontrándose desde la ciudad de Turrialba hasta los caseríos de La Pastora y Coliblanco.

El Bosque muy Húmedo Premontano es entre mediano y alto, semideciduo, de dos o tres estratos, con unas pocas especies deciduas en la estación seca. Abundan las trepadoras herbáceas, y la mayoría de los árboles están cubiertos de una gruesa capa de musgo.

Bosque muy húmedo, montano bajo

Representa el 28,50 % de la cuenca, se ubica en la parte alta en las nacientes de los ríos principales que son afluentes del Río Turrialba, próxima a las faldas de los volcanes Turrialba e Irazú.

Este es un bosque siempreverde de altura intermedia y de dos estratos de árboles. El nivel del suelo tiene buena cobertura de helechos, begonia, enredaderas de aráceas, y una gruesa capa de hojas húmedas en descomposición.

Bosque muy húmedo montano bajo, transición a montano

Esta zona de vida abarca un 3,27% del área total, se ubica en las faldas del Volcán Turrialba. Este es un bosque siempreverde de altura intermedia y compuesto por dos estratos, el dosel superior estaría dominado por Quercus sp. y en el estrato arbustivo los bambúes.

Bosque pluvial montano, transición a muy húmedo

Esta formación ecológica representa el 1,77% de la cuenca, y se le localiza en las faldas del Volcán Irazú; este bosque se caracteriza por ser siempreverde de altura que varía entre baja e intermedia y con dos estratos.

Bosque pluvial montano

Es una zona de vida que cubre un 1,64% del área total, se le encuentra en las cercanías del cráter del Volcán Irazú, que es propiamente el punto más alto de la cuenca.

Este es un bosque siempreverde de altura que varía entre baja e intermedia y con dos estratos, el sotobosque es bastante abierto y los helechos arborescentes son comunes en este. El estrato arbustivo es denso con bambúes enanos de hasta 5 m de altura.

3.3. Características edafológicas

3.3.1. Suelos

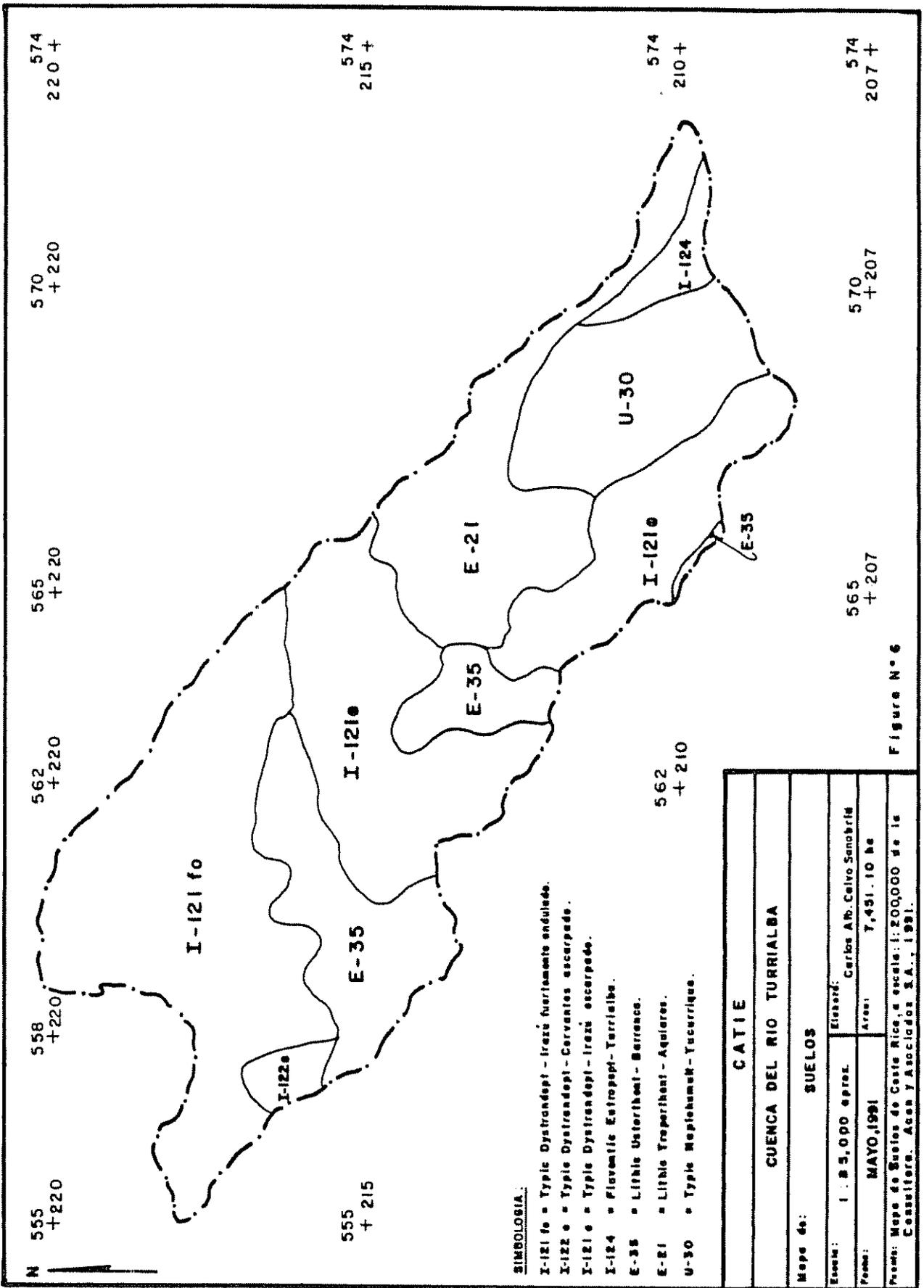
Para la cuenca no existen estudios específicos de suelos, por lo que se tomó en consideración el estudio realizado por SEPSA 1991 para todo el país, del cual se desprende lo siguiente:

En el cuadro N° 3 podemos observar la distribución de los suelos presentes en la cuenca, así como el área para cada asociación y en la figura N° 6 la ubicación en el área de estudio.

Cuadro Nº 3 Distribución de los Suelos de la Cuenca del Río Turrialba

Símbolo	Unidad Cartográfica (Asociación)	Unidad Taxonómica		Superficie	
		Principal	Asociados	(ha)	(%)
E-21	Aquiaries	Lithic Troprothent	Afloramientos Rocosos	1112,13	14,93
E-35	Barranco	Lithic Ustor-thent	Lithic Dystrandept	1060,47	14,23
I-121e	Irazú, escarpado	Typic Dystrandept	Typic Vitrandept Typic Dystropept	1981,26	26,59
I-121fo	Irazú, fuertemente escarpado	Typic Dystrandept	Typic Vitrandept Typic Dystropept	2120,94	28,46
I-122e	Cervantes, escarpado	Typic Dystrandept	Typic Vitrandept Lithic Dystrandept	118,53	1,59
I-124	Turrialba	Fluventic Eutropept	Typic Dystropept Fluvaquentic Eutropept	164,07	2,20
U-30	Tucurrique	Typic Haplohumult	Andic Haplohumult Typic Humitropept	893,70	11,99

Fuente: SEPSA, 1991.



SIMBOLOGIA:

- I-121 fo = Typic Dystrandept - Irazú fuertemente endurecido.
- I-122 o = Typic Dystrandept - Corvantes escarpado.
- I-121 o = Typic Dystrandept - Irazú escarpado.
- I-124 = Fluventic Entrocept - Turrialba.
- E-35 = Lithic Ustertkent - Barreña.
- E-21 = Lithic Troperkent - Aquiares.
- U-30 = Typic Mephepment - Yacuriqua.

CATIE	
CUENCA DEL RIO TURRIALBA	
SUELOS	
Escala:	1 : 25,000 aprox.
Fecha:	MAYO, 1991
Elaboró:	Carlos A.R. Celvo Sanabria
Área:	7,451.10 ha
Proyección: Mapa de Suelos de Costa Rica a escala 1:200,000 de la Consultora: Acas y Asociados S.A., 1991.	

Figure N° 6

Asociación Aquiaries

La posición fisiográfica de esta unidad son las montañas volcano-denudativas de la Colada de Aquiaries, su relieve es ondulado, con una pendiente de 3 a 20%.

Estos suelos son poco profundos (40 cm), tienen texturas moderadamente finas (franco arcillosa), de colores pardo oscuro o pardo amarillento oscuro. El drenaje es excesivo y la permeabilidad moderada, la pedregosidad es mayor que 60% del área, con erosión ausente. La fertilidad es moderada.

Taxonómicamente el suelo principal es Lithic Troorthent, asociados con afloramientos rocosos.

Asociación Barranco

Su posición fisiográfica está en las laderas volcano-denudativas de la Cordillera Volcánica Central, su relieve es de escarpado a fuertemente escarpado, con pendientes mayores del 60%.

Son suelos superficiales a muy superficiales, de texturas moderadamente finas a finas, de color pardo grisáceo muy oscuro a pardo oscuro. Su drenaje es bueno y de permeabilidad moderada, son de baja fertilidad.

Taxonómicamente, se clasifican estos suelos como Lithic Ustorthent, asociados con Lithic Dystrandept.

Asociación Irazú

La posición fisiográfica de esta unidad son las montañas volcano-denudativas en mantos de ceniza de la Cordillera Volcánica Central. Su relieve es de

escarpado a fuertemente escarpado, con una pendiente de 30 a 75%.

Estos suelos son profundos (mayores a 100 cm) a moderadamente profundos, presentan texturas medias, con presencia de inclusiones de texturas moderadamente livianas y moderadamente finas (franca, franco arenosa y franco arcillosa). De colores negro a pardo grisáceo oscuro y pardo oscuro en el subsuelo, su drenaje es de bueno a algo excesivo y permeable, sin pedregosidad y la erosión actual es en forma laminar, en surcos y en cárcavas. La fertilidad es baja.

Taxonómicamente, el suelo principal se clasifica como Typic Dystrandept y sus suelos asociados son Typic Vitrandept y Typic Dystropept.

Agrológicamente, estas tierras fueron evaluadas según la pendiente, por lo que fueron subdivididos en fases de la siguiente manera:

a) Fase escarpada (e):

Se localizan en un relieve escarpado con pendientes entre 30 a 50%, tienen una fuerte erosión actual.

b) Fase fuertemente escarpada (f.e.):

Se localizan en un relieve fuertemente escarpado, con pendientes entre 50 a 75%, tienen severas limitaciones en cuanto a la profundidad efectiva, pendiente y a la erosión actual.

Asociación Cervantes, escarpado

La posición fisiográfica de esta unidad son las montañas vulcano-denudativas en mantos de ceniza; su relieve es escarpado, con una pendiente de 30 a 50%.

Estos suelos son superficiales a moderadamente profundos (10-90 cm), tienen texturas medias a moderadamente finas (franco a franco arenosa), el drenaje es bueno, de colores negro a pardo grisáceo oscuro, la pedregosidad es mayor que 50%, con erosión laminar leve y moderada, la fertilidad es media a baja; presentan severas limitaciones en cuanto a la profundidad efectiva, pedregosidad, pendiente y riesgos de erosión.

Taxonómicamente el suelo principal es Typic Dystrandept y su suelo asociado es Typic Vitrandept y Lithic Dystrandept.

Asociación Turrialba

La posición fisiográfica de esta unidad es el Valle del Río Turrialba; su relieve es plano a suavemente ondulado, con una pendiente de 1 a 3%.

Estos suelos son moderados a profundos (59 a 120 cm), su textura de moderadamente finas a livianas (franco arcillosa - arenosa), de colores pardo grisáceo oscuro a pardo amarillento oscuro, su drenaje es bueno a moderadamente bueno, y de moderada permeabilidad, la pedregosidad es de 0 y 7%, de erosión ausente. La fertilidad es de media a alta.

Taxonómicamente el suelo principal es Fluventic Eutropept y los suelos asociados Typic Dystropept y Fluvaquentic Eutropept.

Asociación Tucurrique

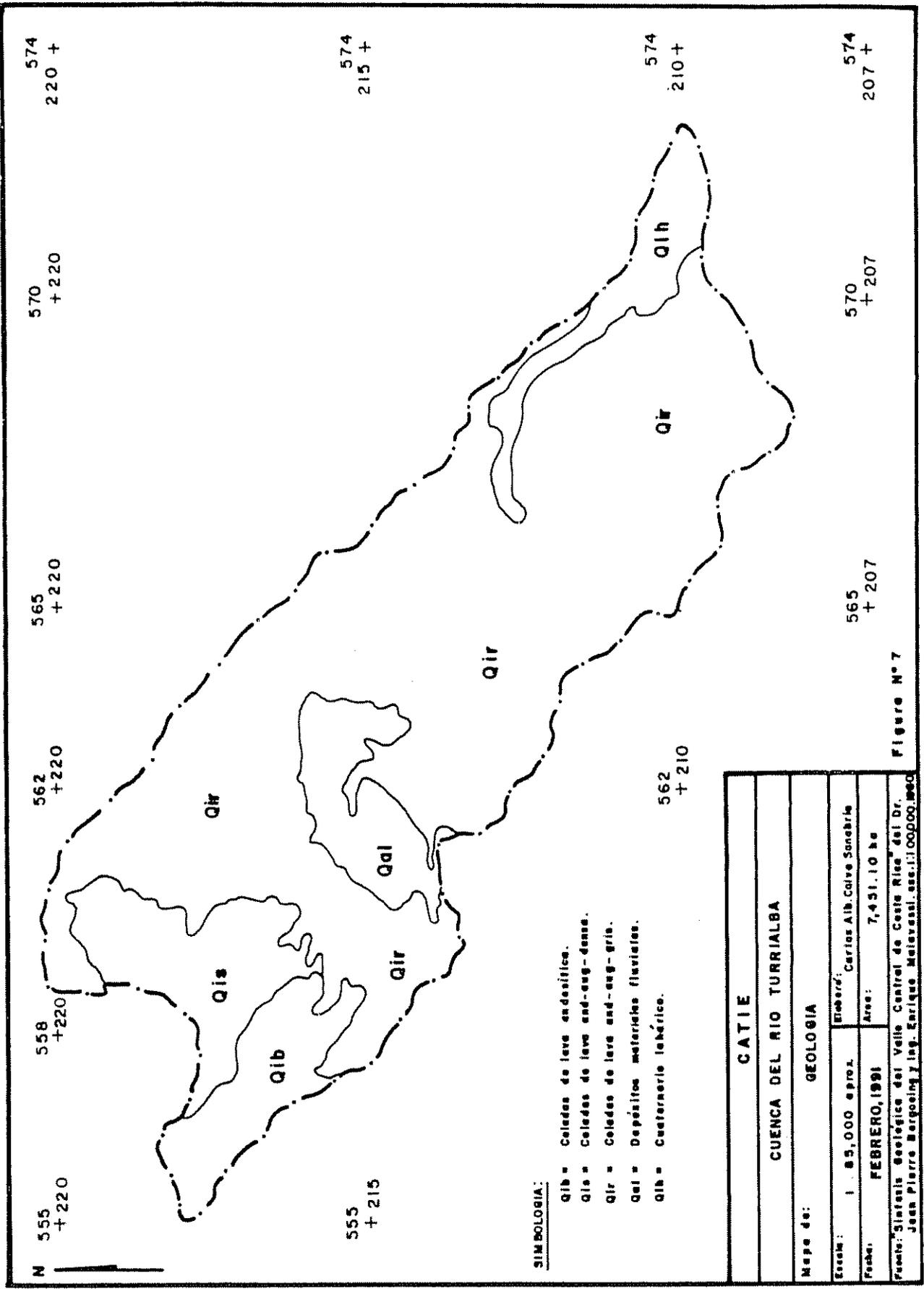
La posición fisiográfica de esta unidad son las montañas denudativas del grupo Aguacate; su relieve es escarpado, con una pendiente de 30 a 60%.

Estos suelos son profundos (mayores que 100 cm), tienen texturas finas o pesadas (arcillosa a través del perfil), su drenaje es excesivo de moderada permeabilidad, de colores pardo oscuro a pardo amarillento, la pedregosidad es 0,01 - 3%, con una erosión laminar moderada, la fertilidad es baja.

Taxonómicamente el suelo principal es Typic Haplohumult y los suelos asociados Andic Haplohumult y Typic Humitropept.

3.3.2. Geología

De acuerdo con Bergoeing (1980), las formaciones geológicas que se encuentran en la cuenca (figura N97), son formadas entre el Holoceno, Pleistoceno y Cuaternario. La parte alta de la cuenca, pertenece al Pleistoceno y su clave de acuerdo al mapa es Qib: de la formación Birris, Grupo Irazú, son coladas de lava andesítica augítica y menores cantidades de autobrecha vesicular, de color gris claro a intermedio, de grano muy fino, y de tipo pahoehoe pronunciado, localmente con capa superficial que parece roca fragmentada, roja y escoriácea.



SIMBOLOGIA:

- Qib = Coladas de lava andesítica.
- Qis = Coladas de lava and-ang-densa.
- Qir = Coladas de lava and-ang-gris.
- Qal = Depósitos materiales fluviales.
- Qih = Cuaternario lahático.

CATIE	
CUENCA DEL RIO TURRIALBA	
GEOLOGIA	
Mapa de:	
Escala:	1 : 85,000 aprox.
Fecha:	FEBRERO, 1991
Proyecto:	7,451.10 ha
Autores:	Cartos Alb. Calvo Sanchez Juan Pierre Borgeoing y Ing. Enrique Melavasil. esc.: 1:100,000, 1980.

Figure N° 7

La formación Sapper, del Grupo Irazú, cuya clave es Qis, son coladas de lava andesítica augítica densa de color negro, con fenocristales grandes de plagiocasa fresca y augita; localmente lixiviadas, de color ante pálido, y secundariamente silificadas; con abundantes lahares sin cemento, ligeramente a profundamente meteorizados, y camas de ceniza.

Desde la parte alta a la parte baja de la cuenca, mayormente los materiales geológicos, son de la Formación Reventado, del Grupo Irazú, en el período Pleistoceno, cuya simbología es Qir, caracterizándose por coladas de lava andesítica augítica, de color gris intermedio, de grano fino, localmente vesiculares, con lahares abundantes, ligeramente a profundamente meteorizados, y algunas camas de ceniza.

Del sector de La Pastora hacia Coliblanco, se localiza un área que fue originada en el Holoceno, cuya clave es Qal: perteneciendo a los depósitos aluviales de este período, caracterizándose por depósitos fluviales, que varían de limo a canto rodado, ligeramente seleccionados y estratificados, localmente con capas superficiales de ceniza reciente.

3.4. Uso de la tierra y sus características

El conocer el uso que el agricultor radicado en la cuenca hace de la tierra, que como recurso físico sustenta todas las actividades productivas de este para su desarrollo, nos permite evaluar si estas actividades se realizan en tierras aptas para estos propósitos, cuando comparamos el uso de la tierra con la capacidad de esta.

La preparación del mapa de uso de la tierra del año 1988, a través de fotografías aéreas, y la realización del Reconocimiento Rápido Rural (RRA), nos brinda información de cuáles son las actividades agropecuarias que realiza el agricultor, así como los principales cultivos desarrollados en la cuenca, seguidamente se presenta una descripción de los usos dados por los agricultores en las diferentes áreas agroecológicas.

Uso Urbano

Son tierras destinadas en lo fundamental a viviendas y diversa infraestructura urbana, aquí se identificó la ciudad de Turrialba.

Uso Agrícola

Dentro de esta categoría, las tierras se encuentran sembradas con cultivos anuales y permanentes, representa uno de los usos más importantes dentro de la cuenca.

Los cultivos anuales son diversos de acuerdo a las condiciones agroclimáticas y edafológicas, en la parte alta de la cuenca se siembran cultivos como: papa para consumo o semilla en aquellas áreas de difícil acceso, zanahoria, repollo, frijol, mora y flores. En la parte media, se encuentra la caña de azúcar, maíz, frijoles; de estos el que cubre más área es la caña de azúcar y en la parte baja hortalizas, como chile dulce y también la caña de azúcar.

Con respecto a los cultivos permanentes, en la parte alta tenemos los frutales, la manzana y el durazno, con áreas no muy representativas, pues son cultivos que requieren mucha atención, en cuanto a fumigaciones para control de hongos u otros, y mantenimiento de obras de conservación de suelos en el caso de la manzana, además de ser cultivos de difícil mercadeo, lo que obliga al productor a que cuando están las cosechas, deban tener cámaras de refrigeración o perder la producción porque se empieza a podrir.

En la parte media, el cultivo más importante es el café, el cual se encuentra en áreas muy extensas caso de la finca Aquiares y Santa Rosa y en el pueblo de La Esmeralda, donde se concentran varios productores. La parte baja de la cuenca, se caracteriza por áreas de cafetales, muy pequeñas debido principalmente al tamaño de las fincas, condiciones topográficas adversas y a la presencia de una red de quebradas o riachuelos que fluyen al Río Turrialba, los cuales impiden el desarrollo de grandes cafetales.

Pasto

Esta cobertura vegetal es la de mayor área en la cuenca, y en esta se desarrolla la ganadería de leche principalmente. En la parte alta por condiciones climáticas, se desarrolla la ganadería en una forma más intensiva, con hatos de razas lecheras Holstein y Jersey, utilizando pastos como el "Kikuyo" para el pastoreo en pequeños apartos, en los cuales se moviliza el ganado y también hay pastos de corte "King Grass" e "Imperial",

destinados a la alimentación de vacas en las lecherías y animales de carga.

La actividad ganadera es muy importante en la zona de Santa Cruz, La Pastora, Coliblanco y La Esperanza, pues fábricas de productos lácteos llegan a recoger la leche hasta las fincas, y en los casos en que es difícil el acceso, los finqueros se dedican a producir queso, que luego venden a diferentes plantas procesadoras de queso de la zona.

En la parte media de la cuenca, son pequeñas áreas las que se encuentran bajo pastos, dedicándose principalmente al desarrollo de ganado de leche.

Al sur de la cuenca, en la parte baja los pastos se intercalan con áreas agrícolas, pues las fincas son pequeñas, aquí la actividad ganadera es mínima los agricultores tienen vacas para obtener la leche que consumen sus familias, a excepción de dos fincas que se dedican a producir para la venta, en El Alto La Victoria y San Juan Norte.

La especie de pasto más utilizada en estas áreas de la cuenca, es el pasto estrella y natural.

Charral

Bajo esta cobertura vegetal se encuentra un porcentaje muy pequeño del área total de la cuenca, estas áreas se encuentran en estado de bosque en sucesión secundaria en su fase inicial; por lo general estas tierras son dejadas en descanso por los finqueros para un uso posterior, sistema conocido como barbecho, o bien están abandonadas por

ser tierras improductivas como consecuencia de la agricultura migratoria.

Bosque

Este tipo de cobertura se ubica en tierras de topografía accidentada, en los cañones de los Ríos Coliblanco, Playas, Turrialba, Jesús María, o riachuelos de menor caudal, o en áreas muy escarpadas como la que se encuentra al norte de la carretera que une Santa Cruz con Capellades, los bosques de la cuenca alta fueron talados hace unos sesenta años, tiempo en que se expandían los finqueros localizados en las faldas del Volcán Irazú, en busca de nuevas tierras para sus cultivos o ganaderías en las faldas del Volcán Turrialba, dejando los bosques que por condiciones topográficas no permitían realizar sus actividades agropecuarias.

Los bosques de la zona se les pueden describir como altos, densos, por lo general de crecimiento primario intervenido, sus alturas varían entre los 25 a 30 m, y poseen un sotobosque muy denso; hay abundancia de epífitas, la niebla o bruma está en contacto frecuente con la vegetación, lo que ocasiona humedad adicional, típico de un bosque nuboso.

Las especies más predominantes en estos bosques son: Roble Quercus costarricensis, Salvia Buddleia nitida, Cedro dulce Cedrela tonduzii, Jaúl Alnus acuminata, Ira Ocotea ira y Yos Sapium sp.

El jaúl es la especie pionera en los potreros que se abandonan, llegando en ocasiones a formar

bosques naturales producto de la sucesión, también invade los terrenos limpios, o taludes de caminos, muchos finqueros la dejan que se desarrolle en los repastos, pues es una especie que fija nitrógeno, y además permite formar rompevientos en las fincas, los cuales impiden que los cultivos sembrados sean quemados por el viento, otros la utilizan como fuente de leña para los peones de las fincas o para proteger las nacientes deforestadas de ríos.

4. MATERIALES Y METODOS

4.1. Materiales y equipo

- a. Equipo cartográfico y de fotointerpretación, que consistió en un estereoscopio de espejos marca Wild y un Zoom Transfer Scope.
- b. Para trabajo de campo, cinta métrica, brújula, nivel Abney, altímetro, curvímetro, estereoscopio de bolsillo, mesa de luz y vehículo.
- c. Información cartográfica y temática :
 - Hojas cartográficas a escala 1 : 50000:
Istarú N° 3445 - IV ; Tucurrique N° 3445-I
 - Mapas de : Suelos, Geología, Ecología,
Capacidad de Uso de la Tierra e Isoyetas.
- ch. Fotografías aéreas a escalas:
 - 1 : 35000, año 1978, en blanco y negro
 - 1 : 80000, año 1984, infrarroja a color
 - 1 : 20000, año 1988, en blanco y negro
 - 1 : 20000, año 1989, en blanco y negro
- d. Imagen de Satélite LANDSAT del año 1986.
- e. El procesamiento de la información se efectuó por medio del empleo de la computadora del Proyecto Regional de Manejo de Cuencas, con el Sistema ERDAS/Sistema de Información Geográfica.

4.2. Metodología

Para alcanzar los objetivos propuestos en está

investigación, se elaboró un esquema metodológico (figura Nº 8), donde se muestra cada uno de los procesos seguidos.

En una primera etapa, se inició con el conocimiento general de la cuenca del Río Turrialba, donde se establecieron en forma preliminar las características biofísicas y condiciones socioeconómicas del área de estudio, así como la problemática del uso de los recursos naturales.

También se recolectó información bibliográfica en diferentes instituciones públicas, privadas y universitarias del país, así como aquellos trabajos realizados en la Cuenca.

4.2.1. Procedimientos utilizados para determinar la cobertura vegetal en los años 1978, 1984, 1988.

Se utilizaron las series de fotografías aéreas pancromáticas, de un período de los diez años más recientes, en el cual existieran series de fotografías aéreas en años intermedios, pretendiéndose con esto realizar el análisis de la dinámica del uso de la tierra entre los años 1978 y 1988.

- Para el año 1978, se utilizaron las fotos aéreas a escala 1:35.000, siendo éstas en blanco y negro.

- Para el año 1984, se utilizaron las fotos aéreas a escala 1:80.000, las cuales eran infrarrojas a color.

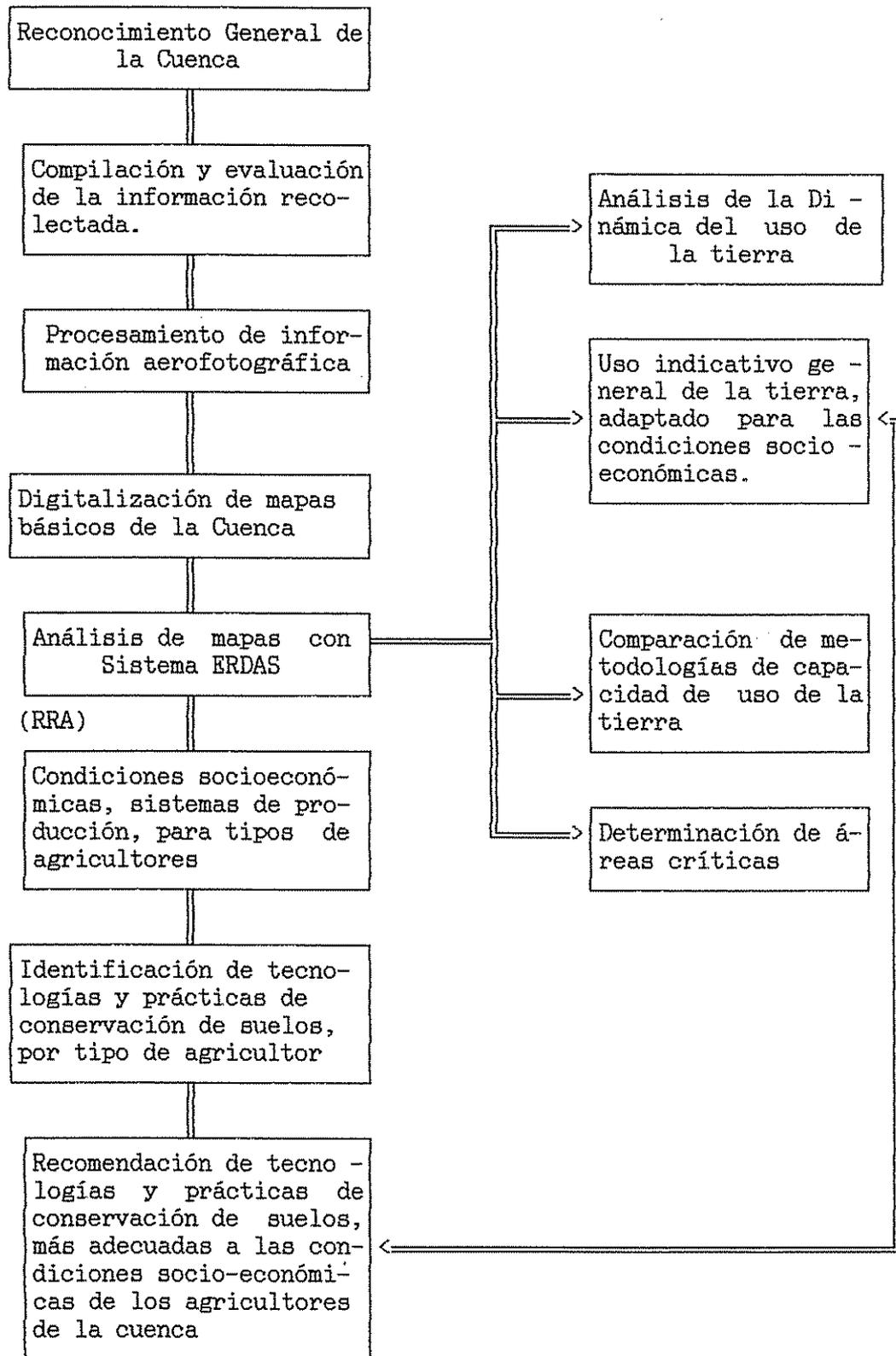


Figura NO 8 Esquema general de la metodología utilizada en la investigación.

- Para el año 1988, se utilizaron las fotos aéreas a escala 1:20.000, en blanco y negro.

También se contó con fotos aéreas del año 1989, a escala 1:20.000, del proyecto JICA - GAM, pero para el sector La Esmeralda, las que fueron utilizadas como complemento a las fotos aéreas del año 1988, pues para éstas últimas no habían pares estereoscópicos, en dicho sector.

El trabajo de fotointerpretación fue realizado por el sustentante de la tesis, utilizando para ello un estereoscopio de espejos marca Wild, lápices de cera de colores rojo, azul y verde, rapidógrafos y láminas transparentes, con el cual se realizó la fotointerpretación.

En cuanto a la leyenda única utilizada en la fotointerpretación, esta fue seleccionada mediante el intercambio de impresiones con los expertos en levantamientos aereofotográficos de cobertura de la tierra, del Departamento de Geografía del Instituto Geográfico Nacional, así como la obtención de información sobre las diferentes leyendas más comunes utilizadas en Costa Rica, de lo cual se generó una leyenda de cinco categorías del uso de la tierra.

Luego se prepararon las claves de cada patrón de cobertura de la tierra, obtenidos en la leyenda final, esta pasó a ser la base del mapeo de la cobertura de la tierra de los períodos considerados en el estudio, la leyenda puede observarse en el cuadro N^o 4.

Cuadro Nº 4 Leyenda única para la fotointerpretación de los años 1978, 1984 Y 1988.

Patrones de Cobertura de la tierra	Símbolos o claves
Uso Urbano	Uu
Uso Agrícola	Ua
Pasto	Pa
Charral	Ch
Bosque	Bo

4.2.2. Nivel de levantamiento aerofotográfico adoptado

Para definir el nivel del levantamiento a adoptar en el mapeo de la cobertura de la tierra del área de estudio, se tuvo que considerar las diferencias de escala que presentaban las fotos aéreas de 1978 (escala 1: 35.000), de 1984 (escala 1:80.000) y de 1988 (escala 1: 20.000), por lo que el nivel de levantamiento adoptado corresponde a un nivel de reconocimiento tendiendo a un nivel semidetallado.

Independientemente del nivel de levantamiento aerofotográfico adoptado, los resultados de las fotointerpretaciones fueron llevadas a una escala uniforme (1: 50.000), para facilitar la comparación de las coberturas de la tierra de los períodos considerados en el estudio.

Para transferir los resultados finales de la fotointerpretación, se utilizó el equipo denominado Zoom Transfer Scope, procediéndose de la siguiente manera: en una pantalla se ubicaba la información

resultante de la fotointerpretación y en la mesa del instrumento los mapas topográficos de la cuenca, se sobreponía la información fotointerpretada a través del estereoscopio del equipo Zoom, lo cual se hace coincidiendo los accidentes naturales (ríos, carreteras, pueblos, etc.) así como los rasgos culturales.

De este proceso anterior, se logró tener los mapas de uso de la tierra para los años 1978, 1984 y 1988, los cuales se digitalizaron en el Sistema ERDAS.

4.2.3. Procesamiento de imagen de satélite con el sistema ERDAS

Como parte del análisis de la dinámica del uso de la tierra, también se consideró la imagen de satélite LANDSAT para el año 1986, cuyo procesamiento se realizó con el Sistema ERDAS del CATIE.

Esta imagen se georeferenció, o sea se rectificó el archivo de la imagen al mapa de referencia llamado "Contorno", lo cual permitiría que luego se realizaran las comparaciones con los otros mapas de uso de la tierra, la rectificación de la imagen se hizo escogiendo un sistema de coordenadas de referencia, un ejemplo de estos puntos son: intersección de carreteras y de ríos, ciudades, cañones de ríos y conos volcánicos.

Este trabajo se facilitó, debido a las fotointerpretaciones realizadas de los tres años citados.

Luego se calculó la matriz de transformación, que permitiría transformar los valores de las coordenadas de la imagen, a las coordenadas de referencia.

La clasificación de la imagen, se realizó a través de reconocimiento supervisado del patrón o clasificación supervisada, donde se seleccionaron áreas de la imagen que se identificarían usando información de los mapas de uso de la tierra ya elaborados, a estas áreas se les denomina muestras de adiestramiento, de las que se tomaron veintinueve para todas las clases o patrones de uso de la tierra, lo que permitió hacer posteriormente la clasificación del área de la cuenca, a través de la regla de decisión distancia mínima, asignándose el pixel a la clase para la cual se minimiza la distancia, obteniéndose así como resultado el mapa de uso de la tierra para el año 1986.

4.2.4. Metodologías para elaborar los mapas temáticos de la cuenca

4.2.4.1. Mapa de categorías de pendientes

Este mapa se preparó en base al método de intercepción del círculo, que consiste en sobreponer una malla de círculos con un diámetro determinado, encima de las curvas de nivel en el mapa topográfico de la cuenca a escala 1:50.000, considerándose el número máximo de los intervalos captados dentro de un círculo, por medio de este procedimiento se estableció el mapa de categorías de pendientes.

4.2.4.2. Mapa de ecología

Este mapa fue confeccionado, utilizando el "Diagrama para la Clasificación de Zonas de Vida o Formaciones Vegetales del Mundo" del Dr. Leslie R. Holdridge.

Para determinar las diferentes zonas de vida, se requirió la información de precipitación, temperatura y elevación sobre el nivel del mar, la que se necesitó para la aplicación del Sistema del Dr. Holdridge.

4.2.4.3. Mapa de profundidad del suelo

Para elaborar este mapa, se utilizaron los mapas de suelos y categorías de pendientes de la cuenca a escala 1:50000, el procedimiento fue el siguiente aquellas unidades de suelos que tuvieran similar profundidad, se consideraron como áreas comunes y así se dibujaron en un mapa preliminar, al cuál se le sobrepuso el mapa de categorías de pendientes, obteniéndose unidades de tierra con información de profundidad del suelo y categorías de pendientes, a lo que luego se realizó un muestreo en tres áreas de la cuenca, a saber partes alta, media y baja, en puntos que abarcaran las combinaciones posibles y a las cuales se pudiera llegar con facilidad en vehículo, después de este trabajo se obtuvo el mapa de profundidad del suelo definitivo.

4.2.5 Procedimiento para realizar el almacenamiento de los mapas en el sistema ERDAS

Los datos espaciales (mapas temáticos), se

almacenaron en el Sistema ERDAS, digitalizándose en el módulo DIG-POL con formato vectorial, posteriormente se pasó la información al módulo GIS (Sistema de información geográfica) de formato raster, los mapas que fueron digitalizados son los siguientes:

- a. Suelos: se utilizó el mapa de Suelos de Costa Rica, a escala 1:200.000 del año 1991, con el cual se preparó para la cuenca un mapa de suelos a escala 1:50.000, que fue el digitalizado, (figura N^o 6).
- b. Capacidad de uso de la tierra: se utilizó el mapa de Capacidad de uso de la tierra de Costa Rica, a escala 1: 200.000 del año 1991, preparándose con este un mapa de capacidad de uso de la tierra para la cuenca, a escala 1:50.000, el cual fue digitalizado, (figura N^o 17).
- c. Profundidad del suelo: se digitalizó el mapa de profundidad del suelo a escala 1:50.000, (figura N^o 19).
- ch. Ecología: el mapa de zonas de vida a escala 1:50.000, (figura N^o 5).
- d. Categoría de pendientes: este mapa generado con el mapa topográfico de la cuenca, se digitalizó a escala 1:50.000, (figura N^o 18).
- e. Uso de la tierra, año 1978 : a escala 1: 50.000, (figura N^o 20).

- f. Uso de la tierra, año 1984 : a escala 1: 50.000, (figura N^o 21).
- g. Uso de la tierra, año 1988 : a escala 1: 50.000, (figura N^o 23).
- h. Isoyetas: este mapa fue elaborado por Paredes (1990), pero corregido por el sustentante de esta tesis, con información climática más detallada y reciente de la cuenca, a una escala 1: 50.000, (figura N^o 4).
- i. Geología: el mapa fue generado para la cuenca a escala 1: 50.000, a través de la " Síntesis Geológica del Valle Central de Costa Rica " del Dr. Bergoeing (1980), que se encontraba a escala 1: 100.000, (figura N^o 7).
- j. División Administrativa: se utilizó el mapa de división administrativa de Costa Rica del año 1985, a escala 1:50.000, (figura N^o 3).
- k. Areas Protegidas: Se utilizó el mapa de Parques Nacionales y Reservas Forestales, a escala 1:50.000.

4.2.6. Metodologías utilizadas para generar nuevos mapas con el sistema de información geográfica ERDAS

Con la utilización de los mapas digitalizados para la cuenca, se crearon los archivos GIS (extensión GIS), luego de sobreponer a cada mapa el archivo GIS "Contorno", el cual comprendía el límite o perímetro de la cuenca, que posteriormente permitió realizar múltiples funciones entre los

mapas, resultando en análisis como la dinámica del uso de la tierra y mapas de capacidad de uso de la tierra, del uso indicativo general de la tierra, áreas críticas de uso de la tierra, de riesgo de erosión, comparaciones entre sistemas de determinación de capacidad de uso de la tierra.

El procedimiento para generar nuevos mapas, fue a través de la utilización de funciones básicas como MATRIX y RECODE; MATRIX permitía analizar datos de dos archivos GIS, aquellos que fueron elegidos de acuerdo al mapa que se quería tener como resultado, este mapa que era un nuevo archivo GIS, contenía valores de clase codificados, lo cual indicaba la manera en que dichos valores de los archivos de entrada coincidían o se sobreponían.

RECODE asignaba un nuevo número de valor de clase a una o a todas las clases de un archivo tipo GIS, generando un archivo de salida con los nuevos números de clases; también se utilizó para agregar nuevas clases recodificando una o varias clases y asignándoles el mismo número de clase.

4.2.6.1. Procedimientos para crear mapas de dinámica del uso de la tierra

4.2.6.1.1. Período 1978 a 1984

Se utilizaron los mapas de uso de la Tierra de 1978 y de 1984, estos se sobrepusieron con la función MATRIX, dando como resultado el mapa de la dinámica del uso de la tierra para los años 1978-1984, (figura N^o 9).

4.2.6.1.2. Período 1984 a 1986

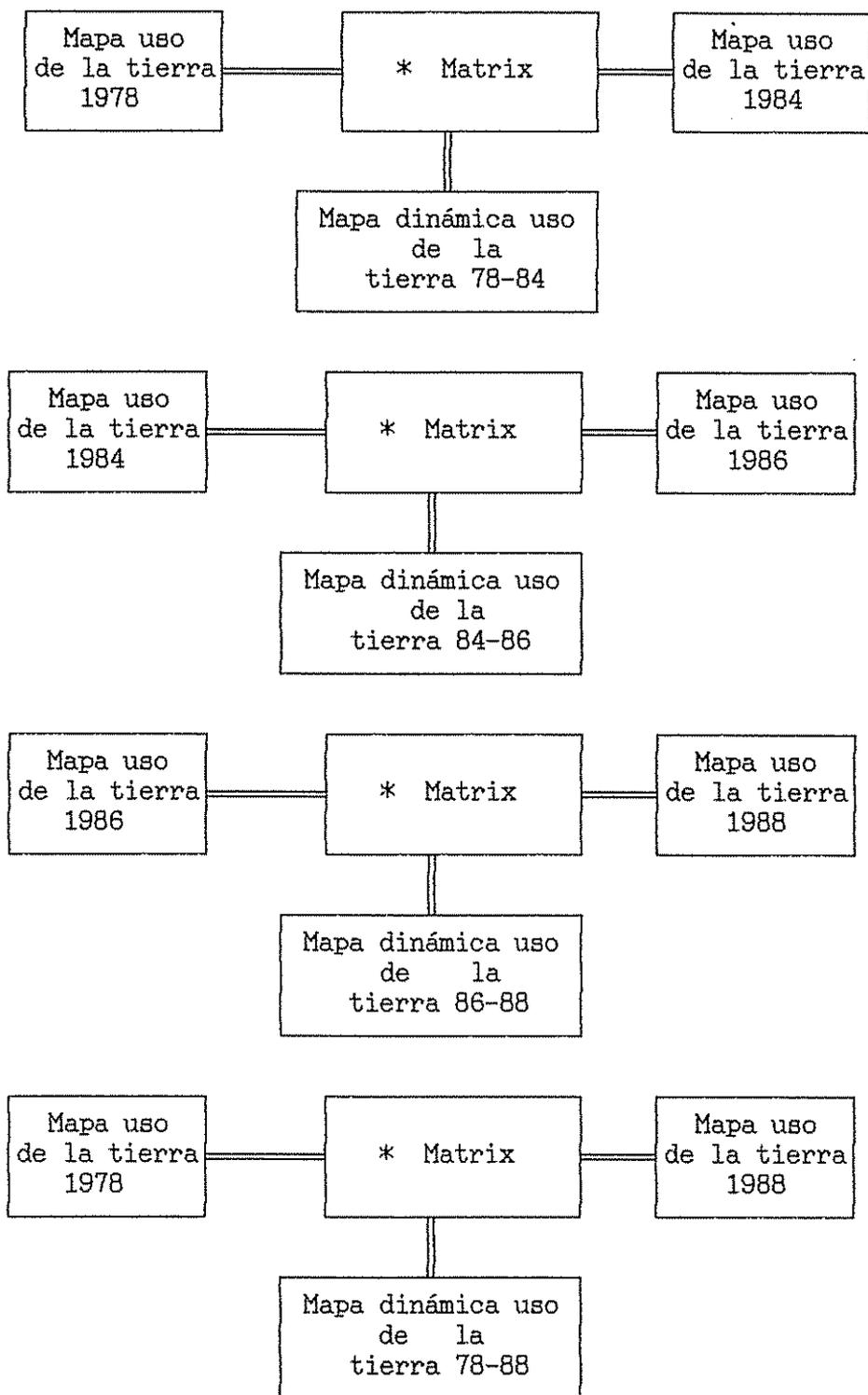
Los mapas de uso de la Tierra de 1984 a 1986 fueron sobrepuestos, obteniéndose el mapa de la dinámica de uso de la tierra de 1984 a 1986, (figura N^o 9).

4.2.6.1.3 Período 1986 a 1988

Se utilizaron los mapas de uso de la tierra de los años 1986 y 1988, se sobrepusieron con la función MATRIX, generándose el mapa de la dinámica del uso de la tierra, para el período citado, (figura N^o 9).

4.2.6.1.4. Período 1978 a 1988

Se procedió sobreponiendo los mapas de uso de la tierra de los años 1978 y 1988, dando como resultado el mapa de la dinámica del uso de la tierra de 1978 a 1988, considerándose así el cambio ocurrido en diez años, (figura N^o 9).

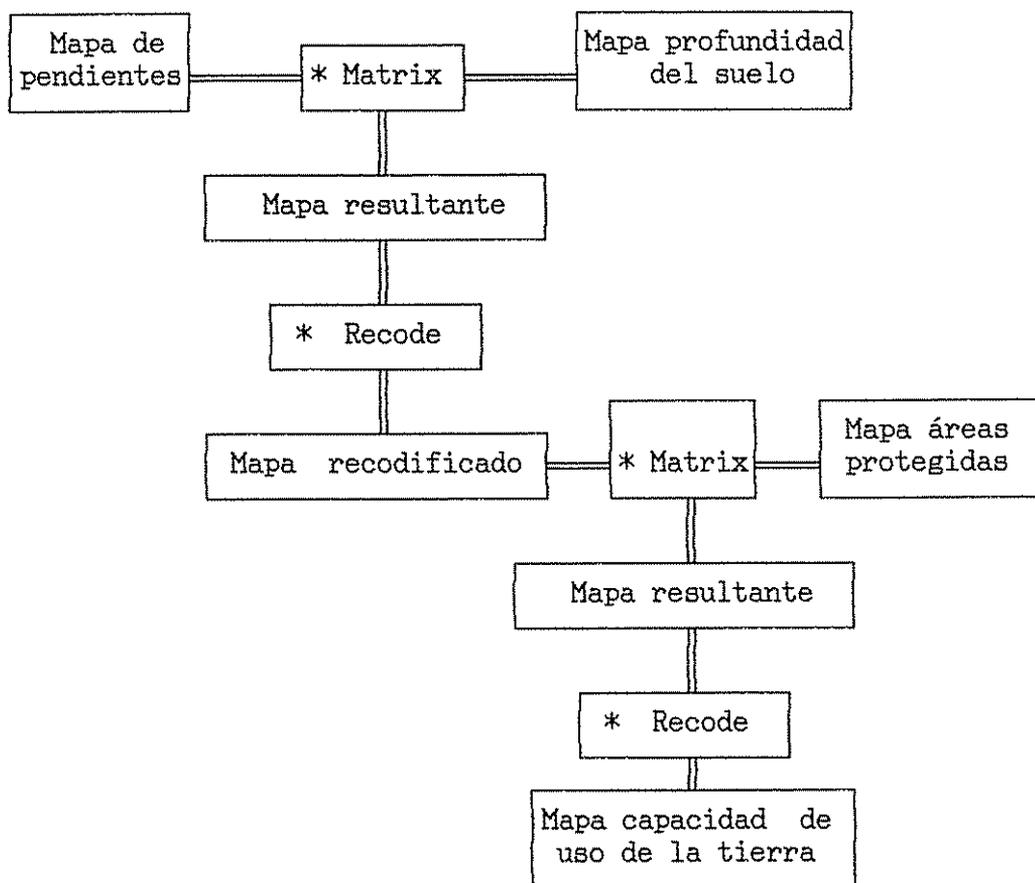


(*) Comandos usados en el módulo GIS de ERDAS

Figura NO 9 Esquema general para obtener los diferentes mapas de la dinámica del uso de la tierra, en los años de 1978 a 1988

4.2.6.2. Procedimiento utilizado para generar mapa de capacidad de uso de la tierra y uso indicativo general de la tierra

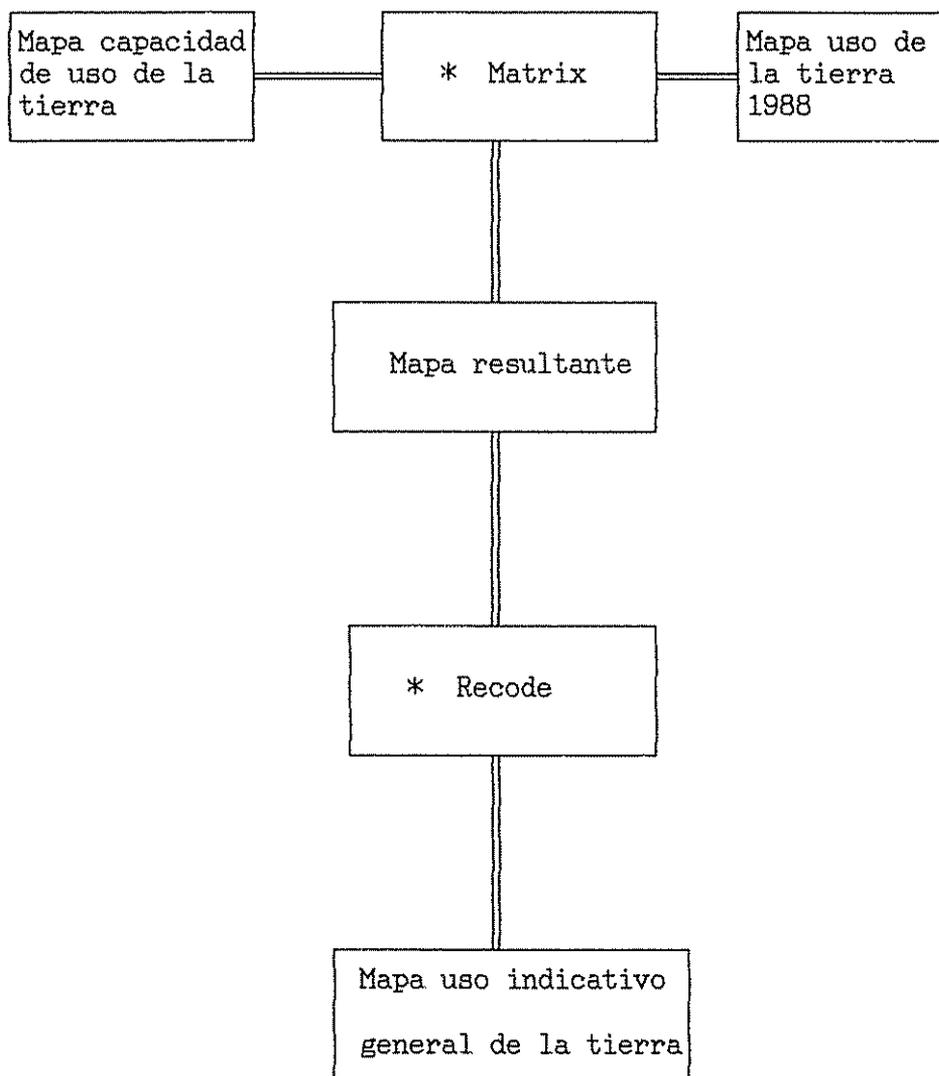
Los mapas de pendientes y de profundidad del suelo, fueron sobrepuestos y el mapa resultante fue recodificado en base al criterio del cuadro N° 15, (Sharma, 1990 a 1991), a este último mapa se le sobrepuso el mapa de áreas protegidas, para luego ser recodificado de acuerdo al criterio ya citado, quedando en definitiva el mapa de capacidad de uso de la tierra para la cuenca, en la figura N° 10 se observa el esquema metodológico utilizado.



(*) Comandos usados en el módulo GIS de ERDAS

Figura N° 10 Esquema utilizado en el Mapa de Capacidad de Uso de la Tierra

Después de haberse obtenido el mapa de capacidad de uso de la tierra, le fue sobrepuesto el mapa de uso de la tierra del año 1988, el cual fue recodificado con el propósito de obtener el mapa de uso indicativo general de la tierra, en la figura N^o 11 se presenta el esquema de la metodología utilizada.

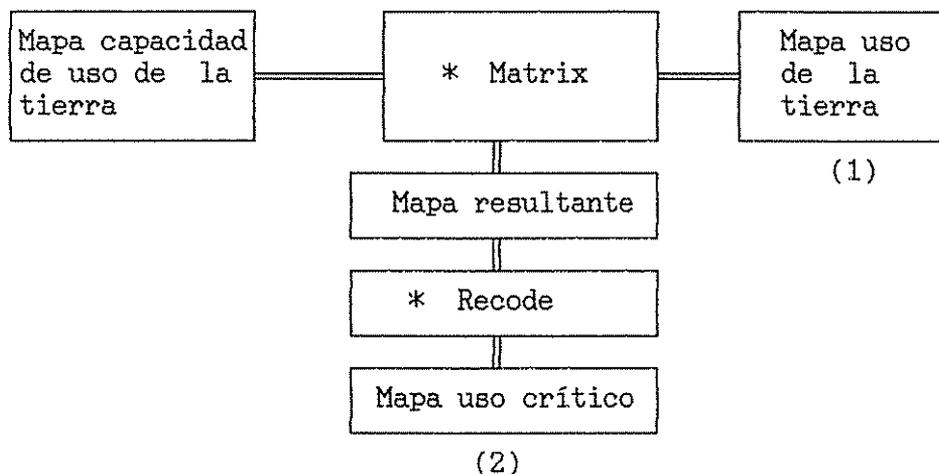


(*) Comandos usados en el módulo GIS de ERDAS

Figura N^o 11 Esquema utilizado para obtener Mapa de Uso Indicativo General de la Tierra

4.2.6.3. Mapas de áreas críticas, para los años 1978, 1984, 1986 y 1988

El procedimiento general en la obtención de estos mapas, fue a través de la utilización de la función MATRIX, o sea la sobreposición de los mapas de la capacidad de uso de la tierra y uso de la tierra de los años 1978, 1984, 1986 y 1988, luego cada mapa resultante era recodificado, para mostrar el uso correcto, o sea diferentes clases de tierra que permiten un uso adecuado y sostenible, o el uso crítico que muestra aquellas clases de tierra, que están siendo sobreutilizadas (más allá de lo permitido por su capacidad) por el hombre, (figura Nº 12); así se obtenían los mapas de áreas críticas para los años 1978, 1984, 1986, y 1988.



(1) Se utilizaron cuatro mapas de uso de la tierra, para los años 1978, 1984, 1986, 1988.

(2) Se obtuvieron cuatro mapas de uso crítico para los años 1978, 1984, 1986, 1988.

(*) Comandos usados en el módulo GIS de ERDAS

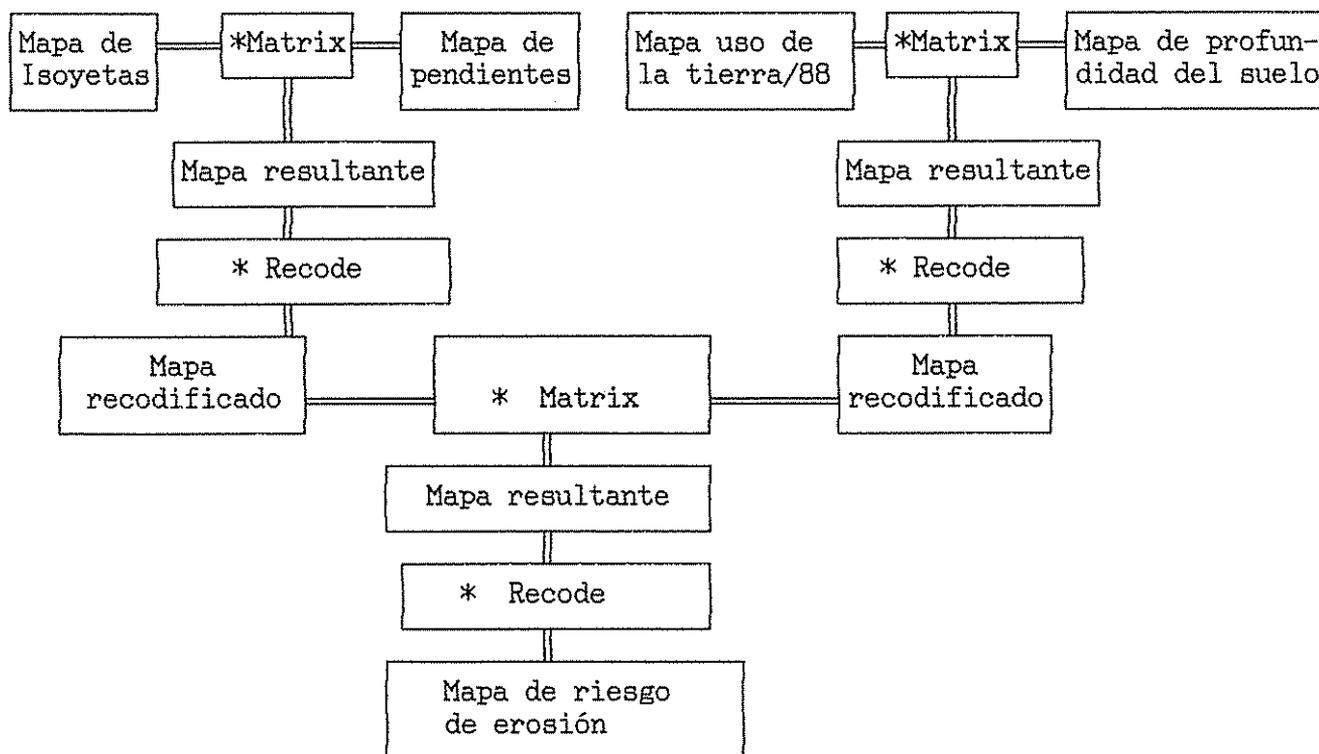
Figura Nº 12 Esquema utilizado para obtener Mapas de Uso Crítico de la Tierra, en el período de 1978 a 1988.

4.2.6.4. Procedimiento para la obtención del mapa de riesgo de erosión

Se sobrepusieron los mapas de Isoyetas y Pendientes, el mapa resultante fue recodificado en base a los siguientes criterios: riesgo leve, moderado y fuerte.

Luego en forma aparte fueron sobrepuestos los mapas de uso de la tierra del año 1988 y el mapa de profundidad del suelo, el mapa resultante se recodificó de acuerdo a los siguientes criterios: riesgo leve, moderado y fuerte.

Después se sobrepusieron los dos mapas resultantes anteriores, siendo recodificado bajo los mismos criterios, logrando así de esta forma el Mapa de Riesgo de Erosión, (figura Nº 13).



(*) Comandos usados en el módulo GIS de ERDAS

Figura Nº 13 Esquema utilizado para obtener el Mapa de Riesgo de Erosión

4.2.6.5. Procedimiento para comparar los sistemas de clasificación de capacidad de uso de la tierra

En este procedimiento se utilizaron los mapas: Capacidad de Uso de la Tierra de la cuenca, obtenido de SEPSA; Capacidad de Uso de la Tierra, de acuerdo a criterio FAO/SHENG/SHARMA (1990 a 1991) y Capacidad de Uso de la Tierra en tres áreas de la cuenca, en las que se tomaron datos de campo para confeccionarlo, con el propósito de comparar la eficiencia de los sistemas de clasificación de capacidad de uso de la tierra, con respecto a la realidad de campo.

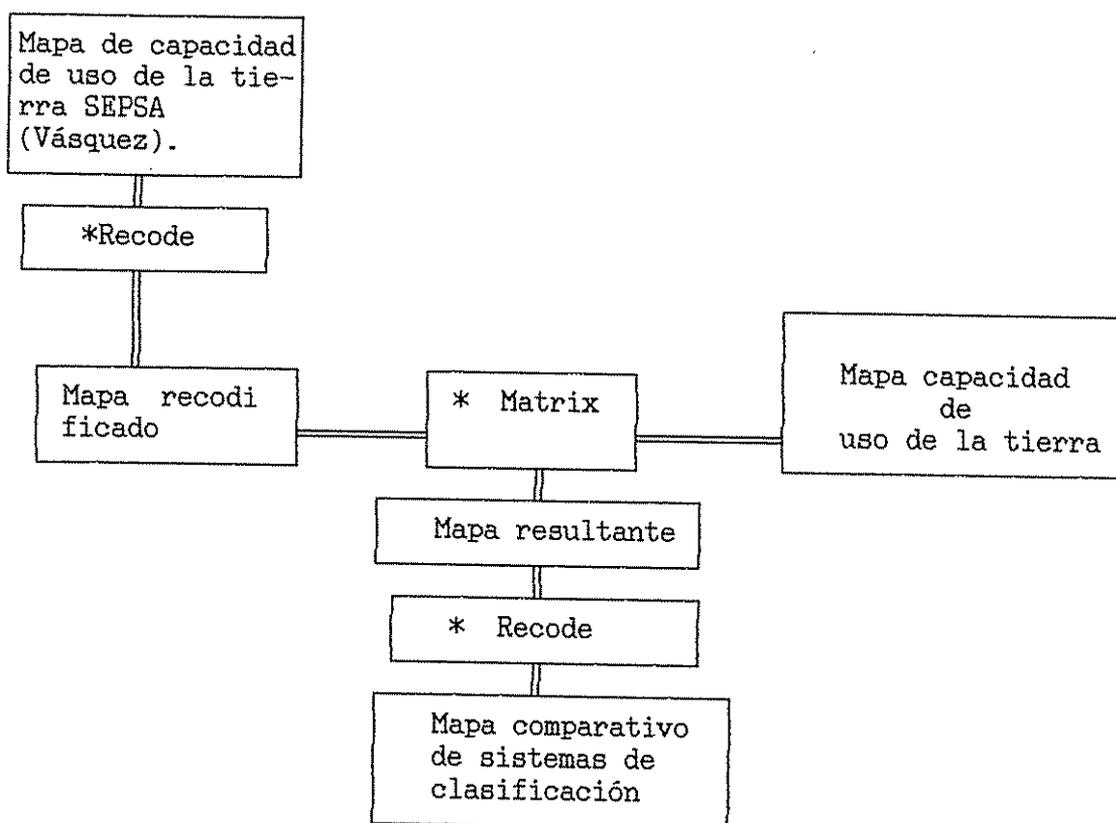
El mapa de capacidad de uso de la tierra de acuerdo a datos de campo, se generó en tres áreas de la cuenca, a saber: Sector La Esperanza, parte alta de la cuenca donde nace el Río Turrialba; Sector Aquiares, parte media y Sector La Esmeralda, en la parte baja cerca de la ciudad de Turrialba. Las tres áreas cubrían una superficie de 422 ha un 5,7% del área total, en estas áreas se realizó un muestreo de pendientes, profundidad del suelo y uso actual de la tierra, para cada sector se tomaron treinta muestras, en total noventa dando una densidad de muestreo de 4,7 ha, en esta labor se utilizaron los mapas correspondientes de la cuenca, como un apoyo para realizar el muestreo, después de este proceso se confeccionó el mapa de capacidad de uso de la tierra de acuerdo a la metodología seleccionada en base a los datos de campo, que fue digitalizado en el Sistema ERDAS y así se creó el archivo GIS correspondiente, con el que se realizó la comparación de los sistemas.

La comparación se realizó utilizando una tabla de equivalencias (cuadro Nº 5), que permitiera dar igualdad a las diferentes clases de tierra de los dos sistemas.

Cuadro Nº 5 Tabla de equivalencias de clase de uso de la tierra, para los sistemas de clasificación USDA : Costa Rica - SEPSA y Criterio Dr. Prem Sharma.

Clase de tierra Criterio Sharma	Clase de pendiente (%)	Profundi- dad (cm)	Equivalencia, clase de tie- rra USDA - Costa Rica - SEPSA
I a	0 - 1,5	> a 40	I
I b	1,5- 8	> a 40	II
II	8 - 15	> a 40	III
III	15 - 25	> a 20	IV
IV	25 - 35	> a 0	VI
V a	35 - 50	> a 0	VII
V b	> a 50	> a 0	VIII

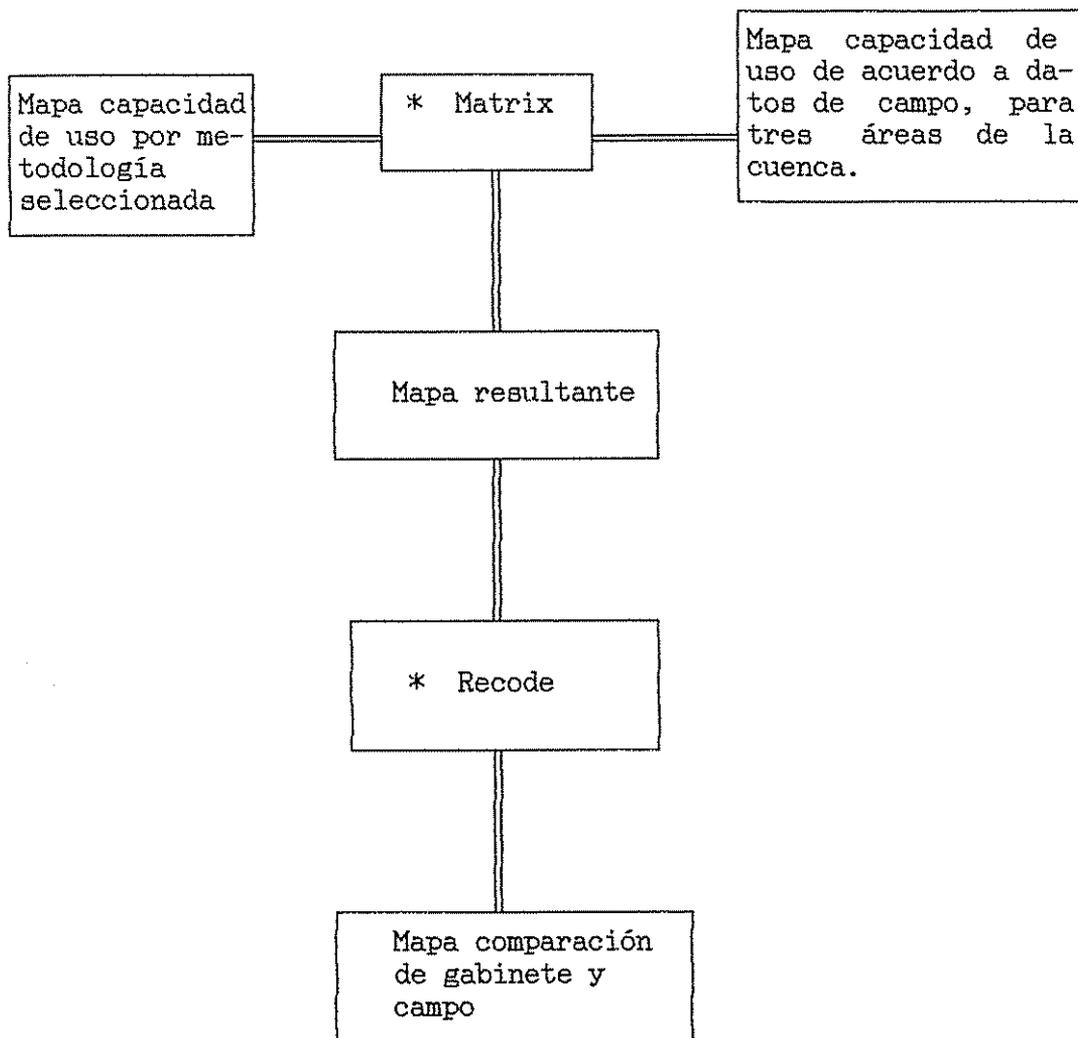
La primera comparación realizada fue la de los sistemas de SEPSA y Criterio FAO/SHENG/SHARMA, ésta se obtuvo sobreponiendo los mapas correspondientes y luego se recodificó el mapa resultante, bajo el criterio de comparación correcta e incorrecta, en la (figura Nº 14) se presenta el procedimiento.



(*) Comandos usados en el módulo GIS del ERDAS

Figura NO 14 Esquema utilizado para obtener mapa resultante de la comparación de la Capacidad de Uso de SEPSA (Vásquez) y Capacidad de uso de acuerdo a metodología seleccionada.

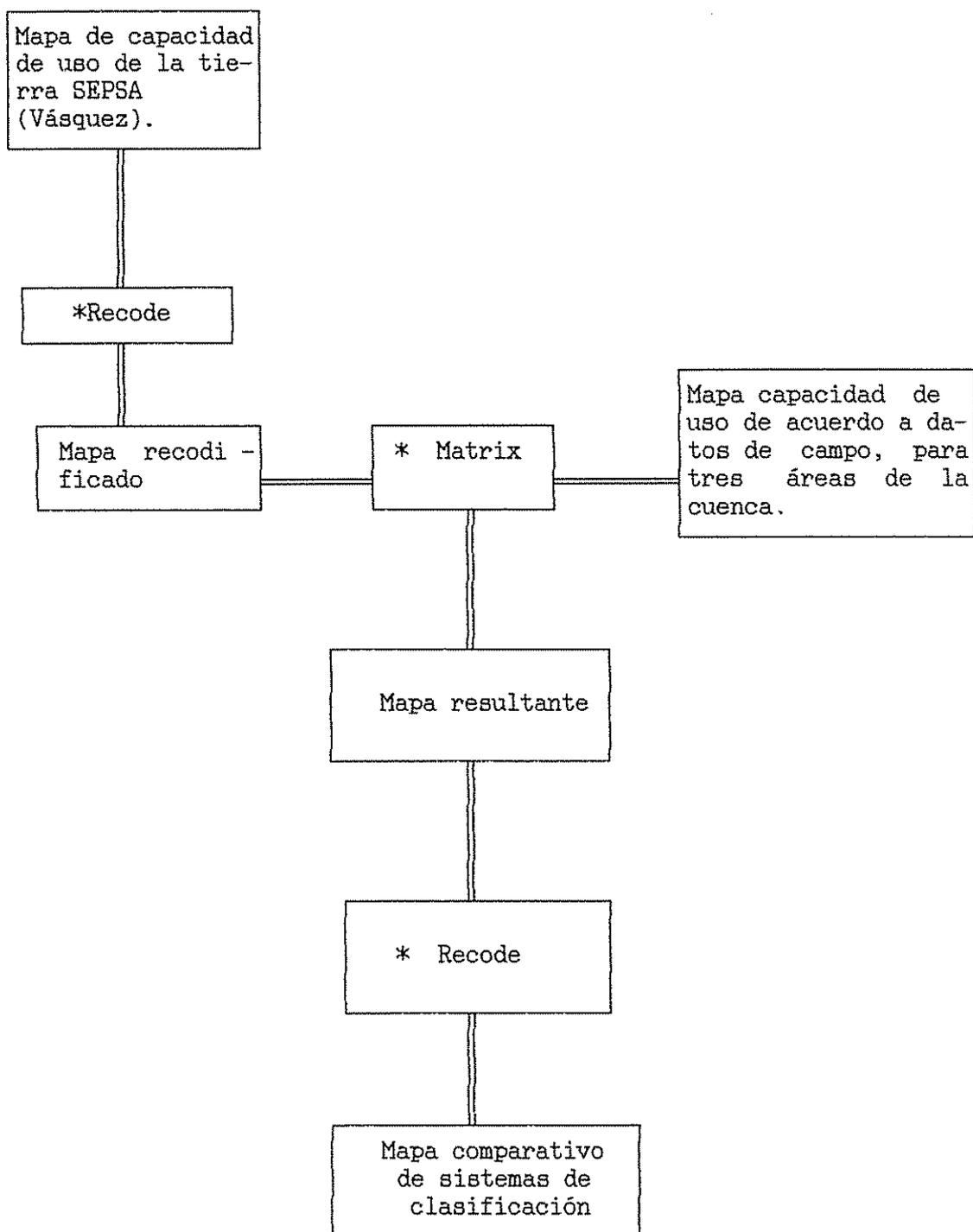
El mapa de capacidad de uso de la tierra bajo el criterio elegido, se sobrepuso al mapa de capacidad de uso de las tres áreas, el mapa resultante fue recodificado de acuerdo a los criterios utilizados en el mapa anterior, obteniéndose así la comparación del Sistema FAO/SHENG/SHARMA y la realidad de campo, en el esquema de la (figura NO 15), se muestra el método.



(*) Comandos usados en el módulo GIS del ERDAS

Figura Nº 15 Esquema utilizado para obtener mapa resultante de la comparación de la Capacidad de Uso en base a datos de campo, para tres áreas de la cuenca.

Posteriormente se sobrepuso el mapa de capacidad de la tierra de acuerdo a SEPSA y el mapa de capacidad de uso para las tres áreas, luego se recodificó el mapa resultante, en base al criterio de comparación correcta e incorrecta, el procedimiento se muestra en la figura Nº 16.



(*) Comandos usados en el módulo GIS del ERDAS

Figura Nº 16 Esquema utilizado para obtener mapa resultante de la comparación de la Capacidad de Uso de la Tierra de SEPSA (Vásquez) y Capacidad de Uso de acuerdo a datos de campo, para tres áreas de la cuenca.

4.2.7 Metodología para obtener datos socioeconómicos

Se realizó un Reconocimiento Rápido Rural (RRA), en los diferentes sectores de la cuenca (poblados) en total once, ver cuadro Nº 6, permitiendo conocer las condiciones socioeconómicas en que se desarrollan los diferentes agricultores de la cuenca, pues se entrevistó a dirigentes comunales, propietarios de fincas (grandes, medianos y pequeños), administradores y peones, facilitando obtener información importante, que luego se analizó para conocer las tecnologías que los agricultores utilizan al momento de manejar y conservar la tierra, así como los cultivos tradicionales y los inconvenientes para producir, como también las necesidades más importantes por ellos sentidas.

Cuadro Nº 6 Poblados donde se realizó el Reconocimiento Rápido Rural, por sectores en la cuenca del Río Turrialba

Poblado	Sector
Palmital	Alto
La Esperanza	
La Reunión	
La Pastora	
Coliblanco	
Alto la Victoria	Medio
Aquiares	
La Esmeralda	
Colorado	Bajo
San Juan Norte	
El Recreo	

Este reconocimiento sirvió, para conocer a través de los agricultores, los cambios en el uso de la tierra o la dinámica, que ocurrió en los años anteriores al momento de la investigación y también en décadas pasadas, este representa una ventaja porque permite dirigir, acciones más concretas a nivel de poblados, tipo de finqueros, aspectos que no se pueden determinar con el análisis de la dinámica del uso de la tierra, por lo que el RRA es una herramienta muy útil, para cumplir con este objetivo.

5. RESULTADOS

5.1. Uso de la tierra realizado por los agricultores, en el período de 1978 a 1988

5.1.1. Uso de la tierra, año 1978

Este fue determinado con la utilización de fotografías aéreas (figura Nº 17), en el cual se pudo diferenciar cinco usos de la tierra, que seguidamente se describirán y se presentan en el (gráfico Nº 1).

Uso urbano

Se identificó la ciudad de Turrialba, que para este año ocupaba un 1,35% del área total.

Uso agrícola

En esta categoría se encontraban el 27,73%, de las tierras del área de estudio, ubicándose en las partes media y baja, los cultivos más importantes eran café y caña de azúcar, los cuales se encontraban en manos de grandes finqueros, determinado por el patrón de tenencia observado.

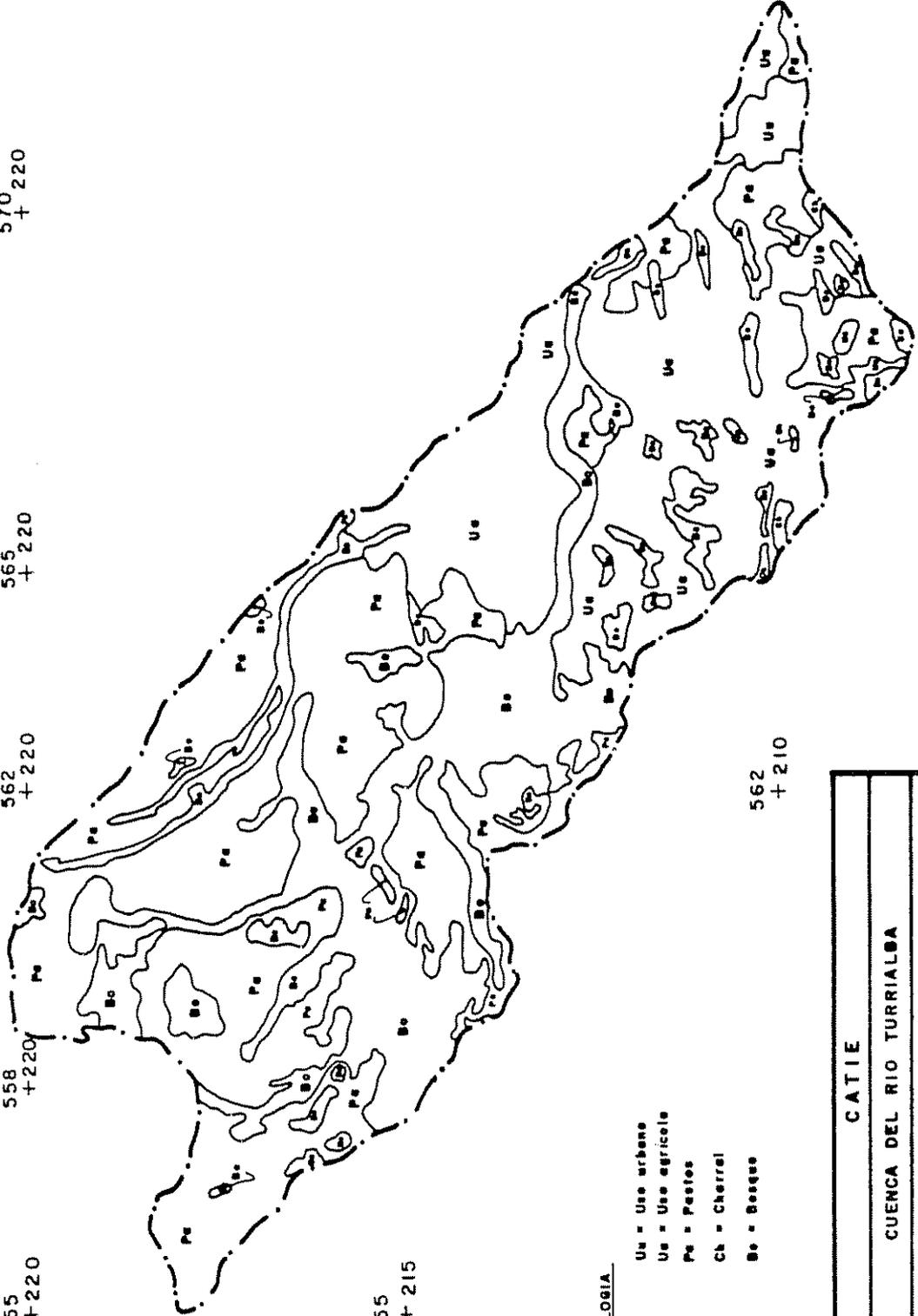
Pasto

Este tipo de cobertura vegetal representaba el 40,12% de la superficie total de la cuenca, siendo este el mayor uso en relación a los otros, localizándose por toda la cuenca, mostrando que en ese año la ganadería era una actividad productiva muy importante para los finqueros de la cuenca.

N 555 +220 558 +220 562 +220 565 +220 570 +220 574 +220

555 +215 574 215+ 574 210+

574 207+ 570 +207 565 +207 574 207+



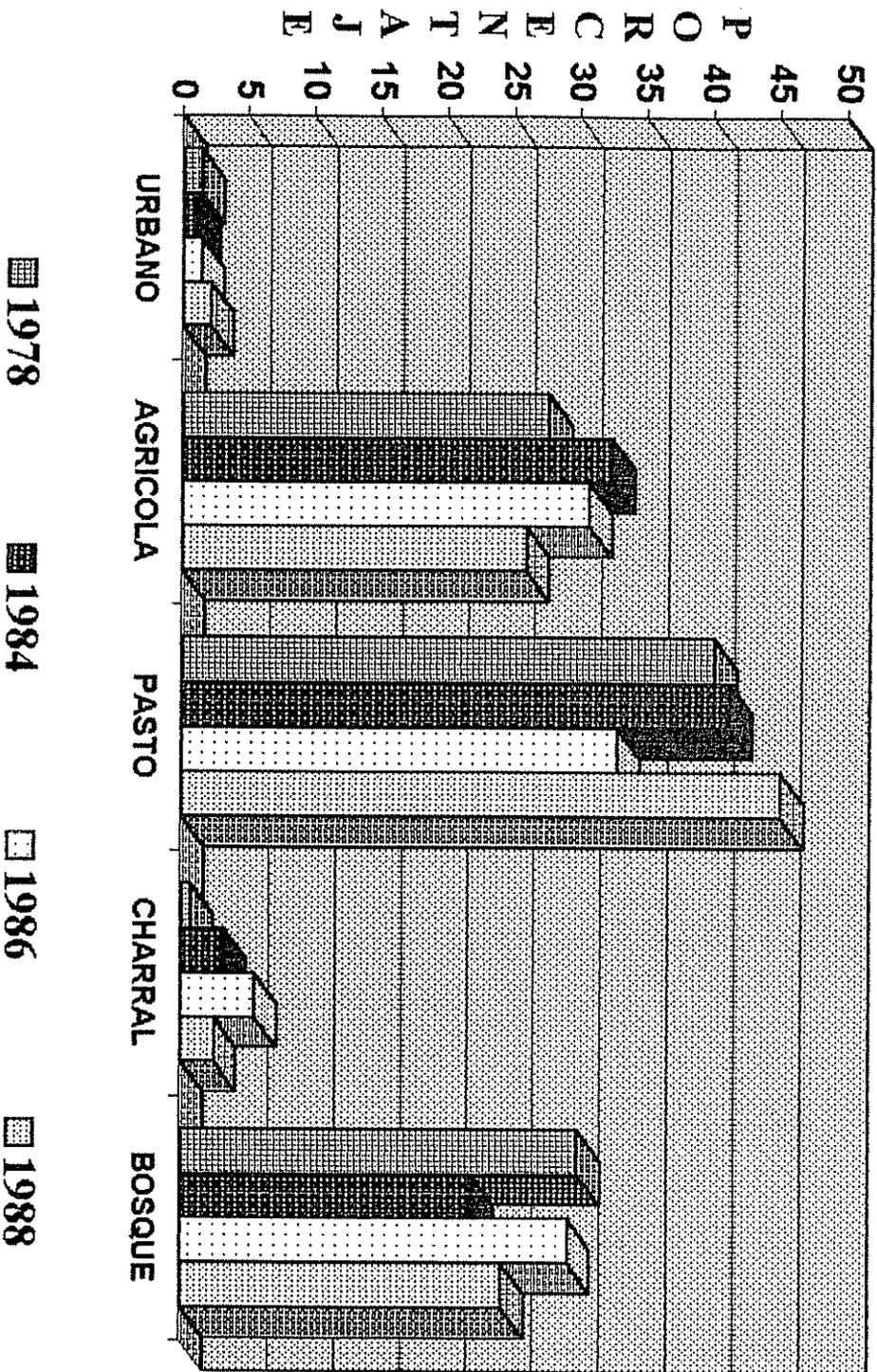
SIMBOLOGIA

- Ua = Use urbano
- Ua = Use agrícola
- Pa = Pastos
- Ch = Cherral
- Bo = Bosque

CATIE	
CUENCA DEL RIO TURRIALBA	
Mapa de: USO DE LA TIERRA, 1978	
Escala: 1 : 85,000 aprox.	Elaboró: Carlos Alb. Celis Sanchez
Fecha: ENERO, 1991	Área: 7,991.10 ha
Fuente: Fotografías aéreas, a escala: 1:35,000 del I.G.M. para el año 1978.	

Figure N° 17

GRAFICO # 1
USOS DE LA TIERRA. CUENCA RIO TURRIALBA. AÑOS 1978-1988



Charral

Un 0,79% del área de estudio, era cubierto por charrales, los cuales se ubicaban en la parte baja de la cuenca, áreas destinadas para permitir el descanso de los suelos, que luego en otros años se utilizarían en cultivos u otras actividades.

Bosque

Estos cubrían un área que representaba el 30,02% de la extensión total, localizándose en toda la cuenca, pero en una forma muy dispersa, en cañones de ríos y terrenos con topografías muy quebradas, en los cuales el agricultor no podía desarrollar actividades productivas con buen éxito.

5.1.2. Uso de la tierra, año 1984

Con fotografías aéreas se determinó el uso de la tierra (figura N^o 18), en el gráfico N^o 1 se presentan los cinco usos diferenciados y seguidamente se describen.

Uso urbano

Bajo esta clasificación se identificó la ciudad de Turrialba, que en ese año cubría un 1,07% de la superficie total estudiada.

Uso agrícola

Este uso de la tierra representaba un 32,53%, del área total de la cuenca, en la parte alta se encuentran áreas pequeñas que podrían haber sido

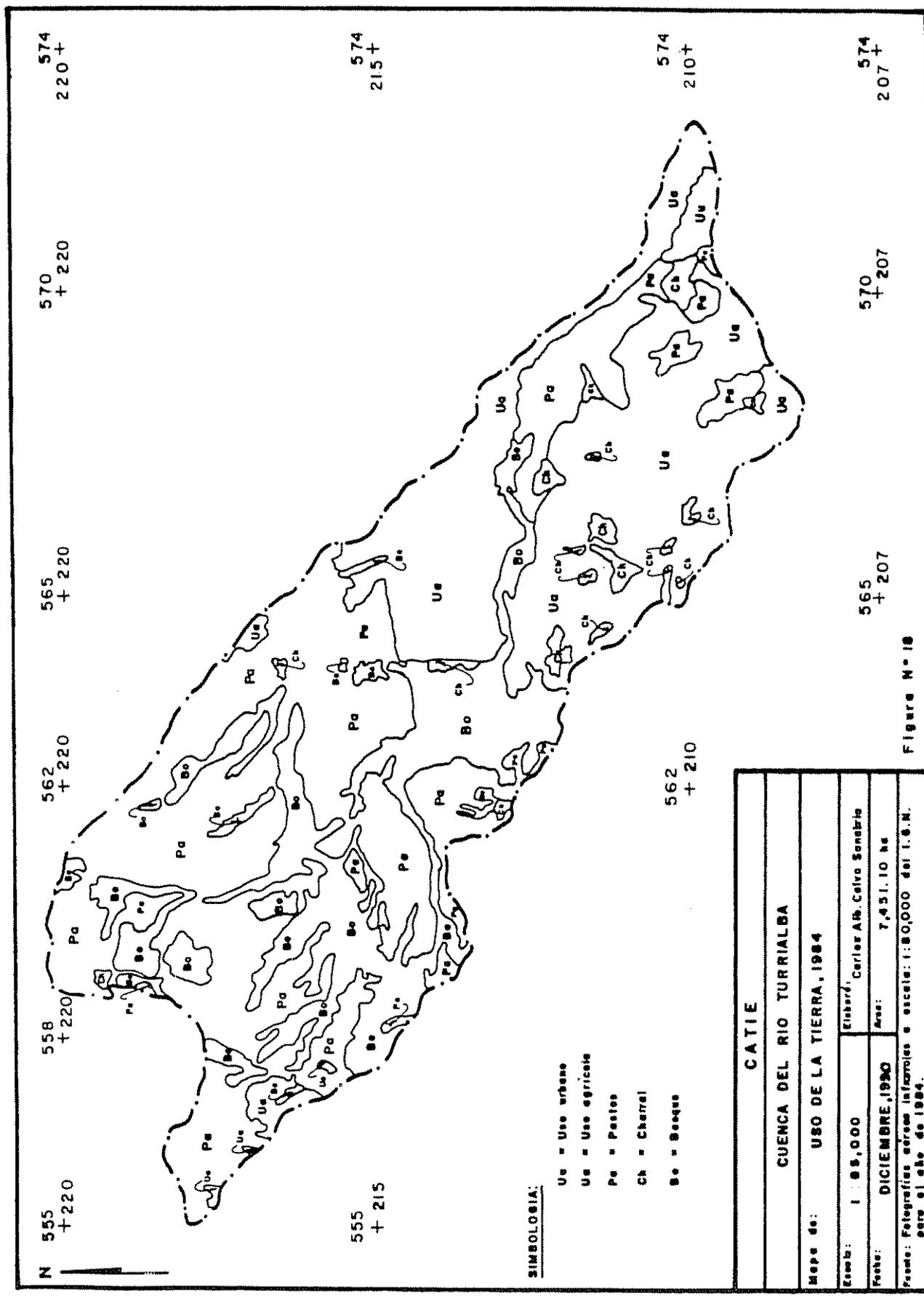


Figure N° 18

destinadas al cultivo de la papa, en las partes media y baja es donde se concentran las áreas de cultivos, los más importantes : caña de azúcar y café.

Pasto

Para este año la cobertura de pastos ocupaba un 41,26% de la extensión del área de estudio, este es el uso más importante con respecto a los otros en cuanto a área, en la parte alta es donde se localizan las mayores extensiones de pastos, como también se localizan en las otras partes de la cuenca, siendo la ganadería la actividad productiva principal en este año.

Charral

Este uso representaba un 3,23% de la superficie total, localizándose en las partes media y baja de la cuenca hidrográfica, estas áreas tuvieron un aumento en relación al año 1978, en algunos casos a expensas de una disminución de los bosques.

Bosque

En este año los bosques abarcaban una extensión equivalente al 21,91% de la cuenca, encontrándose en la cuenca de la parte media hacia la parte alta, principalmente alrededor de los cañones de los ríos afluentes del Río Turrialba, y también a la orilla de este río.

5.1.3. Uso de la tierra, año 1986

Este fue obtenido a través del análisis y clasificación de una imagen de satélite para este año, el cual se presenta en la figura N^o 19, la distribución de los usos encontrados se observan en el gráfico N^o 1, los cuales se describen a continuación.

Uso urbano

En este año este uso ocupaba un 1,40% del área total, bajo esta clasificación se identificó el núcleo correspondiente a la ciudad de Turrialba.

Uso agrícola

El 30,78% de la superficie total de la cuenca se encontraba bajo este uso, la mayor concentración de estas áreas se ubican en las partes media y baja, determinándose que los cultivos café y caña de azúcar son los más importantes, y en la parte alta se encuentran algunas áreas bajo este uso.

Pasto

Se determinó que el 32,95% del área total de estudio, se encontraba cubierta por este tipo de uso de la tierra, siendo el uso más importante aunque en una menor proporción que en los años anteriores, en toda la cuenca se localiza este tipo de uso pero mayormente en la parte alta, ya que es una zona tradicionalmente ganadera.

Charral

En este año el 3,58% del área de estudio era representada por este uso de la tierra, encontrándose por las partes baja y media mayormente y en la parte alta en pequeñas áreas, muchas de estas tierras eran dejadas por los agricultores en descanso para destinarlas a otras actividades productivas más rentables, o por permitir que los suelos se recuperarán de la utilización intensiva que los propietarios realizan.

Bosque

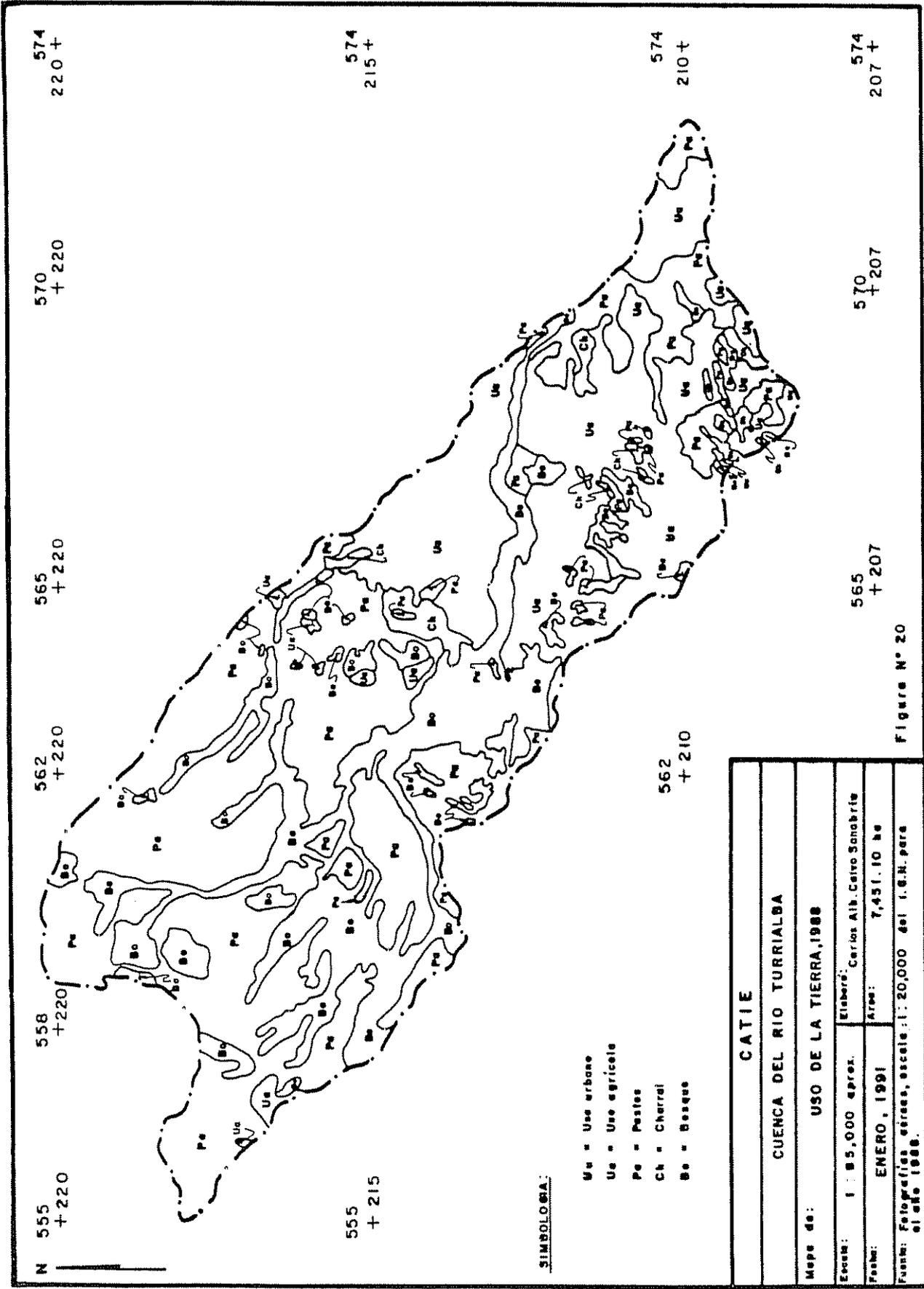
El área cubierta por los bosques, correspondía a un 29,29% de la superficie total, se localizan principalmente en las partes media y alta con mayores extensiones, y en la parte baja en pequeñas áreas.

5.1.4. Uso de la tierra, año 1988

Se determinó a través de fotografías aéreas a escala 1 : 20.000, en la figura N° 20 se presenta el uso de la tierra, y en el gráfico N° 1 se observa el comportamiento de este uso en el año 1988, el cual seguidamente se describe.

Uso urbano

Se identificó la ciudad de Turrialba, la cual abarcaba un 2,09% de la superficie total de la cuenca.



N 555 + 220 558 + 220 562 + 220 565 + 220 570 + 220 574 + 220 +

555 + 215 574 215 + 574 210 +

570 + 207 565 + 207 570 + 207 574 + 207 +

SIMBOLOGIA:

- Ua = Use urbano
- Ua = Use agrícola
- Pe = Pastos
- Ch = Cherral
- Bo = Bosque

CATIE

CUENCA DEL RIO TURRIALBA

USO DE LA TIERRA, 1988

Escala:	1 : 85,000 aprox.	Elaboró:	Carlos Alb. Calvo Sanabria
Fecha:	ENERO, 1991	Área:	7,431.10 ha
Fuente: Fotografías aéreas, escala 1 : 20,000 del I.G.N. para el año 1988.			

Figura N° 20

Uso agrícola

En este uso se encontraba un 25,97% de la extensión total, localizándose en pequeñas áreas en la parte alta, y en las partes media y baja las mayores extensiones que están bajo cultivo de caña de azúcar y café.

Pasto

Este tipo de cobertura vegetal representaba el 45,16% del área total, pequeñas áreas se ubican en la parte baja, a diferencia de las partes media y alta donde se encuentran mayores extensiones, siempre es el uso más predominante en la cuenca.

Charral

Un 2,50% del área estudiada se encontraba cubierto por charrales, ubicándoseles en las partes media y baja de la cuenca, en áreas muy reducidas.

Bosque

Los bosques cubrían una extensión equivalente al 24,29% de la superficie total, estos se encontraban en toda la cuenca, pero en mayores extensiones en la partes media y alta, los cuales cubren áreas de topografía muy quebrada y orillas de ríos y quebradas que son de difícil acceso para los agricultores, además de estar protegidos por la Ley Forestal para que no sean deforestadas.

5.2. Análisis de la dinámica del uso de la tierra ocurrida en el período 1978 a 1984

En este período hubo un cambio de los usos de la tierra, determinados para el año 1984 con respecto al año 1978, y eso se comprueba al verificar el cuadro Nº 7, en el gráfico Nº 2 se observa el comportamiento ocurrido en ese período.

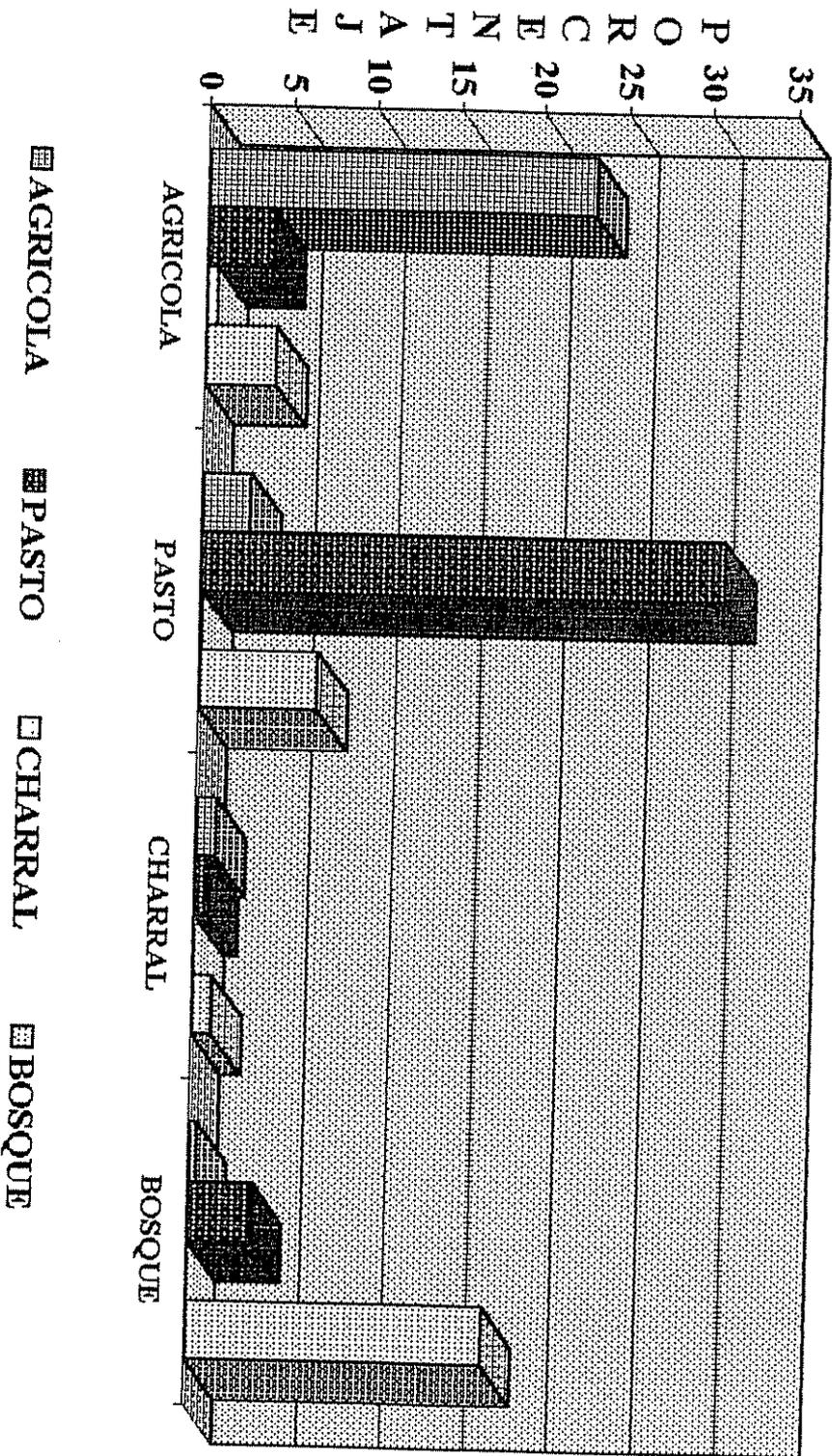
Cuadro Nº 7 Comparación del uso de la tierra en los años 1978 y 1984

Uso de la tierra	Año 1978		Año 1984	
	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%
Uso Urbano	100,26	1,35	79,92	1,07
Uso Agrícola	2066,13	27,73	2423,52	32,53
Pastos	2989,08	40,12	3074,58	41,26
Charral	59,13	00,79	240,48	3,23
Bosques	2236,50	30,02	1632,60	21,91

Con respecto al uso urbano, no fue que disminuyó la infraestructura presente en el año 1978, aquí propiamente sucedió que debido a la diferencia de escala de las fotografías aéreas para el año 1984 (escala 1:80.000), se dificultó la fotointerpretación, así como al transferir la información fotointerpretada en el Zoom Transfer Scope. Pero podemos asumir que este uso no tuvo grandes variantes, si comparamos que para el año 1986 un 1,40% del área total, se encontraba bajo este uso, significando esto que ocurrió un aumento del 0,05% en un período de ocho años.

El uso agrícola aumentó en un 4,8% en este período, correspondiendo a 357,39 ha, de acuerdo al

GRAFICO # 2 DINAMICA USO DE LA TIERRA DE 1978 A 1984



CONTRIBUCION/CAMBIO DE UN USO PARA OTRO USO EN 1984 DESDE 1978

análisis realizado con el sistema ERDAS y presentado en el gráfico N° 2, se determinó que el área bajo uso agrícola se conformaba de áreas que en el año 1978 se encontraban en otros usos, principalmente el uso de pastos aportó un 4,00%, o sea 297,72 ha de pastos, pasaron a ser utilizadas por los finqueros en cultivos.

Áreas que se encontraban con cobertura de charrales, para el año 1984 incorporaron un 0,65% del área (48,78 ha) a tierras agrícolas, puede ser que estaban siendo descansadas por sus propietarios, para obtener una mayor productividad de los suelos. El uso de la tierra de bosques colaboró con un 4,21% de la superficie total al aumento del uso agrícola, esto nos indica que entre los años 1978 a 1984, se deforestaron 313,38 ha para sembrar cultivos. Las tierras bajo uso agrícola en el año 1978, de acuerdo a lo obtenido en el año 1984 nos muestra que no variaron a otros usos una superficie de 1726,65 ha y que de acuerdo al área presente en el año 1978, una extensión que representaba un 4,56% del área de la cuenca disminuyó, siendo cambiadas a otros usos.

Las áreas cubiertas por pastos en este período aumentaron un 1,14 % (85,5 ha), estas tierras se conformaban del aporte resultante del cambio ocurrido en otros usos, el área de 217,08 ha que representa un 2,91% del área total, que en el año 1978 se encontraba cubierta de cultivos pasó a ser en el año 1984 tierras de pastoreo, las tierras bajo charrales aportaron 7,56 ha (0,1%), a las áreas de pastos y los suelos con cubierta boscosa, un 7,02% de la cuenca fueron deforestados para dar paso a las tierras cubiertas por pastos. El uso de la tierra

de pastos del año 1978 al año 1984, mantuvo una superficie correspondiente a 31,23% (2326,77 ha) y comparando con el área que en el año 1978 abarcaba 2989,08 ha, este uso disminuyó en 662,31 ha, que fueron cambiadas a otros usos.

Los suelos cubiertos por charrales en los años analizados aumentaron en un 2,44%, las tierras de cultivos pasaron en 90,09 ha a ser charrales, para que fueran descansadas de las prácticas agrícolas intensas, que causan pérdida del suelo y con ello la productividad de una capa importante de este, un porcentaje correspondiente a 0,84% (62,55 ha) de tierras de pastoreo fueron incorporadas a charrales, por que se abandonaron potreros que luego empezaron a cubrirse de maleza, con la consiguiente formación del charral; el uso de la tierra de bosques en una extensión de 84,96 ha fueron cambiados a charrales, o sea se taló esa superficie.

De las tierras que en el año 1978 estaban en cobertura de charrales solo 2,79 ha se mantuvieron como tal para el año 1984, existiendo una disminución de 56,34 ha en este uso, que se dedicaron a otros usos.

Las tierras cubiertas por bosques entre los años 1978 y 1984, disminuyeron en un 8,11% en el área total de la cuenca, correspondiendo a un cambio de uso de la tierra de 603,9 ha de bosques, que pasaron a formar parte de otros usos, de los cuales se ha hecho la referencia en los usos anteriormente descritos, las tierras agrícolas en un 0,43% pasaron a formar bosques, o sea 32,13 ha pudieron ser reforestadas, o dejadas a que se regenerarán

naturalmente, que bien pudo ser posible en un período de seis años y conociendo la respuesta que tiene el jaúl (Alnus acuminata) en dichas condiciones, las tierras de pastoreo pasaron a ser bosques en una extensión de 285,21 ha, pudiendo haber sido reforestadas o potreros que fueran abandonados, lo cual permitiera la aparición de la sucesión ecológica hacia la conformación del bosque.

Tomando en cuenta la superficie que se mantuvo bajo bosques del año 1978 al año 1984, la que correspondía a 1315,26 ha, existió una deforestación de 921,24 ha o sea este uso de la tierra disminuyó en un 12,36%, con referencia al área total de bosques presentes en el año 1978.

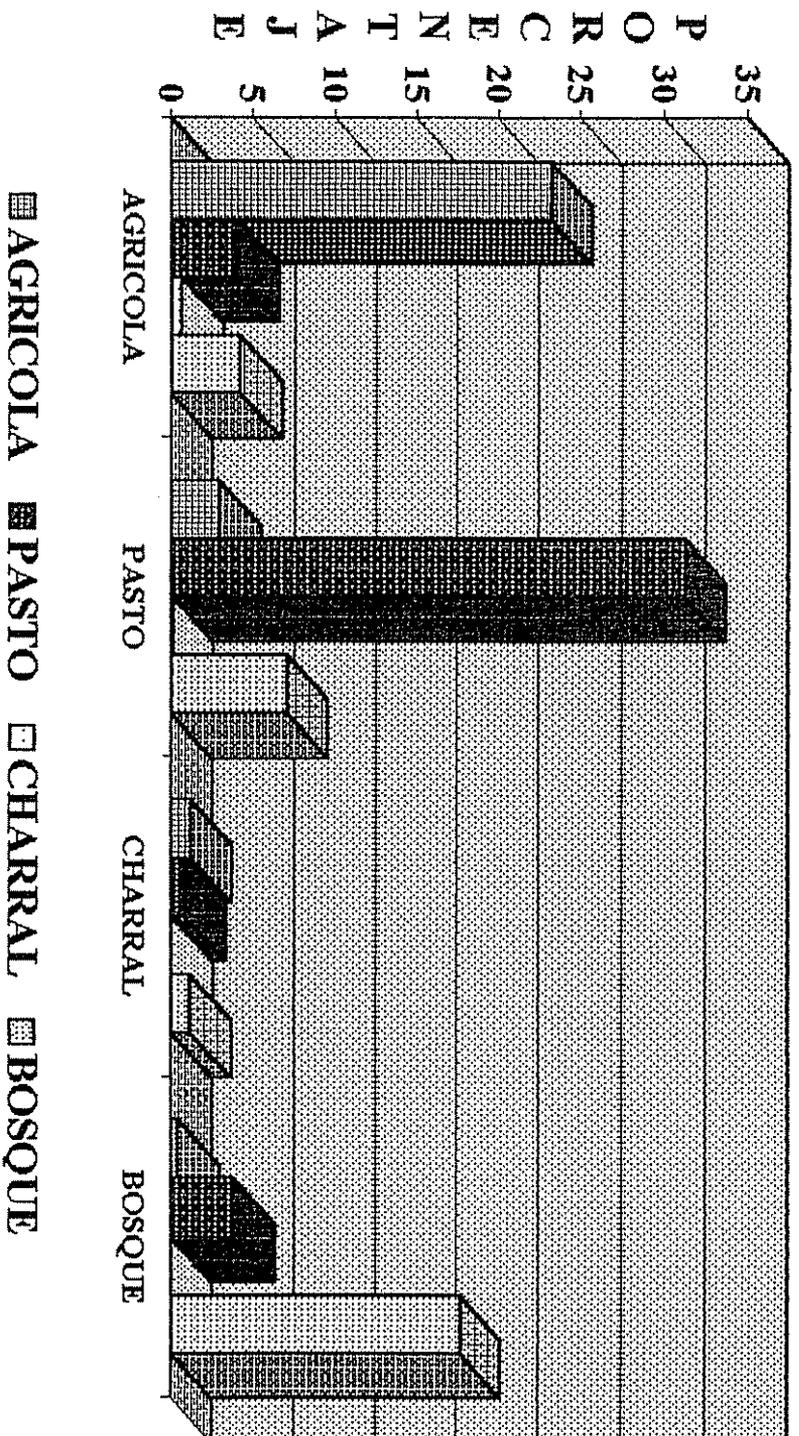
5.3. Análisis de la dinámica del uso de la tierra ocurrida en el período 1984 a 1986

Este período es más corto que el analizado anteriormente, pues se debió a la disponibilidad de información existente, el comportamiento de los cambios en los usos de la tierra se muestran en el cuadro N^o 8 y en el gráfico N^o 3, estos cambios seguidamente se describen.

Cuadro N^o 8 Usos de la tierra en los años 1984 y 1986.

Uso de la tierra	Año 1984		Año 1986	
	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%
Uso Urbano	79,92	1,07	104,40	1,40
Uso Agrícola	2423,52	32,53	2293,38	30,78
Pastos	3074,58	41,26	2455,38	32,95
Charral	240,48	3,23	415,44	5,58
Bosques	1632,60	21,91	2182,50	29,29

GRAFICO # 3
DINAMICA USO DE LA TIERRA DE 1984 A 1986



CONTRIBUCION/CAMBIO DE UN USO PARA OTRO USO EN 1986 DESDE 1984

El uso urbano no habría presentado, cambios sustanciales como ya se había explicado con anterioridad, pues en ocho años solo mostró un aumento de apenas 0,05% con referencia al área total.

En cuanto al uso agrícola sufrió una disminución del 1,75% entre estos años, pero las tierras bajo uso agrícola para el año 1986, eran constituidas por tierras que en el año 1984 se encontraban en otras coberturas, las tierras de pastoreo aportaron 594,81 ha al uso de tierras en cultivos, dejándose de trabajar estas tierras en actividades ganaderas; un porcentaje correspondiente a 1,58% que eran charrales en el año 1984 pasaron a ser tierras agrícolas mostrando que ya habían sido dejadas en descanso; las tierras bajo cobertura boscosa fueron incorporadas a tierras de cultivos, en una superficie que representa el 2,54% del área de estudio, significando esto que se deforestaron 189,09 ha para sembrar cultivos; del área encontrada bajo uso agrícola en el año 1984 y que en el año 1986 estaba en esa cobertura (1371,06 ha), nos muestra que hubo una disminución de 1052,46 ha, que vinieron a formar parte de otros usos de la tierra.

Las tierras de pastoreo en el período de análisis, sufrieron una disminución del 8,31%, estas tierras aportaron áreas a otros usos de la tierra, las tierras agrícolas pasaron a formar parte de las tierras en cobertura de pastos, en una superficie de 539,91 ha, dejándose de cultivar estas tierras para dedicarlas a la ganadería; las áreas destinadas a charrales en 1984, aumentaron las tierras de pastos en 38,97 ha, mientras que las tierras boscosas incorporaron un 3,56% a las tierras bajo cobertura de

pastos, significando una deforestación de 265,23 ha con el propósito de convertir esas tierras en pastos. Las tierras de pastoreo del año 1984 al año 1986, mantuvieron una extensión correspondiente a 21,53% (1604,43 ha), y si lo comparamos con el área que en el año 1984 cubría 3074,58 ha, este uso disminuyó en 1470,15 ha, que fueron destinadas a otros usos de la tierra.

Los suelos bajo cubierta vegetal de charrales en el período de estudio, aumentaron 174,96 ha, y estas tierras de charrales se conformaban de áreas que en el año 1984, formaban parte de otros usos; las tierras de cultivos pasaron a ser charrales en una extensión de 94,14 ha, las tierras bajo pastoreo dejaron de ser utilizadas en este uso, en una superficie de 244,53 ha, las que en el año 1986 se constituyeron en charrales, la tierras boscosas fueron incorporadas a uso de charrales en una área de 60,84 ha, que nos indica que se talaron esa cantidad de hectáreas para convertirlas en charrales.

Las tierras que en el año 1984 se encontraban como charrales, solo 15,84 ha se encontraban como tal en el año 1986, mostrándonos una disminución de 224,64 ha en este uso de la tierra, que fueron destinadas a otros usos.

Entre los años 1984 y 1986, las tierras cubiertas por bosques aumentaron en 549,9 ha en el área total de la cuenca, representando el cambio de áreas bajo otros usos de la tierra, las tierras cultivables en una superficie de 370,53 ha, se convirtieron en zonas boscosas, los suelos que se encontraban en pastoreo en el año 1984, en una

extensión de 626,04 ha fueron dedicadas al uso de la tierra de bosques, y las tierras cubiertas por charrales pasaron a ser bosques, en 67,59 ha.

Con respecto al año 1984 las tierras bajo bosques se mantuvieron en una superficie de 1117,26 ha, significando esto que hubo una deforestación de 515,34 ha, con referencia al uso que se había destinado a cobertura boscosa en el año 1984, lo cual permitió aumentar otros usos de la tierra.

5.4. Análisis de la dinámica del uso de la tierra acontecida entre los años 1986 y 1988

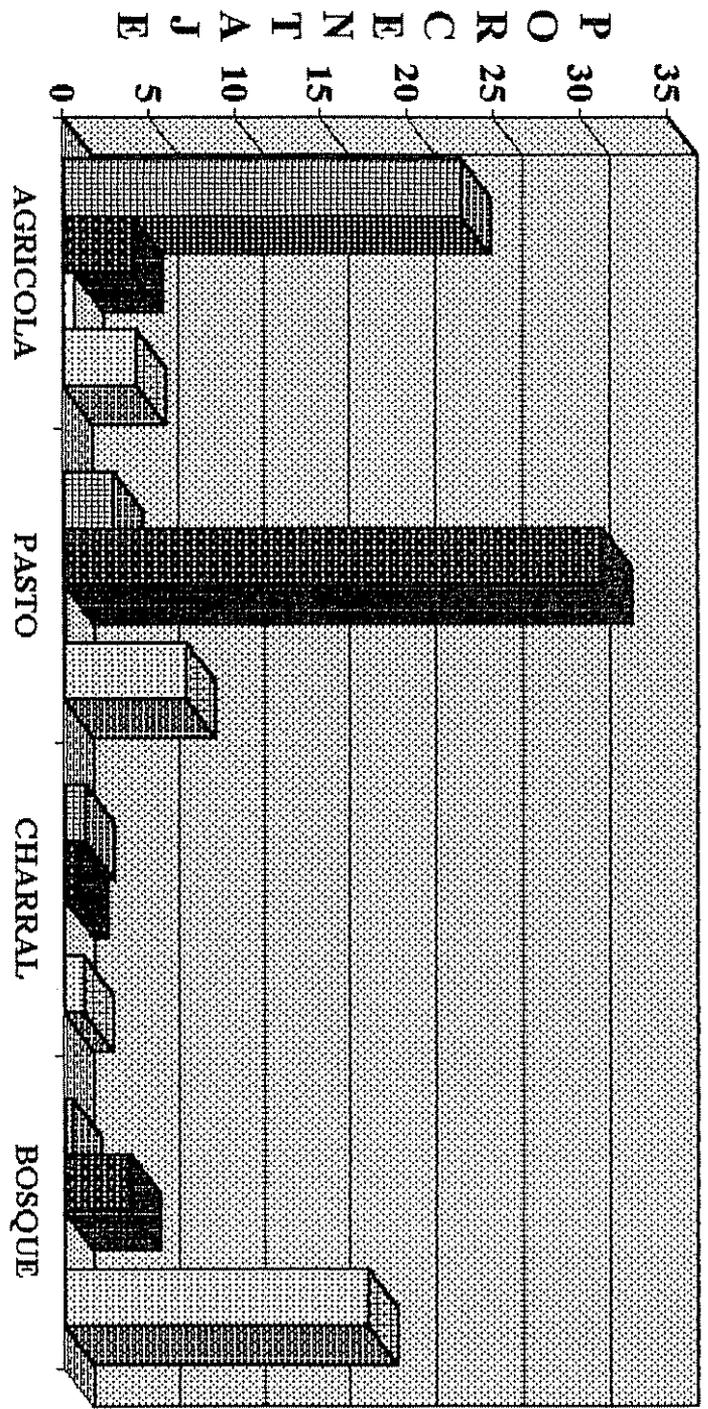
El comportamiento de los cambios en los usos de la tierra sucedidos en este período, se presentan en el cuadro Nº 9 y se muestran en el gráfico Nº 4 y que describiremos seguidamente.

Cuadro Nº 9 Comparación del uso de la tierra en los años 1986 y 1988.

Uso de la tierra	Año 1986		Año 1988	
	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%
Uso Urbano	104,40	1,40	155,70	2,09
Uso Agrícola	2293,38	30,78	1935,09	25,97
Pastos	2455,38	32,95	3364,56	45,16
Charral	415,44	5,58	185,94	2,50
Bosques	2182,50	29,29	1809,81	24,29

El uso urbano aumentó 0,69 por ciento en el año 1988, con respecto al área determinada en el año 1986, se nota que los aumentos de este uso no son muy grandes, mostrando que la ciudad de Turrialba no ha tenido un crecimiento desproporcionado.

GRAFICO # 4
DINAMICA USO DE LA TIERRA DE 1986 A 1988



AGRICOLA PASTO CHARRAL BOSQUE

CONTRIBUCION/CAMBIO DE UN USO PARA OTRO USO EN 1988 DESDE 1986

Con referencia al uso agrícola existió una disminución del área de 358,29 ha, las tierras con esta cobertura en el año 1988, eran constituidas por tierras que en el año 1986 estaban en otros usos, los suelos bajo pastos aportaron 438,03 ha al uso agrícola, dejando de producir estas tierras en actividades ganaderas; las tierras con cobertura de charrales en 1,17% (86,94 ha), para el año 1988 se encontraban en tierras cultivables; y las áreas boscosas en una extensión de 233,64 ha, fueron deforestadas para ser de uso agrícola en el año 1988.

El uso de la tierra agrícola del año 1986 al año 1988, mantuvo una extensión de 1154,70 ha (15,50%), y si la comparamos con el área que en el año 1986 se encontraba bajo uso agrícola (2293,38 ha), existió una disminución de 1138,68 ha, que fueron destinadas a otros usos de la tierra.

Las áreas cubiertas por pastos en este período aumentaron en una superficie de 909,18 ha, estas tierras se conformaban del aporte resultante del cambio ocurrido en otros usos, las tierras bajo uso agrícola en el año 1986 en un porcentaje de 9,04 del área total, vinieron a ser convertidas en pastos, las áreas de charrales aportaron un área correspondiente a 258,03 ha, que se dedicaron al pastoreo en el año 1988; las tierras bajo cobertura boscosa, 737,82 ha fueron deforestadas para ser incorporadas a las tierras de pastoreo. De las tierras que en el año 1986 estaban en cobertura de pastos solo 1688,58 ha se mantuvieron como tal para el año 1988, existiendo una disminución de 766,80 ha en este uso, que fueron convertidas a otros usos de la tierra.

Los suelos cubiertos por charrales en los años analizados tuvieron una disminución de 3,08 %, tierras que se incorporaron a otros usos productivos, las tierras agrícolas aportaron 85,59 ha, que probablemente eran dejadas en descanso por sus propietarios; los suelos cubiertos por pastos fueron dedicados a charrales en una superficie de 31,41 ha, potreros que eran abandonados por los finqueros, tal vez para dedicarlos luego a la agricultura u otra actividad; las tierras de cobertura boscosa fueron destinadas a charrales en un área correspondiente a 64,53 ha, lo que nos muestra una deforestación para cambiar a otro uso de la tierra. El uso de la tierra de charrales del año 1986 al año 1988, mantuvo una superficie correspondiente a 3,96 ha y si lo comparamos con el área que en el año 1986 abarcaba 415,44 ha este uso disminuyó 411,48 ha, que integraron otros usos en el año 1988.

Las tierras destinadas a bosques en el año 1988, tuvieron una disminución de 372,69 ha con relación al año 1986, lo cual corresponde a una deforestación con el propósito de convertir esos bosques en tierras de otros tipos de usos de la tierra, las tierras cultivables en un 4,38% (326,61 ha), fueron dedicadas a cobertura boscosa para el año 1988; las tierras bajo pastoreo aportaron 277,65 ha al uso de la tierra de bosques y aquellas áreas con cobertura charralosa en una superficie de 65,97 ha, fueron dedicadas por sus propietarios a ser bosques.

Tomando en consideración la superficie que se mantuvo bajo bosques del año de 1986 al año 1988, lo cual correspondía a 1139,49 ha, existió una deforestación de 1043,01 ha o sea las áreas de

bosques disminuyeron en un 14%, con referencia al área total de bosques presentes en el año 1986.

5.5. Análisis de la dinámica del uso de la tierra, ocurrida en el período de los años 1978 a 1988.

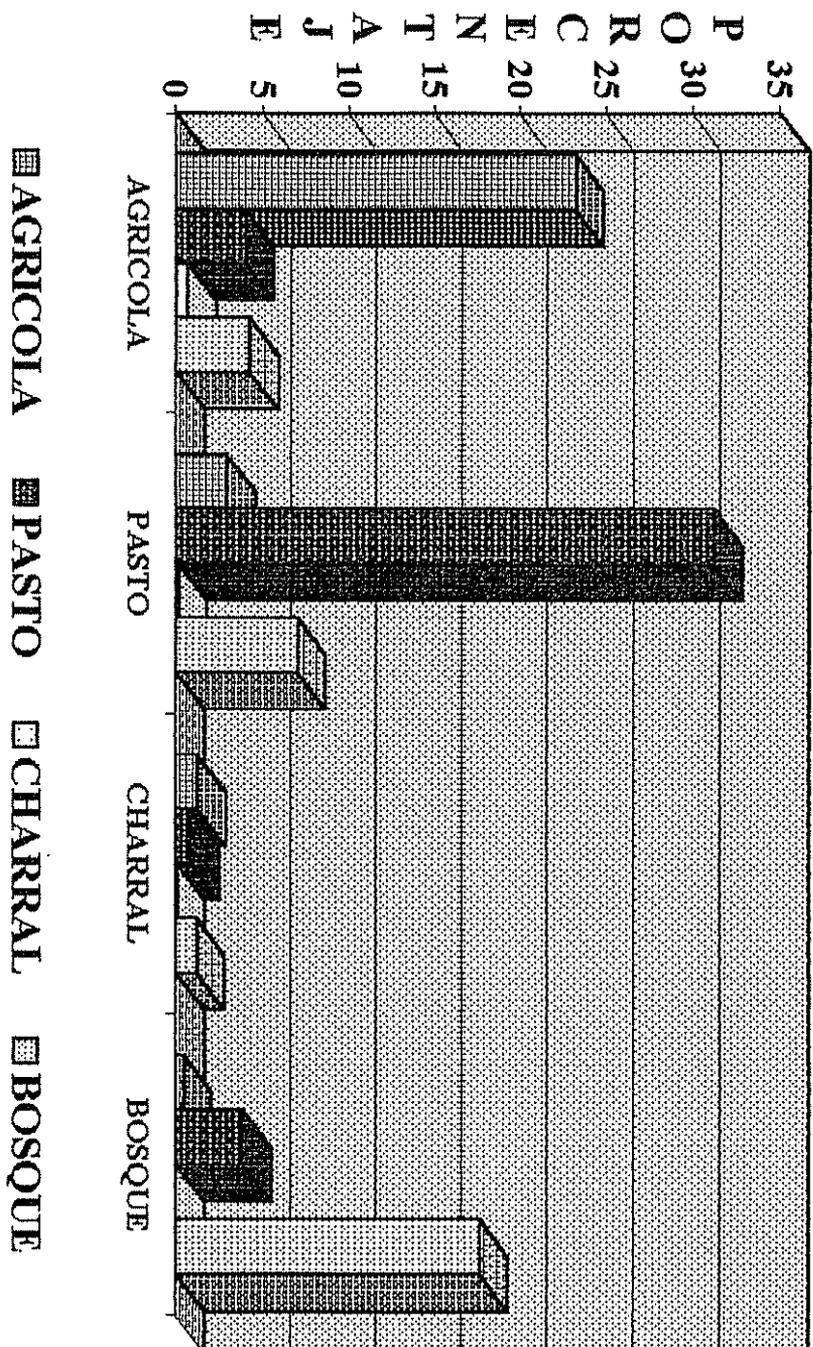
Dentro de este período de análisis, el cual es bastante amplio pues considera diez años de estudio, es más fácil apreciar los cambios de las diferentes coberturas vegetales, los que no son muy significativos en cuanto a área, pero que son más válidos debido a la confiabilidad lograda en la fotointerpretación realizada, pues se trabajó con fotografías aéreas de escalas 1:20.000 a 1:35.000, que permitieron obtener un mayor detalle, no así con los años 1984 y 1986. El comportamiento de los diferentes cambios de uso de la tierra, se describen seguidamente, y se presentan en el cuadro Nº 10 y en el gráfico Nº 5.

Cuadro Nº 10 Usos de la tierra determinados en los años 1978 y 1988.

Uso de la tierra	Año 1978		Año 1988	
	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%
Uso Urbano	100,26	1,35	155,70	2,09
Uso Agrícola	2066,13	27,73	1935,09	25,97
Pastos	2989,08	40,12	3364,56	45,16
Charral	59,13	0,79	185,94	2,50
Bosques	2236,50	30,02	1809,81	24,29

Con respecto al uso urbano, este experimentó un aumento de 55,44 ha, que muestra un crecimiento de 0,74% de la ciudad de Turrialba, la cual fue identificada bajo este uso, en esta categoría siempre existirá aumento o estabilidad, debido a que

GRAFICO # 5
DINAMICA USO DE LA TIERRA 1978 A 1988



CONTRIBUCION/CAMBIO DE UN USO PARA OTRO USO EN 1988 DESDE 1978

la infraestructura no se puede cambiar, pero este uso no causa destrucción de los recursos naturales importantes para mantener el equilibrio en la cuenca, pues la ciudad de Turrialba se localiza en la parte inferior del área de estudio. El uso agrícola en estos años, sufrió una disminución de 131,04 ha, lo que representa un 1,76% del área de estudio, correspondiendo a un cambio de uso de la tierra agrícola hacia otros usos, las tierras cultivables en el año 1988, se encontraban en otros usos en el año 1978; los suelos bajo pastoreo aportaron 125,19 ha a las tierras agrícolas, que dejaron de ser tierras ganaderas, porque la agricultura representaba para sus dueños una actividad más productiva; las tierras de charrales se convirtieron en una superficie de 32,94 ha en tierras cultivables, esto porque eran tierras dejadas por sus propietarios en descanso para que los suelos se recuperaran de las intensas labores culturales, y así en el año 1988 nuevamente se utilizaron en la agricultura; las áreas con cobertura boscosa en el año 1978, en una extensión neta global de 197,46 ha fueron deforestadas con la intención de destinarlas a tierras agrícolas, en forma global neta, los cambios actuales fueron explicados anteriormente.

La superficie que en el año 1978 estaba en tierras agrícolas, de esta un área de 1578,51 ha netas se mantenía en el año 1988 como suelos cultivables, mostrándonos que con respecto al área agrícola en el año 1978, se realizó un cambio de uso agrícola de 487,62 ha netas que fueron incorporadas a otras áreas. Los cambios actuales, se explicaron anteriormente.

El uso de la tierra de pastos entre los años de análisis, experimentó un aumento de su área de 375,48 ha para el año de 1988, que se debió al cambio de otras tierras a pastos; las tierras bajo uso agrícola aportaron 248,94 ha a suelos de pastoreo, que permitirían desarrollar la ganadería en estas tierras; las tierras con cobertura de charrales en el año de 1978 fueron cambiadas a tierras de pastoreo en una superficie de 12,96 ha; con respecto a las áreas con cobertura de bosques de 1978 a 1988, se deforestaron 651,24 ha netas para el desarrollo de los pastos de la ganadería de leche principalmente. El uso de la tierra de pastos del año 1978 al año 1988, mantenía una extensión de 2446,47 ha bajo esta cobertura, que implica una disminución de 542,61 ha en este uso, con relación al área que en el año 1978 se hallaba bajo pastos.

Las tierras destinadas a charrales aumentaron un 1,71 por ciento con relación al año 1978, tierras que en una superficie de 126,81 ha fueron cambiadas de otros usos a charrales; los suelos agrícolas del año 1978 en una extensión de 83,34 ha fueron dedicadas a descansar de las actividades agrícolas, para convertirse en charrales; las tierras de pastoreo aportaron 57,24 ha que fueron abandonadas convirtiéndose así en charrales; las áreas boscosas del año 1978 fueron deforestadas en 45,36 ha, permitiendo el establecimiento de charrales. No se encontraron tierras que en el año 1978 estuvieran bajo cobertura de charrales, y que se hallaran como tales en el año 1988, mostrándonos que estas tierras por ser utilizadas en muchos usos como: agrícola, pastos y bosques, era difícil determinar esta condición, así como que este uso siempre ha tenido

áreas muy pequeñas dentro de la cuenca.

El uso de la tierra de bosques experimentó una disminución de 426,69 ha, con referencia al área que bajo esa cobertura se encontraba en el año 1978, permitiendo esto que se aumentaran otros usos de la tierra en cuanto a superficie; estas tierras boscosas del año 1988 fueron conformadas por la incorporación de áreas que en el año 1978, se encontraban bajo otros usos, las tierras agrícolas aportaron 133,02 ha, que se convirtieron en bosques; las áreas bajo pastoreo en el año 1978, fueron cambiadas de uso para ser dedicadas a tierras boscosas en una superficie de 323,10 ha, las áreas con cobertura vegetal de charrales aportaron 11,25 ha, al uso de la tierra de bosques.

De las áreas que en el año 1978 se encontraban cubiertas de bosques, una extensión de 1342,44 ha, netas fueron halladas bajo bosques en el año 1988, correspondiendo esto a una pérdida de 894,06 ha, de áreas cubiertas por bosques, o sea se realizó entre los años 1978 y 1988 una deforestación que representaba el 12% del área total de estudio, obteniéndose un promedio de tala de 89,40 ha, por año, en contraposición de las áreas que en ese mismo período se hallaban en otros usos y vinieron a permitir la incorporación de nuevos bosques en una extensión de 467,37 ha, recuperándose estas áreas en una proporción de 1 a 2, o sea que por dos hectáreas taladas se dedicaba una hectárea a ser nuevos bosques, pero pudiera ser que esas tierras las cuales eran agrícolas, de pastoreo o charrales, no presentaran condiciones apropiadas para el desempeño de esas actividades, como por ejemplo; altas pen-

dientes, suelos delgados y condiciones climáticas adversas, y que el propietario se concientizará de tal situación, para así dejarlas en regeneración natural o reforestarlas.

Los usos de la tierra que mayor variación o cambio sufrieron, fueron uso agrícola, pastos y bosques, los dos primeros como resultado de interferencia de factores externos, como bajos precios de los productos que venden, altos costos de producción, dificultad de acceso entre otros, lo que generaba que los propietarios se dedicaran a otras actividades, con el propósito de obtener mejores beneficios económicos; mientras que los bosques sufrieron cambio para permitir la expansión de tierras agrícolas y de pastoreo, sobre las cuales se practica actividades como la agricultura y la ganadería, que sirven de sustento a los pobladores de la cuenca del Río Turrialba y de pueblos vecinos, pero también para el resto del país.

5.6. Dinámica del patrón de uso de la tierra

En la cuenca del Río Turrialba, el uso de la tierra entre los años de 1978 a 1988, mostró la tendencia que para Costa Rica según Hartshorn, G. (1982), se dio entre los años de 1950 a 1973, la cual se evidencia claramente en el cuadro Nº 11, donde el mayor porcentaje de tierras había sido ocupado por el uso de tierras de pastoreo casi un 50% del país para el año 1973, trayendo consigo una reducción importante del área de bosques, esta situación se dió por las políticas de desarrollo que en Costa Rica se implementaron por los diferentes gobiernos, generando una creciente expansión de las

tierras para pastizales y para cultivos.

Cuadro Nº 11 Usos de la tierra en porcentajes, para Costa Rica en los años de 1950 a 1973, en base a los censos agropecuarios.

Uso de la Tierra				
Año	Agrícola	Pastos	Bosques	Otras Tierras
1950	19,3	34,8	43,6	2,3
1955	23,6	39,0	36,5	0,8
1963	22,0	35,9	41,1	1,0
1973	15,7	49,9	32,0	2,4
Promedio	20,15	39,90	38,30	1,65

Fuente: Hartshorn, G. 1982.

En el cuadro Nº 12 se muestran los diferentes usos de la tierra que entre los años 1978 y 1988, fueron desarrollados por los agricultores de la cuenca del Río Turrialba, el mayor porcentaje de tierras fue destinada a pastizales en promedio de 39,87% del área de estudio, ya para el año 1988 casi la mitad del área de la cuenca eran pastizales, para los años citados las tierras bajo cobertura boscosa ocuparon en promedio un 29,40%, determinándose una reducción muy importante de los bosques, al considerar los porcentajes de tierras determinados para la cuenca que deben estar bajo cobertura forestal, según la capacidad de uso de la tierra o el uso indicativo general de la tierra, nos muestra que en el área de estudio de un 50 a 55% deben estar bajo bosques, o sea que haría falta recuperar aproximadamente un 20% a través de reforestación o regeneración natural de especies invasoras o pioneras.

Cuadro N^o 12 Usos de la Tierra en porcentajes en la Cuenca del Río Turrialba, para los años de 1978 a 1988

Uso de la Tierra				
Año	Agrícola	Pastos	Bosques	Otras Tierras
1978	27,73	40,12	30,81	1,35
1984	32,53	41,26	25,14	1,07
1986	30,78	32,95	34,87	1,40
1988	25,97	45,16	26,79	2,09
Promedio	29,25	39,87	29,40	1,47

La deforestación en la cuenca del Río Turrialba en el período de los años de 1978 a 1988, ocupó en total un 12 % del área de estudio, de acuerdo al cuadro N^o 13, un 72,84 % de las 894,06 ha deforestadas, fueron convertidas en tierras de pastoreo, mostrándonos que la tala de bosques ha sido principalmente para hacer pastizales, un 22,09 % se talaron para ser tierras agrícolas y un 5,07 % para destinarlos a charrales. También se puede desprender del cuadro anteriormente citado, que un 69,13 % de las 467,37 ha de tierras que en estos años fueron regeneradas o reforestadas, habían sido tierras bajo pastos y un 28,46% que en el año 1978 eran tierras de cultivos ya para el año 1988, pasaron a ser tierras de cobertura boscosa y un 2,41 % habían sido charrales.

Cuadro Nº 13 Tierras que fueron deforestadas para convertirse a otro uso o tierras agropecuarias que se reforestaron o regeneraron, en los años de 1978 a 1988

Uso de la tierra	Cambio de uso de la tierra	Deforestación		Regeneración, Reforestación	
		Ha	(%)	Ha	(%)
Agrícola		197,46	22,09	133,02	28,46
Pastos		651,24	72,84	323,10	69,13
Charrales		45,36	5,07	11,25	2,41
Totales		894,06	100,00	467,37	100,00

5.7. Capacidad de uso de la tierra, de acuerdo a la metodología de SEPSA

La capacidad de uso de la tierra para la cuenca, se determinó utilizando el mapa de capacidad de uso de la tierra, que SEPSA elaboró para todo el país en el año 1991, en base a la metodología USDA modificada por Vásquez (1991), la ubicación en la cuenca se muestra en la figura Nº 21.

En la cuenca según SEPSA se encuentran tierras clase II s12 e1, las cuales se localizan en las cercanías de la ciudad de Turrialba y cubren un área de 162,54 ha. Las principales limitantes son, por pérdida de suelo actual o potencial, profundidad efectiva y textura del suelo.

Las tierras de clase IV e1, se ubican en la parte alta de la cuenca, teniendo una superficie de 2092,50 ha, como limitante se considera la erosión actual o sufrida del suelo, esta clase de tierra es la que abarca más área.

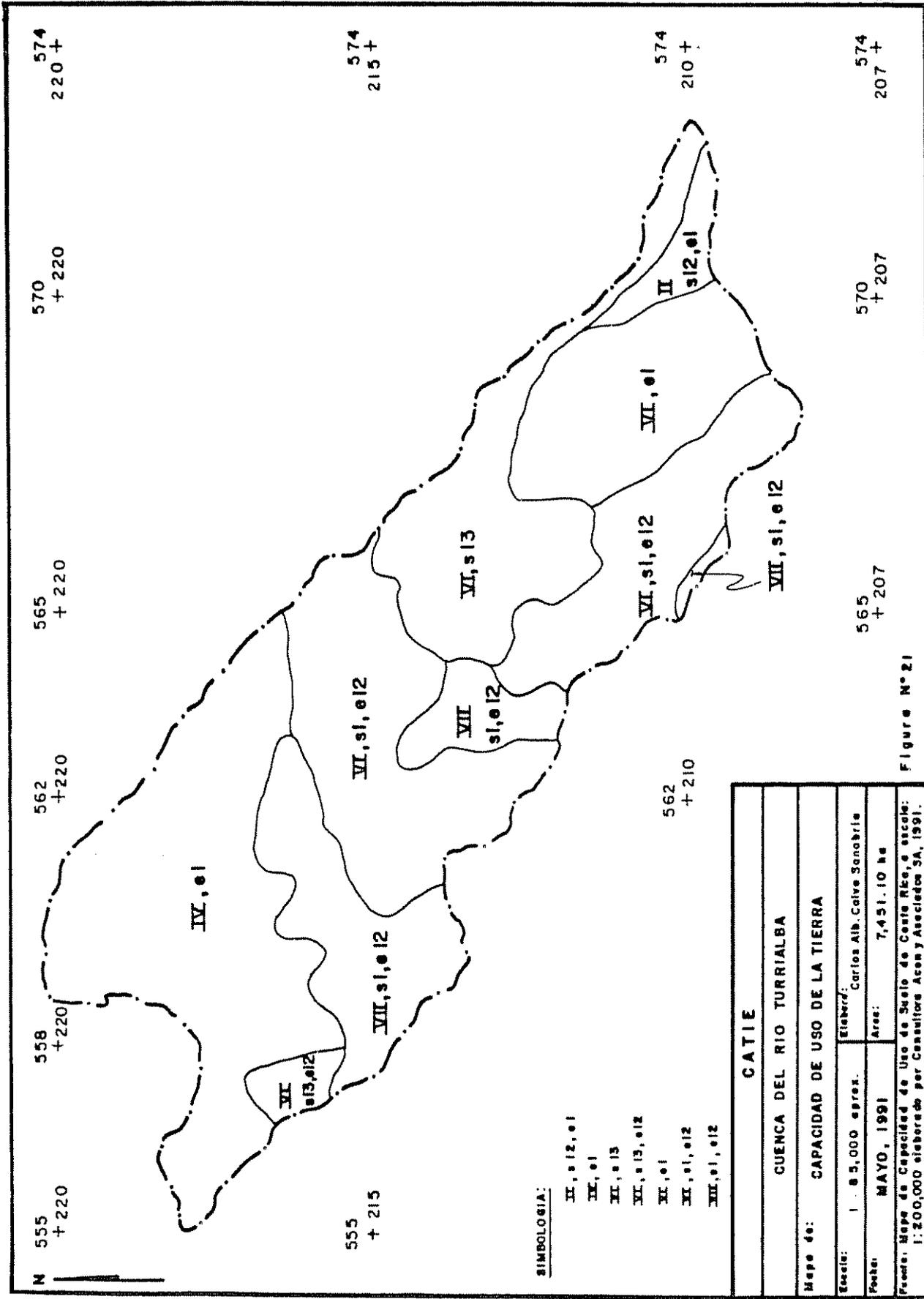


Figure N° 21

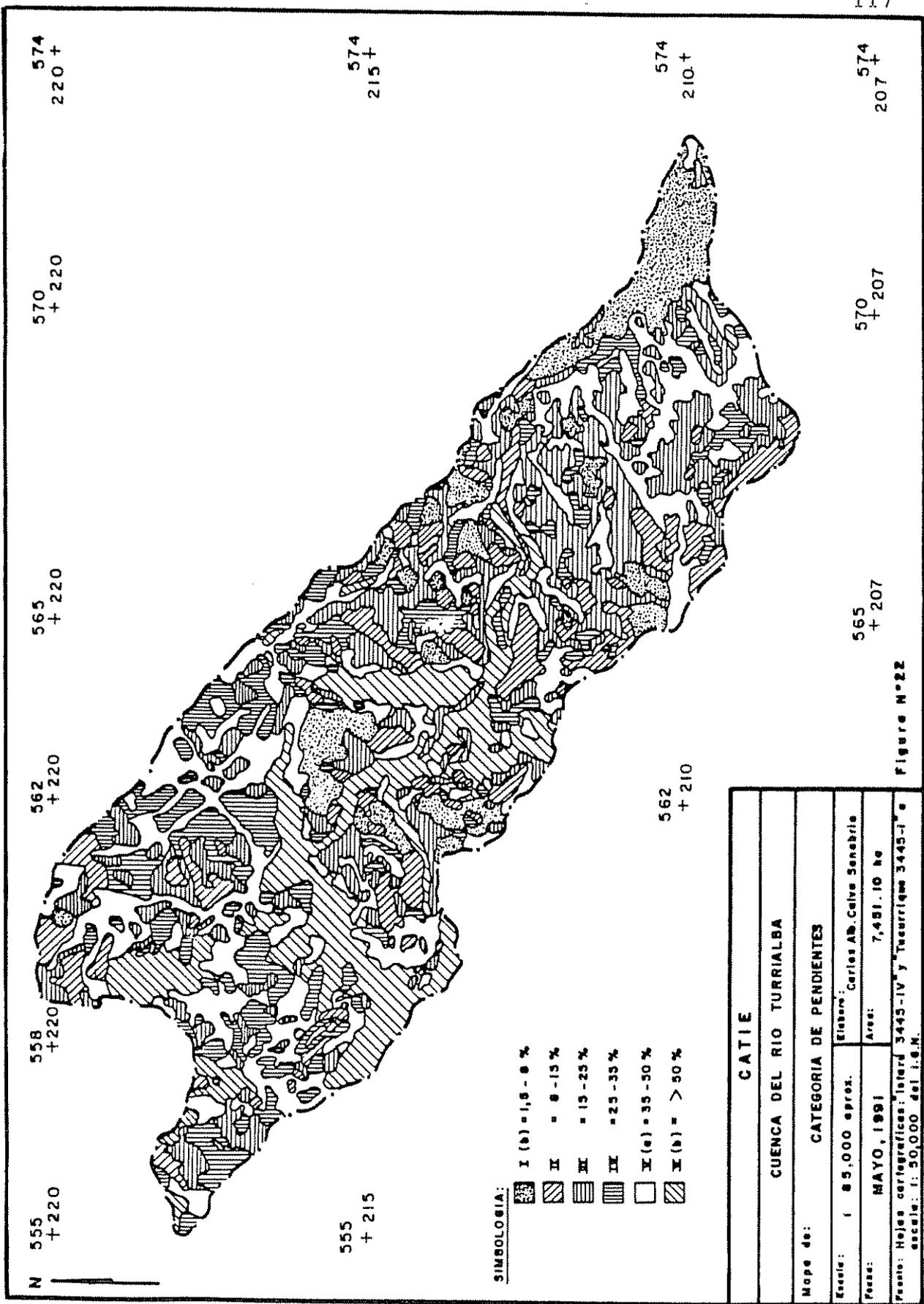
Con referencia a tierras de clase VI, se identificaron varias subclases, que fueron clasificadas debido a diferentes limitaciones, como profundidad efectiva del suelo, pedregosidad, pendiente y grado de erosión sufrida, éstas en distintas combinaciones dieron origen a las siguientes subclases: VI s13 que cubrían una extensión de 1103,76 ha; VI s13 e12 con un área de 111,96 ha ; VI e1 con una superficie de 890,91 ha; VI s1 e12 que abarcaban 2018,79 ha. Estas tierras se ubican por toda la cuenca del Río Turrialba, con una extensión en total de 4125,42 ha, lo cual representa un 55,36% del área total.

En tierras clase VII s1 e12 se encuentran 1070,64 ha de la cuenca, se localizan en varios sectores al oeste del área de estudio, principalmente de la parte central hacia el límite, las limitantes de esta clase son: fuertes pendientes, grado de erosión sufrida y profundidad efectiva del suelo.

5.8. Distribución de la pendiente

Para establecer las pendientes en la cuenca, se utilizó las hojas cartográficas a escala 1: 50.000 y fueron determinadas con el método de intercepción del círculo (figura N^o 22), los criterios de la clasificación de pendientes, se establecieron en el cuadro N^o 14, (Sharma, 1990 a 1991).

De acuerdo a los suelos presentes en la cuenca, los cuales son del orden inceptisol, de origen volcánico, de textura franco arenosa de profundidad delgada (mayor a 20 cm) a profundas (mayor a 90 cm),



SIMBOLOGIA:

- I (b) = 1,5 - 8 %
- II = 8 - 15 %
- III = 15 - 25 %
- IV = 25 - 35 %
- V (a) = 35 - 50 %
- VI (b) = > 50 %

CATIE	
CUENCA DEL RIO TURRIALBA	
CATEGORIA DE PENDIENTES	
Mapa de:	Elaboró: Carlos Ab. Celso Sanchez
Escala: 1 : 85,000 aprox.	Área: 7,491.10 ha
Fecha: MAYO, 1991	
Fuente: Hojas cartográficas: Intard 3445-IV y Turrialba 3445-I a escala: 1: 50,000 del I.G.N.	

Figure N°22

de condiciones topográficas escarpadas y climas húmedos, la clasificación fue considerada con fines más conservacionistas, que permita el desarrollo sostenido de las múltiples actividades que se realizan en la cuenca.

En el cuadro Nº 14 se presenta la clasificación de pendientes utilizadas en la cuenca, así como la distribución de áreas bajo cada clase presentes en el área.

Cuadro Nº 14 Distribución del área por categoría de pendientes.

Clave	Categoría de pendiente %	Superficie (ha)	Porcentaje de área
I (b)	1,5 - 8	742,86	9,97
II	8 - 15	930,06	12,48
III	15 - 25	1737,90	23,32
IV	25 - 35	1184,04	15,89
V (a)	35 - 50	1562,04	20,96
V (b)	> 50	1294,11	17,37

La cuenca presenta fuertes pendientes, que generan relieves accidentados a muy quebrados, principalmente por ser una zona influenciada por la cercanía de los volcanes Irazú y Turrialba, de los cuales se originaron procesos geomorfológicos que resultaron en condiciones topográficas muy difíciles. Lo anterior se confirma con lo que se desprende del (cuadro Nº 14), que muestra valores de 22,45% del área con pendientes menores a 15%, lo cual nos indica que un porcentaje muy reducido de la cuenca son tierras de pendientes planas, que se localizan principalmente en las partes media y baja, en los sectores de Aquiares, La Esperanza, Alto La Victoria, San Juan Norte y las cercanías de la ciudad de Turrialba.

En la cuenca no existen pendientes menores a 1,5%, por lo que no fueron consideradas en la clasificación para el área de estudio, tierras que presentan pendientes entre 1,5% a 8% (clase Ib), cubren un 9,97% del área y se localizan en la parte media en pequeñas áreas o en las cercanías de la ciudad de Turrialba, esta clase se encuentra bajo uso urbano, agrícola y pastos.

La categoría II que agrupa pendientes desde 8% hasta 15%, ocupa un área que representa el 12,48% de la superficie total de la cuenca. Se distribuye de forma dispersa, desde la parte alta hasta la parte baja de la cuenca.

En la categoría III el rango de pendientes oscila entre 15% y 25% , con una superficie que corresponde al 23,32% del área total, están distribuidas por toda la cuenca en estudio y se encuentran bajo diversas coberturas vegetales como cultivos, pastos y bosques, esta categoría agrupa el mayor porcentaje del área total.

Dentro de la categoría IV se han considerado todas aquellas áreas con pendientes que están desde 25% hasta 35% y ocupan un área que comprende el 15,89% de la superficie total de la cuenca, este tipo de relieve se encuentra disperso en toda la cuenca y en bloques muy pequeños.

En la categoría V (a) las pendientes oscilan desde 35% hasta 50%, representan un 20,96% del área total, y se localizan en toda la cuenca pero hay una mayor concentración en la parte alta, donde se encuentran bajo bosque pues conforman los cañones de

los Ríos Turrialba y Jesús María.

La categoría V (b) agrupa a todas aquellas áreas con pendientes mayores a 50% , y ocupan un área que comprende el 17,37% de la superficie total, el uso de la tierra desarrollado por los finqueros en estas tierras es pastoreo, y otras áreas se encuentran bajo bosques pues sus pendientes son de un relieve muy quebrado, y se ubican en las orillas de los ríos desde la parte alta hasta la parte media.

El 38,33% del área total de la cuenca, se encuentra bajo pendientes mayores al 35% , lo cual nos indica que el área de estudio, debe ser protegida por coberturas vegetales que impidan en alguna forma la erosión, que actualmente se da en áreas que se encuentran bajo cultivos o pastos; y que a la vez no reciben ningún tratamiento conservacionista por parte del agricultor.

5.9. Profundidad del suelo

Este parámetro es de gran importancia en la aplicación de la metodología de determinación de capacidad de uso de la tierra, que fue elegida para la cuenca, la profundidad del suelo nos permite identificar cuales áreas deben ser tratadas con medidas conservacionistas, para evitar una perdida de la capa productiva del suelo en aquellos suelos que son delgados o medio profundos y en otros casos recomendar el cambio de cultivos por pastos o pastos por bosques, dando así un uso apropiado al recurso suelo.

El mapa de profundidad del suelo (figura N^o 23), fue elaborado a través de información de suelos para la cuenca, obtenido del mapa de Suelos de Costa Rica a escala 1:200.000 y también mediante el muestreo de profundidad del suelo (se tomaron 30 mediciones de profundidad en el área de estudio), la clasificación o subdivisión de la profundidad del suelo se muestra seguidamente:

Profundo	Mayor a 90 cm
Medio Profundo	40 a 90 cm
Delgado	20 a 40 cm

La precisión de este mapa no es buena, por lo que al tomarlo como base para generar otros mapas (Capacidad de Uso de la Tierra y Uso Indicativo General de la Tierra), influye en la precisión de estos al momento de utilizárseles en las comparaciones con estos mismos mapas pero basados en los datos de campo.

De acuerdo al trabajo realizado, no se encontraron suelos con profundidades menores a 20 cm.

Los suelos considerados como profundos (mayores a 90 cm), representan un 57,22% de la superficie total de la cuenca, esta clase la encontramos mayormente en la parte alta debido a que esta sección se encuentra entre los volcanes Irazú y Turrialba, los cuales a través de sus múltiples erupciones han aportado grandes cantidades de ceniza, enriqueciendo estos suelos y dándole una mayor profundidad. También se encuentran cerca de la ciudad de Turrialba en una extensión considerable, así como en forma puntual en diversos sectores de la parte media.

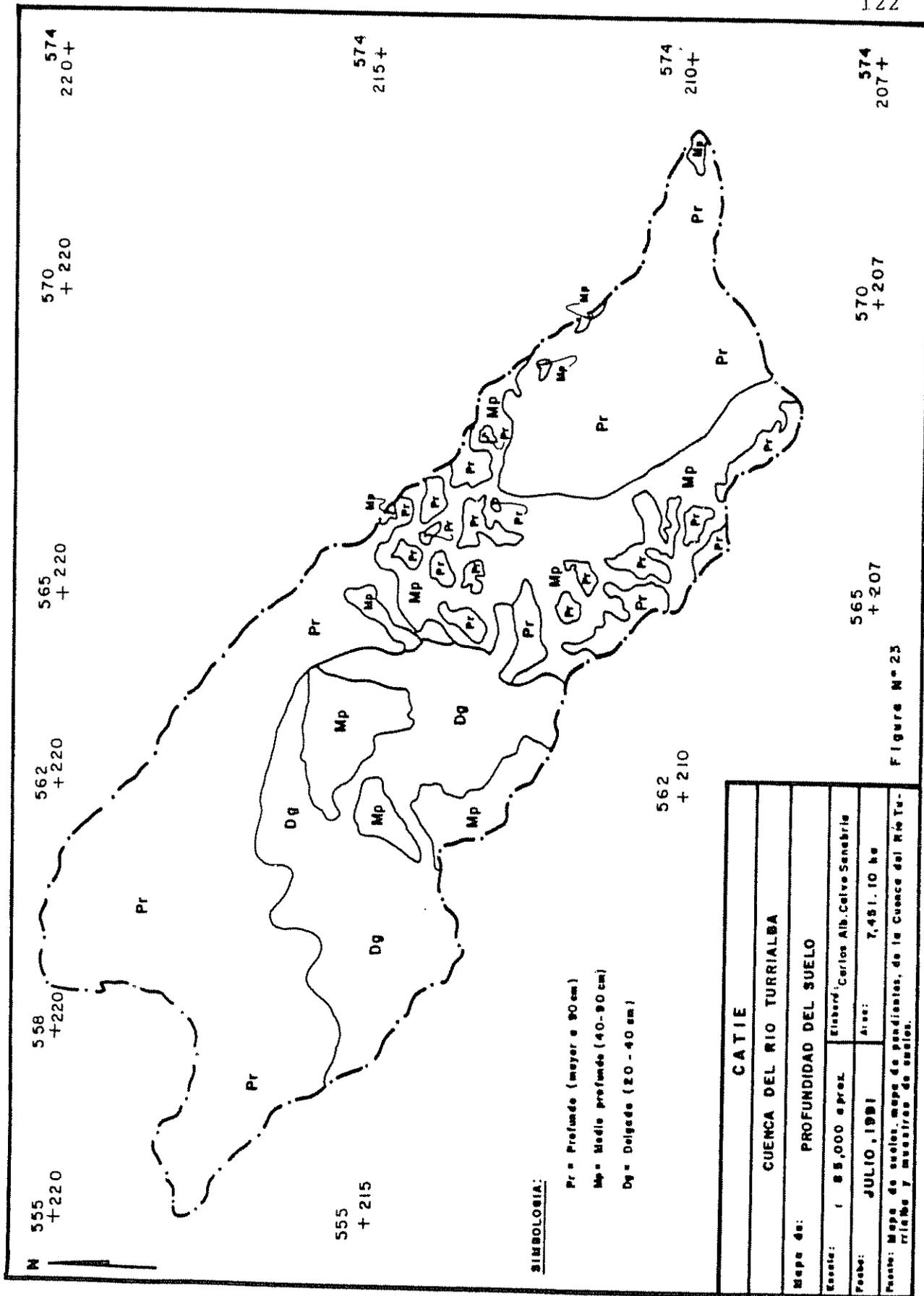


Figure N° 23

CATIE	
CUENCA DEL RIO TURRIALBA	
Mapa de:	PROFUNDIDAD DEL SUELO
Escala:	1 : 85,000 a prol.
Fecha:	JULIO, 1991
Elaboró:	Carlos Alb. Celso Senebría
Diseño:	7,451.10 ha
Nota: Mapa de suelos, mapa de pendientes, de la Cuenca del Río Turrialba y muestreo de suelos.	

El 22,26% del área total, se encuentra bajo la clase medio profundo entre 40 y 90 cm, principalmente los ubicamos en la parte media de la cuenca y en pequeñas áreas en la parte baja, esta categoría en condiciones de pendiente mayores al 15%, requieren medidas de conservación intensivas en caso de encontrarse en áreas de cultivos, lo cual nos muestra que estos suelos deben ser bien manejados, para que el agricultor pueda desarrollar sus actividades, sin tener que cambiarlas.

Los suelos delgados (20 a 40 cm), ocupan un 20,52 % de la extensión total del área de estudio, se ubican en la parte alta y media, en esta última en mayor área, su presencia es debida al tipo de suelo que se encuentra y a condiciones de topografía muy adversas, en el caso de los cañones de los ríos y en otros porque los suelos son de origen aluvional, donde hay mantos de roca a los 20 cm lo cual impide un buen desarrollo radicular de cualquier cultivo o pasto, las coberturas vegetales encontradas en estas condiciones son bosques y pastos de muy mal desarrollo.

5.10. Capacidad de uso de la tierra de acuerdo a la metodología seleccionada

La metodología seleccionada se adaptó para las condiciones de la cuenca del Río Turrialba (cuadro Nº 15), considerándose seis clases de capacidad de uso de la tierra, determinadas por la combinación de seis clases de pendientes como factor más crítico y tres categorías de profundidad del suelo, para el clima y suelo que se encuentran en la cuenca de estudio.

Con la función (MATRIX) del modulo GIS de ERDAS, se realizó la sobreposición de los mapas de categorías de pendientes y profundidad del suelo, al que luego se le sobrepuso el mapa de áreas protegidas, obteniéndose así el mapa de capacidad de uso de la tierra para la cuenca, con los criterios del cuadro Nº 15, (figura Nº 24).

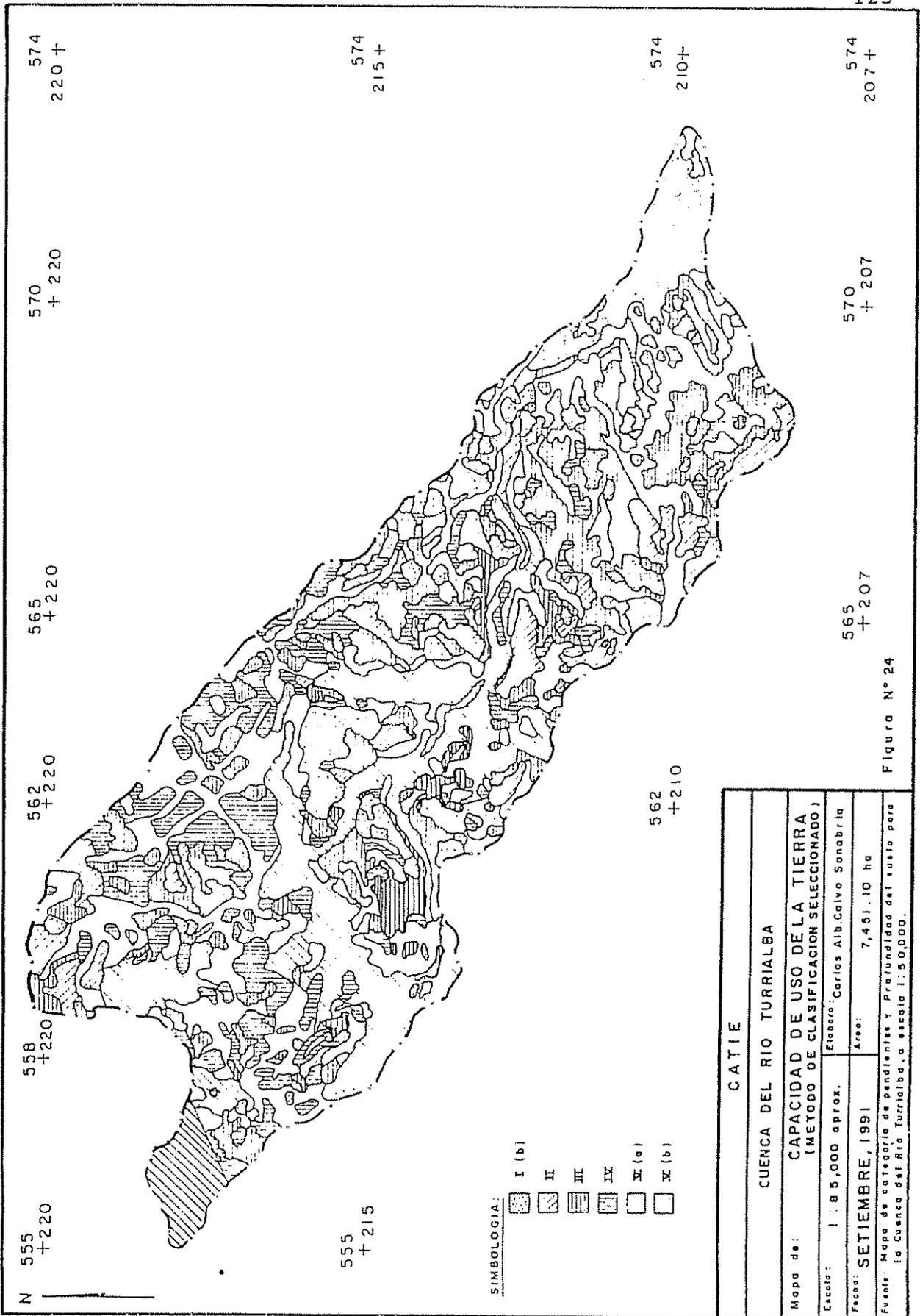
Cuadro Nº 15 Criterio de clasificación de capacidad de uso de la tierra, Sharma (1990 a 1991)

Profundidad (cm)	Pendiente %					
	1,5-8	8-15	15-25	25-35	35-50	> 50
> 90	I(b)	II	III	IV	V(a)	V(b)
40 - 90	I(b)	II	III	IV	V(a)	V(b)
20 - 40	III	III	III	IV	V(b)	V(b)
< 20	IV	IV	V(a)	V(a)	V(b)	V(b)

En el cuadro Nº 16, se presenta la distribución del área por clases de tierra, del mapa de capacidad de uso de la tierra, en base a la metodología seleccionada.

Cuadro Nº 16 Distribución de clases de tierra de Capacidad de Uso, para la cuenca del Río Turrialba

Clase de tierra	Superficie (ha)	Porcentaje de area
I (b)	736,56	9,89
II	813,15	10,91
III	1810,62	24,30
IV	1121,40	15,05
V (a)	1530,72	20,54
V (b)	1438,65	19,31
Total	7451,10	100,00



574
+ 220

574
215 +

574
210 +

574
207 +

570
+ 220

570
+ 207

565
+ 220

565
+ 207

562
+ 220

562
+ 210

558
+ 220

555
+ 215

N 555
+ 220

SIMBOLOGIA:

- I (b)
- II
- III
- IV
- V (a)
- V (b)

CATIE	
CUENCA DEL RIO TURRIALBA	
Mapa de:	CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA (METODO DE CLASIFICACION SELECCIONADO)
Escala:	1 : 85,000 aprox. Elaboro: Carlos Alb. Calvo Sonabrita
Fecha:	SEPTIEMBRE, 1991 Area: 7,451.10 ha
Fuente: Mapa de categorías de pendientes y Profundidad del suelo para la Cuenca del Rio Turrialba, a escala 1:50,000.	

Figura N° 24

De las clases de tierra encontradas en la cuenca, nos muestra que apenas un 20,8% del área de estudio, reúne condiciones de pendiente y profundidad del suelo, para permitir el desarrollo de la explotación agrícola, a través de la aplicación de medidas y prácticas de conservación de suelos. Dentro de estas áreas se tienen tierras de clase Ib y II, en la primera clase se utilizan las medidas de conservación simple, mientras que en la segunda su aplicación debe ser más intensa, asegurando así la utilización de estas tierras para propósitos agrícolas. Si se compara el área bajo uso agrícola en el año 1988 (1935,09 ha), con el área que debe estar en uso agrícola de acuerdo a la capacidad de uso de la tierra (1549,62 ha), existen 385,47 ha que están siendo utilizadas en actividades agrícolas, que no reúnen condiciones para tal fin. Un 39,35 % del área de estudio (2932,02 ha), se encuentran bajo clases de la tierra III y IV, en las cuales se pueden desarrollar actividades como pastoreo, frutales y agricultura en casos muy extremos, si lo relacionamos con el uso de la tierra de pastos que en el año 1988 se encontraba en la cuenca, el cual representaba un 45,16 % del área total, hay una sobreutilización de 432,54 ha de tierras, que no es posible por las condiciones de pendiente y profundidad del suelo adversas para ese uso.

Las tierras que deben encontrarse bajo cobertura boscosa (clases Va y Vb), representan un 39,85 % (2969,37 ha) de la cuenca, áreas que se pueden dedicar al manejo productivo de bosques o a tierras con fines de protección de cuencas, vida silvestre u otros. Al tomar en cuenta el área que en el año 1988 se encontraba en uso de la tierra de bosques

(1809,81 ha), existe un déficit de 15,56 % de tierras que deberían estar bajo cobertura boscosa, originando una degradación de los recursos bosques y suelos de la cuenca, que ha venido resultando en efectos más continuos y devastadores, como las inundaciones en la ciudad de Turrialba.

De la evaluación de capacidad de uso de la tierra, realizada por medio de la sobreposición de los mapas ya citados con el Sistema ERDAS, se determinaron las siguientes clases de tierras.

Clase Ib: Tierras que se recomiendan para agricultura, pero con medidas de conservación (entre ellas barreras vivas, cultivo en callejones, cultivos en curvas de nivel), los terrenos en esta clase son planos o con poca pendiente, sin problemas de erosión y profundidad del suelo, el área que ocupan estas tierras es de 736,56 ha.

Clase II: Tierras que se deben utilizar bajo agricultura con medidas de conservación intensiva de suelo / agua / medio ambiente, por ejemplo barreras vivas con arbustos, cultivos en curvas de nivel, cercas vivas, mulch, enhierbamiento de drenajes. Estas tierras tienen condiciones agroecológicas similares a las de la clase anterior pero con limitaciones más severas, como menor profundidad y pendiente ligeramente más pronunciada. Esta clase tiene una superficie de 813,06 ha.

Clase III: Estas tierras permiten varios usos generales, como pasto y agricultura en aquellos casos donde los agricultores practican esta actividad por subsistencia, bajo los cuales se deben

aplicar medidas de conservación intensiva de suelo / agua / medio ambiente, el área que abarcan es de 1810,62 ha.

Clase IV: Dentro de esta clase el uso apropiado es más restringido, se permite frutales con medidas de conservación intensiva de suelo / agua / medio ambiente, pastoreo con barreras vivas y coberturas de herbáceas leguminosas, teniendo que implementarse las siguientes medidas, cultivo de coberturas entre los árboles, leguminosas herbáceas. Estas tierras tienen una extensión de 1121,40 ha.

Clase Va: Tierras que se deben utilizar en reforestación, manejo de regeneración natural o áreas de protección, y en aquellos casos en que el uso de la tierra es agrícola, se recomendarán frutales (durazno y manzana), pero con fuertes medidas de conservación de suelos, agua y del medio ambiente. Esta clase ocupa una extensión de 1530,72 ha.

Clase Vb: Tierras aptas para la protección integral forestal, en las cuales se manejará y protegerá la regeneración natural. Tierras que no reúnen las condiciones mínimas requeridas para el cultivo, pastoreo o producción forestal, pertenecen a esta clase los terrenos cuyas condiciones climáticas y físicas son tan severas que no permiten un uso económico directo bajo ninguna actividad sin deterioro del medio.

Estas tierras cubren una superficie 1438,65 ha.

5.11. Uso indicativo general de la tierra, determinado con la metodología seleccionada (Sharma, 1990 a 1991):

Este fue determinado mediante la utilización de la función MATRIX del Sistema ERDAS, con la cual se sobrepusieron los mapas de capacidad de uso de la tierra y el mapa de uso de la tierra del año 1988, llegando a obtener como mapa resultante el de uso indicativo general de la tierra figura Nº 25, rigiéndose por los criterios del cuadro Nº 17, (Sharma, 1990 a 1991).

De acuerdo a lo considerado por la metodología seleccionada, se debe tomar en cuenta el uso que el agricultor esta dando a las tierras, como también las condiciones socioeconómicas en que se desempeña, para así definir el uso apropiado y sostenible de las tierras, el cual debe ser en base al uso de la tierra que se determine con la metodología de capacidad de uso de la tierra, permitiendo con esto mantener el uso de la tierra que se encuentre dentro de su capacidad y aquellas tierras que no coincidan con este precepto, deben ser cambiadas al uso de tierras recomendado, esta última condición se conoce o se identifica como uso crítico o conflictivo, porque se desempeña en tierras con capacidad de uso de la tierra que no permiten dichos usos.

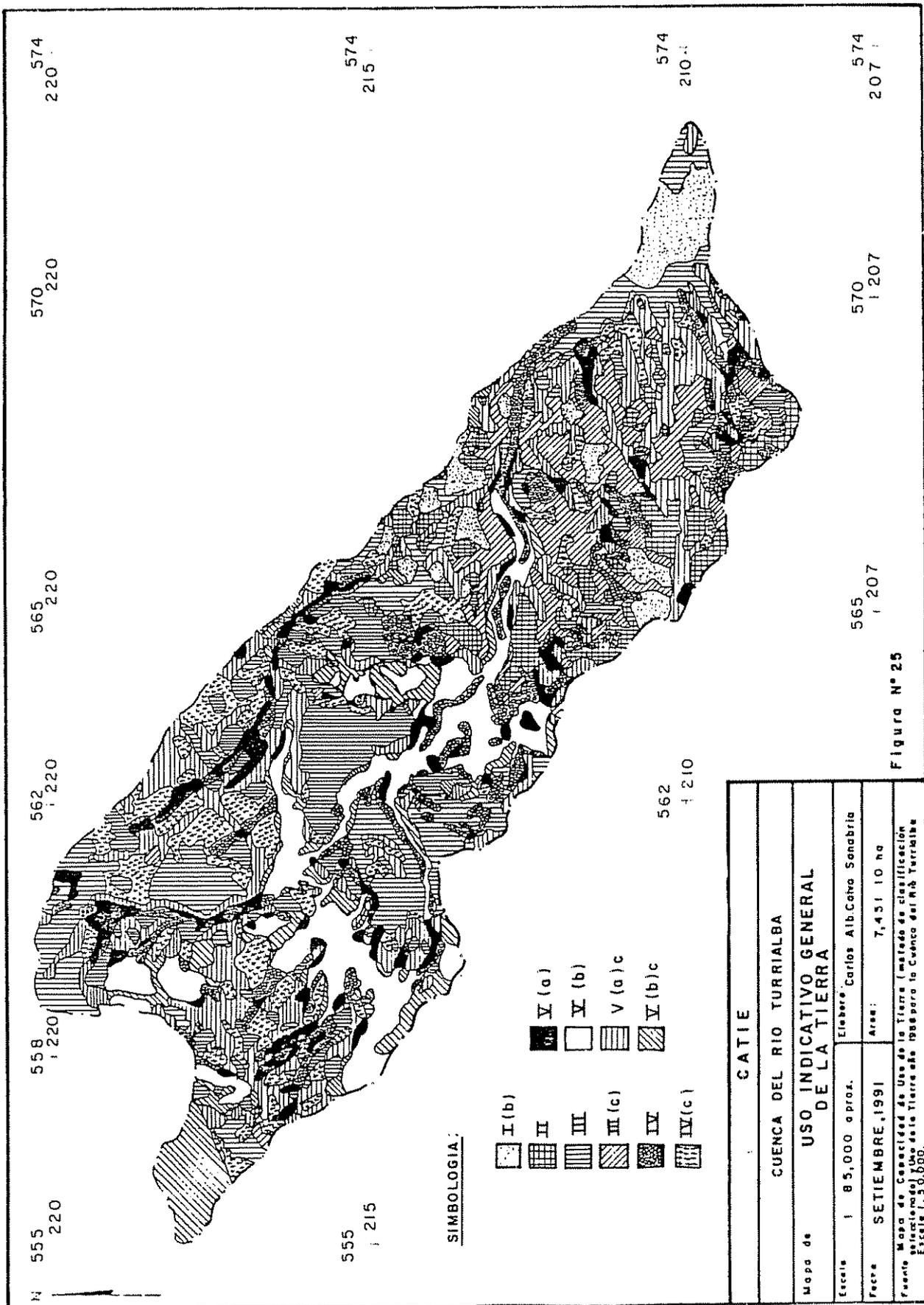


Figura N° 25

CATIE	
CUENCA DEL RIO TURRIALBA	
USO INDICATIVO GENERAL DE LA TIERRA	
Escala	1 : 85,000 aprox. Eliezer Carlos Alb. Cabo Sanabria
Fecha	SEPTIEMBRE, 1991 Area: 7,451.10 ha
Fuente: Mapa de Capacidad de Uso de la Tierra (matado de clasificación zonal) y de la Tierra año 1988 para la Cuenca del Río Turrialba Escala 1 : 50,000.	

Cuadro Nº 17 Criterios para la clasificación del uso apropiado de la tierra, en la cuenca del Río Turrialba.

Clase de tierra		Ib	II	III	IV	Va	Vb
Profundidad (cm)	Pen-diente (%)	1,5-8	8-15	15-25	25-35	35-50	>50
> de 90		Todo	Todo	(Ag)c, AgF, (Ft)c	(Ft)c, Pm	F	Rf
40 - 90		Todo	Todo	(Ft)c, AgF	Pm-F	F	Rf
20 - 40		P-F	P-F	P-F	Pm-F	Rf	Rf

Todo: Se puede realizar cualquier actividad
 Ag : Agricultura/ café y caña de azúcar
 AgF : Agroforestería
 Ft : Frutales (manzana, durazno y cítricos)
 ()c: () con medidas de conservación
 P : Pastoreo
 Pm : Pastoreo manejado
 Pm-F: Sistemas silvopastoriles
 F : Manejo de los bosques
 Rf : Areas protegidas (Reservas Forestales y/o Parques Nacionales)

En el cuadro Nº 18, se muestra la distribución del área por clases de tierra, del mapa de uso indicativo general de la tierra, del que se desprende que un 55,99% de las tierras de la cuenca esta siendo utilizado por los finqueros bajo un uso a capacidad.

Cuadro Nº 18 Distribución de clases de tierra del Uso Apropriado de ésta (Uso Indicativo)

Clase de tierra	Superficie (ha)	Porcentaje de area
I (b)	380,75	5,11
II	397,89	5,34
III	1397,08	18,75
IV	748,84	10,05
V (a)	365,85	4,91
V (b)	881,47	11,83
IIIc	663,89	8,91
IVc	892,64	11,98
V (a)c	1165,35	15,64
V (b)c	557,34	7,48
Total	7451,10	100,00

La figura Nº 25 muestra el mapa de uso indicativo general, en el cual se consideró que aquellas tierras cuyo uso dado por el agricultor fuera en base a su capacidad de uso, se mantenían como tales; las tierras que se encontraran siendo sobreusadas por los agricultores, debían ser cambiadas a la condición de capacidad de uso de la tierra; y la condición de subuso no fue estipulada debido a que era mejor cualquier otro uso que la agricultura, la cual degrada los suelos por las prácticas culturales tan intensas que aplica el campesino, sin ningún fundamento conservacionista.

En la cuenca un 5,11% del área presenta condiciones para estar bajo uso en clase Ib, en las cuales se permitirá el desarrollo de actividades agrícolas con la aplicación de prácticas y medidas de conservación, en aquellos casos en que la profundidad del suelo sea mayor a 40 cm.

El 5,34% del área de estudio debe estar en tierras clase II, donde se podrá realizar todo tipo de actividad, como también actividades agrícolas pero aplicando medidas de conservación del suelo y prácticas forestales y agrostológicas, que faciliten un manejo sostenible del suelo.

La mayor área de la cuenca se encuentra clasificada como clase III (18,75%), en donde los usos generales permitidos son los de pastoreo, el cual debe ser adecuadamente manejado, para no causar degradación del suelo; agricultura con medidas de conservación de suelos, tales como terrazas de banco, acequias de ladera con pasto en los bordes como protección; aquí se puede sembrar frutales como manzana y durazno o forestería donde el agricultor mantiene áreas de bosques, de los cuales obtenga subproductos como leña y postes.

Un 10,05% es considerado como clase IV, en estas tierras los usos permitidos son los contemplados en la anterior clase, pero para desarrollar la agricultura se requerirá de construir obras mecánico estructurales, debido a que la pendiente es más fuerte, esta actividad se permitirá solo si es necesaria, en casos de pequeños parceleros que es difícil reubicar en mejores tierras.

En las tierras clasificadas como Va, las cuales representan un 4,91% del área de estudio, se podrán realizar actividades como: forestería, la siembra de frutales con medidas de conservación intensiva de suelo/agua/ medio ambiente, esto donde los suelos son profundos (mayor a 90 cm), además el manejo y protección de los bosques.

El 11,83% del área de la cuenca, fue determinado como tierras Vb, en las cuales se desarrollarán actividades de protección de aguas y bosques, bajo un régimen de áreas protegidas de acuerdo a leyes o decretos, que facilitarían la protección de las tierras de la parte alta de la cuenca.

En total un 55,99% de la cuenca, esta siendo utilizado dentro de su capacidad de uso, pero debe tenerse el cuidado de realizar las actividades agrícolas, de pastoreo, frutales, forestería y manejo y protección del bosque, con métodos apropiados de conservación en forma continua, para así explotar en forma sostenida y racional los recursos de la cuenca.

Se determinó que un 44,01% del área de estudio, se encuentra bajo uso crítico, donde el uso sobrepasa la capacidad de uso de la tierra; lo que nos indica que casi la mitad de las tierras de la cuenca están siendo degradadas, debido al mal uso que el agricultor le da a sus tierras, en este caso se deberá recomendar a los agricultores los usos más apropiados y sostenibles para así recuperar dichas tierras, o en aquellos casos, que no se pudiera cambiar el uso desarrollado por los agricultores, se deberá recomendar a los finqueros las prácticas, medidas u obras de conservación de suelos, necesarias para minimizar el deterioro de los suelos, generados por el mal manejo de estos por parte de los agricultores.

Este porcentaje de tierras bajo uso crítico, se distribuye de la siguiente forma: Clase IIIC 8,91%; Clase IVc 11,98%; Clase Vac 15,64% y Clase Vbc

7,48%. En las clases de tierra de IVc a Vbc, un 35,1% del área de la cuenca, solo es permitido el desarrollo de actividades de forestería o la protección forestal integral, pero los agricultores las están destinando a agricultura y pastoreo, donde no realizan prácticas ni medidas de conservación de suelos.

Lo anteriormente expuesto es una indicación de resultados, pues como explicaremos en el análisis de la comparación de metodologías, la precisión del método de la determinación del uso indicativo general es de un 60,28%, ésta mejoró bastante, cuando se trabajó con los mapas de uso de la tierra.

5.12. Análisis de la comparación de las metodologías de clasificación de capacidad de uso de la tierra

La comparación de las metodologías se realizó con el módulo GIS (ERDAS), con los comandos MATRIX y SUMMARY, ambas clasificaciones estudiadas recomiendan un uso a capacidad de los suelos. Los resultados obtenidos de la comparación de las metodologías, donde los valores de las clases de tierras eran la tabla de equivalencias (cuadro Nº 5), pues se consideraba que ambas clasificaciones tenían los criterios para describir el terreno.

La metodología seleccionada se aplicó en los sectores de La Esperanza, Aquiares y La Esmeralda,

obteniéndose un mapa de capacidad de uso de la tierra en base a datos reales, el cual sería comparado con los otros mapas obtenidos a través de las metodologías de clasificación.

5.12.1. Análisis comparativo de las metodologías de capacidad de uso de la tierra, modificación de USDA por Vásquez y Sharma (1990 a 1991)

Después de realizar la equivalencia del mapa de capacidad de uso de la tierra, bajo la metodología modificada USDA por Vásquez (1991), para realizar la comparación con la metodología seleccionada, se obtuvo el resultado de este trabajo, obteniéndose que la metodología (Sharma, 1990 a 1991) coincidió en un 15,88% del área total. Mostrándonos una diferencia muy significativa entre las metodologías de determinación de capacidad de uso de la tierra. El mapa de capacidad de uso de la tierra de la cuenca, obtenido mediante la metodología modificada por Vásquez, se generó a través de un mapa de capacidad de uso a escala 1:200.000 para Costa Rica, eso también influyó en la poca precisión de esta metodología en la determinación de capacidad de uso de la tierra.

5.12.2. Comparación de metodologías USDA modificada por Vásquez y la seleccionada aplicada con datos de campo

La evaluación de campo, se realizó en 421,92 ha, distribuidas en tres sectores.

De acuerdo a la comparación, hubo una coincidencia de 20,41% de la metodología de Vásquez con respecto a la realidad de campo.

5.12.3. Análisis comparativo de la metodología seleccionada y la capacidad de uso determinada en el campo

Luego de realizar la comparación, con el comando MATRIX del módulo GIS (ERDAS), se determinó que la capacidad de uso de la tierra con base a la metodología seleccionada, coincidió en un 47,01%, con el mapa de capacidad de uso obtenido con los datos reales de campo.

Al considerar los resultados de las comparaciones anteriores, se determina que la metodología seleccionada Sharma (1990 a 1991), es más acertada para determinar la capacidad de uso, que la metodo-

logía modificada por Vásquez, aunque el porcentaje de coincidencia (47,01%), no es significativo.

Para utilizar la metodología seleccionada, se requiere de información más detallada sobre los parámetros de clasificación (pendiente y profundidad del suelo), lo cual no sucedió para el caso de la cuenca con respecto al mapa de profundidad del suelo, el que se obtuvo de un mapa de suelos a escala 1:200.000. Pues cuando se realizaron las comparaciones con el SIG ERDAS, se procedió a tomar como mapa de capacidad de uso, el mapa de pendientes, para así determinar entre los mapas de profundidad del suelo y pendientes, cual de ellos estaba aportando más en la precisión del método y se obtuvo que el mapa de pendientes, estaba dando la precisión de 47,01%, lo que implica que el mapa de profundidad del suelo no estaba ayudando en la comparación, si este mapa hubiera sido más confiable la precisión de la metodología seleccionada hubiera sido mucho mejor, tal como sucedió con la comparación de los mapas de uso indicativo general, el cual aumentó 13,27% al considerar el mapa de uso de la tierra, mostrándonos que este mapa es más confiable, y se acerca a la realidad de campo.

5.12.4. Comparación de los mapas de uso indicativo general

Al realizar el levantamiento de los datos de campo, en los tres sectores, se identificó el uso de la tierra, bajo el cual se encontraban dichas áreas, el cual luego se utilizó para obtener el mapa de uso indicativo general en los tres sectores.

Se realizó la comparación de los mapas de uso apropiado, obteniéndose que un 60,28% del mapa de uso indicativo general para la cuenca, coincidió con el mapa correspondiente para los tres sectores La Esperanza, Aquiares y La Esmeralda.

La coincidencia del mapa de uso indicativo general, mejora en un 13,27% con relación a la capacidad de uso, aunque siempre la coincidencia no es significativa.

5.13. Aspectos socio-económicos

5.13.1. Descripción del área del reconocimiento rápido rural

En la cuenca del Río Turrialba, se realizó el

Reconocimiento Rápido Rural (RRA) en once poblados que se ubican en los sectores alto, medio y bajo del área de estudio, a través de éste se identificaron: el tipo de agricultor, tamaño de las propiedades, actividades socioeconómicas, así como las tecnologías tradicionales aplicadas por los propietarios de las fincas.

De acuerdo al (cuadro Nº 19), en el sector alto de la cuenca, hay cinco poblados en los que se concentran 155 familias, teniéndose una población de 775 habitantes, este sector es el más despoblado, debido a lo distante de los lugares y al acceso por caminos difíciles. En el poblado de La Pastora, que se ubica cerca de camino asfaltado, es donde se encuentran la mayoría de habitantes 550 en total, los 225 pobladores restantes se localizan en las fincas ganaderas y agrícolas en cuatro poblados, los que se encuentran cerca de grandes fincas, con superficies en promedio mayores a 100 ha llegando algunas hasta 500 ha.

Cuadro Nº 19 Descripción del Area de Reconocimiento Rápido Rural

Sector de la cuenca entre- vistado	Poblado	# Familias/ poblado	Agricultores entrevistados	Tipo de agricultor
Alto	Palmital	9	2	pequeño
	La Esperanza	10	2	pequeño, grande
	La Reunión	6	1	grande
	La Pastora	110	10	pequeño, mediano, grande
	Coliblanco	20	8	pequeño, mediano, grande
Medio	Aquiaries	300	1	grande
	La Esmeralda	10	1	mediano
	Alto La Victoria	100	3	pequeño mediano
Bajo	Colorado	140	1	pequeño
	San Juan Norte	70	3	pequeño, grande
	El Recreo	120	3	pequeño
Total		895	35	

En el sector medio del área de estudio, hay tres poblados, en los cuales existen 410 familias, teniéndose una población de 2050 habitantes, este sector es el más poblado, destacan el poblado de Aquiaries donde se encuentran 1500 pobladores, que principalmente provienen de las familias, que trabajan en la finca Aquiaries, dedicada al cultivo de café, otro caserío importante es el Alto LaVictoria, en el que hay 500 pobladores que viven en las viviendas de Hacienda Juan Viñas, la cual se dedica al cultivo de la caña de azúcar.

El sector bajo de la cuenca tiene tres poblados y reúne a 330 familias, dándonos una población de 1650 habitantes, que se ubican en los poblados aledaños a la carretera principal que comunica a la ciudad de Turrialba, con el Valle Central. Esta zona se caracteriza, por fincas pequeñas, dedicadas al cultivo del café y áreas de pastos mal manejadas, muchas de estas son tierras que los dueños utilizan para vivir, pues trabajan en la ciudad de Turrialba.

En el área de estudio, se entrevistaron a 35 agricultores, los que representan el 14,34% de los 244 propietarios de fincas de la cuenca; en la parte alta, 23 agricultores fueron los entrevistados, encontrándose pequeños, medianos y grandes finqueros; realizar el reconocimiento rápido, permitió conocer las actividades en que se desempeñan los propietarios de las tierras, sobre las cuales cualquier acción de mal uso, tendrá un fuerte impacto en las áreas de la parte baja de la cuenca.

Dentro del sector medio se entrevistaron a cinco agricultores, identificándose a pequeños y medianos agricultores, aquí se ubica la finca Aquiares que mide 1000 ha, destinada al café.

El sector bajo es representado por pequeños y grandes agricultores, se entrevistaron a siete finqueros, la mayoría son pequeños propietarios, ubicados en las zonas aledañas a las vías de acceso a la ciudad de Turrialba, el nivel de manejo y tecnología utilizado por los agricultores, es muy elemental debido a que los propietarios no dependen de esas tierras para vivir, pues tienen otros ingresos.

5.13.2. Tenencia de la tierra

La tenencia de la tierra en la cuenca hidrográfica del Río Turrialba es diversa, se consideraron las propiedades dentro de la siguiente clasificación, propiedades pequeñas de 1 a 7 ha, propiedades medianas de 7 a 50 ha y propiedades grandes mayores a 50 ha.

En el cuadro Nº 20, determinamos que en el sector alto hay 129 propiedades pequeñas, cuya mayoría (100 fincas), se localizan en el poblado Palmital, con un tamaño promedio de 1,75 ha, esto anteriormente era una finca grande que un banco aparcéló, se dedican al cultivo de la papa, que venden como semilla, debido a la dificultad de acceso a las fincas, estas se encuentran en el punto más alto de la cuenca.

Las fincas de mediano tamaño se ubican en los poblados de La Pastora y Coliblanco, resultando en 14 propiedades.

Las propiedades grandes, se encuentran en la mayoría de los poblados del sector alto de la cuenca, y son 16 fincas, las cuales se dedican a la actividad ganadera.

Los poblados de Coliblanco y La Pastora es donde se encuentran los tres tipos de propietarios, por ubicarse cerca de carretera asfaltada y son los poblados con más habitantes.

Cuadro Nº 20 Tipo y tamaño de las propiedades en la cuenca del Río Turrialba

Sector de la cuenca	T I P O D E P R O P I E D A D				Total
	Poblado	Pequeña 1-7ha	Mediana 7-5ha	Grande >50 ha	
Alto	Palmital	100			100
	La Esperanza	5		4	9
	La Reunión			2	2
	La Pastora	19	9	6	34
	Coliblanco	5	5	4	14
Medio	Aquiaries			1	1
	La Esmeralda	1		2	3
	Alto La Victoria	7	2	1	10
Bajo	Colorado	15	1	3	19
	San Juan				
	Norte	6	2	2	10
	El Recreo	40	1	1	42
Total		198	20	26	244

En la parte media, se identificaron ocho propiedades pequeñas, dos medianas y cuatro grandes, siendo esta área donde hay menor cantidad de fincas.

El sector bajo de la cuenca, se caracteriza mayormente por la presencia de fincas pequeñas en total 61, con respecto a propiedades medianas se localizaron cuatro, en el poblado de San Juan Norte es donde se hayan la mayoría, se identificaron seis fincas grandes, que principalmente se dedican al cultivo del café.

Las propiedades pequeñas en la cuenca representan el 81,25% del total (244), el 8,20% corresponden a las fincas medianas y un 10,65% lo representan las propiedades grandes, esto nos muestra que debemos trabajar con los finqueros pequeños, los que practican actividades más intensivas, y por lo tanto hay mayor riesgo de un sobreuso de la tierra, causando un deterioro a los recursos naturales de la cuenca.

5.13.3. Actividades agroeconómicas en la cuenca del Río Turrialba

Los propietarios de las fincas de la cuenca, se dedican a dos actividades agroeconómicas, que impulsan el desarrollo en los diferentes sectores del área de estudio, estas son agricultura y ganadería y muchos realizan las dos actividades, como una forma de compensar los bajos precios de los productos que obtienen de sus tierras.

El análisis del uso de la tierra realizado, indica que estas actividades son las que cubren mayor área en la cuenca.

En la parte alta de la cuenca, 102 propietarios se dedican a la actividad agrícola de acuerdo al cuadro Nº 21, principalmente al cultivo de papa y café, minoritariamente al cultivo de frijol, durazno y manzana. Se dedican a la ganadería de leche 42 dueños de finca, los grandes entregan la leche a fábricas procesadoras de lácteos, otros la venden a fábricas de queso y algunos producen el queso, para luego venderlo, esto ocurre cuando no hay buenas vías de acceso.

Cuadro NO 21 Actividades Agroeconómicas en la
Cuenca del Río Turrialba

Sector de la Cuenca	Poblado	N U M E R O D E P R O P I E T A R I O S			
		Agrícola	Ganadera	Mixta	Forestal
Alto	Palmital	100			
	La Esperanza		9		
	La Reunión		2		
	La Pastora		20	14	
	Coliblanco	2	11		1
Medio	Aquiaries	1			
	La Esmeralda	3			
	Alto La Victoria	7		3	
Bajo	Colorado	19			
	San Juan				
	Norte	2	4	4	
	El Recreo	40		2	
Total		174	46	23	1

Nota: Mixta es la mezcla de las actividades agrícola y ganadera.

Con respecto a la actividad forestal, solo un finquero dedica una parte de su gran finca, para un proyecto de reforestación con incentivos del estado. De otra manera nadie dedicaría sus tierras a la reforestación con fines productivos.

La actividad mixta es practicada por 14 finqueros, estas generalmente son propiedades

pequeñas, donde sus dueños se dedican a sembrar cultivos, para el abastecimiento del hogar y una parte para venta, además tienen tres o cuatro cabezas de ganado, para la producción de queso.

En el sector medio, 11 dueños de finca se dedican a la agricultura, principalmente al cultivo de café y caña de azúcar, destacando fincas como Aquiares y Hacienda Juan Viñas. Hay tres propietarios que realizan actividades mixtas, cultivo de café o caña de azúcar, con la ganadería de leche, y la crianza de pollos, en este sector hay más fincas pequeñas por lo que practican más la labranza de la tierra.

La parte baja, es destinada mayoritariamente a la agricultura, ya que 61 propietarios se dedican al cultivo de café y en pequeñas áreas a cultivar caña de azúcar, cuatro finqueros tienen como su actividad económica a la ganadería, esta es para desarrollar ganado y no producen leche. La actividad mixta se realiza en seis fincas, destinándolas al cultivo del café y tener pocas cabezas de ganado para la producción de leche, la cual venden en los poblados vecinos o en la ciudad de Turrialba.

El 71,31% de los propietarios de la cuenca, se dedican a la agricultura (café y caña de azúcar), pero es realizada por pequeños agricultores, pues este uso de la tierra ha sido el segundo en superficie. Mientras que el 18,85% de los finqueros practican la ganadería de leche, la mayoría en forma muy tecnificada y otros no realizan manejo alguno.

La actividad mixta tiene un 9,43% del total de propietarios, que la realizan principalmente algunos para subsistencia, otros compensando bajos precios que se pagan por sus productos.

5.13.4. Sistemas tecnológicos tradicionales

Las actividades que se realizan en la cuenca, por parte de los dueños de fincas, no conllevan altos niveles tecnológicos, pues pocos son los finqueros grandes que tienen recursos económicos para tecnificar la agricultura y ganadería, los propietarios pequeños no cuentan con dinero para realizar sus actividades con tecnologías conservacionistas que protejan el suelo.

El cuadro Nº 22 nos muestra que en el sector alto de la cuenca, 106 propietarios se dedican a la agricultura (papa y legumbres), de los poblados Palmital, La Pastora y Coliblanco.

En el poblado de Palmital los agricultores realizan la labranza con bueyes o bestias, otros con tractor utilizando arado y rotador; el control de plagas es con agroquímicos, manejan el cultivo de la papa para obtener altos rendimientos y buena semilla, ya que por el difícil acceso, producen semilla para la misma zona; algunos hacen el mercadeo porque tienen medios de transporte, otros venden a intermediarios, hacen rotación de los cultivos ya que después de varios años de sembrar papa, aparece una enfermedad "malla", teniendo que dejar las tierras en descanso e incluyen otros cultivos.

Cuadro NO 22 Tecnologías tradicionales por actividad, aplicadas por los dueños de fincas

Sector de la cuenca	Poblado	AGRICULTURA		GANADERIA	
		Tipo	# de propietario	Tipo	# de propietario
Alto	Palmital	Cp, Lm, Lt,	100		
	La Esperanza	Mc, Md, Mi, Rc		A, As, Cv, Ia, Md, Psm	9
	La Reunión			A, As, Cv, Ia, Md, Psm	2
	La Pastora	A, Cp, Mc, Md, Mi, Oc		A, As, Cv, Ia, Lm, Md, Mi, Mp, Rp	30
	Coliblanco	Cp, Mc, Md, Pc Rc		A, As, Ce, Cv, Ia, Md, Mi, Mp, Rp	11
Medio	Aquiaries	A, Cp, Mc, Md, Pc	1		
	La Esmeralda	A, Cp, Mc, Md, Pc	3		
	Alto La Victoria	A, Cp, Mc, Md, Pc	8	A, As, Ce, Cv, Ia, Lm, Md, Mo, Rp	2
Bajo	Colorado	A, Cp, Mc, Md	19		
	San Juan Norte	A, Cp, Lt, Md, Pc	4	A, As, Ce, Cv, Ia, Md, Mp, Psm	6
	El Recreo	A, Cp, Mc, Md	41	Cv, Psm	1
Total			182		61

Nota: En tabla NO 1, se observa la descripción del tipo de tecnología.

Tabla Nº 1 Descripción de la simbología por tipo de tecnologías tradicionales

Símbolo	Descripción
A	Abonar
As	Alimentación suplementaria
Ce	Cercas eléctricas
Cv	Cercas vivas
Cp	Control de plagas con agroquímicos
Ia	Inseminación artificial
Lt	Labranza con tracción animal
Lm	Labranza mecánica
Mc	Manejo de cultivos
Md	Mercadeo directo
Mi	Mercadeo a través de intermediarios
Oc	Obras de conservación de suelos
Pc	Prácticas de conservación de suelos
Psm	Pastos sin manejo
Rc	Rotación de cultivos
Rp	Renovación de pastos

En La Pastora, los cuatro agricultores abonan los cultivos, (papa, frijol y mora) también a los frutales como el durazno y la manzana; el control de plagas es con agroquímicos (fungicidas y herbicidas); realizan manejo de los cultivos para tener altas producciones; el mercadeo es directo cuando tienen la facilidad del transporte o a través de intermediarios; hacen obras conservacionistas como terrazas de banco y acequias de ladera, para el cultivo de la manzana y el durazno, que cubrían un área de 11,7ha.

Las tecnologías utilizadas por los dos agricultores son: control de plagas con agroquímicos; manejan los cultivos de papa, repollo y frijol; el mercadeo de los productos es directo; realizan prácticas conservacionistas, labranza mínima, surcos en contra de la pendiente; y practican la rotación de cultivos, principalmente con la papa para evitar la enfermedad de la "malla".

El sector medio se caracteriza por la poca aplicación de tecnologías, en la finca AQUIARES abonan tres veces al año; controlan las plagas con agroquímicos; manejan el cultivo del café para obtener una producción de 45,7 fanegas (fanega = 240 kg), en cuanto a prácticas conservacionistas se siembra en contorno, canales en contorno para frenar la escorrentía, gaveteos y drenajes en caminos. La aplicación de tecnologías en La Esmeralda y Alto La Victoria son similares, abonan los cafetales y cañales; controlan las plagas con agroquímicos; manejan los cultivos; el mercadeo es directo debido a buenos caminos y por estar cerca de la ciudad de Turrialba; las prácticas conservacionistas son: acordonamiento de desechos de podas en contra de la pendiente, siembra en contorno de banano dentro de los cafetales, para controlar la erosión. En total hay 12 propietarios que se dedican a la agricultura.

En la parte baja de la cuenca, las fincas son 64 en donde se aplican las siguientes tecnologías: abonan los cafetales; controlan las plagas con agroquímicos; en San Juan Norte hacen la labranza con bueyes para sembrar caña de azúcar; manejan los cultivos haciéndolos obtener buenos rendimientos; el mercadeo es directo pues se ubican alrededor de la

carretera de acceso principal a la zona de Turrialba; algunas fincas en San Juan Norte, hacen zanjas que sigan la curva de nivel y cajones o gaveteos para amortiguar el golpe del agua, esto con respecto a prácticas conservacionistas.

La ganadería en la cuenca, es en el sector alto donde es más especializada, emplean razas europeas (Jersey y Holstein), vacas que se ordeñan dos veces al día; los poblados de La Esperanza y La Reunión, se encuentran más alejados y los caminos no son buenos, razón por la que no se manejan apartos pequeños, sino que grandes áreas de repastos donde la incidencia de malas hierbas (junco) es mayor, cubriendo en algunos casos hasta un 50% del área, no se hace renovación de los pastos.

En los poblados de La Pastora y Coliblanco, por la facilidad de estar cerca de carretera asfaltada, trabajan mucho mejor los finqueros, abonan los pastos desde períodos de una semana después de que pasta el ganado hasta 15 días y un mes, otras lo hacen dos veces al año; brindan al ganado alimentación suplementaria con concentrados; los apartos los dividen con cercas eléctricas y cercas vivas; realizan la inseminación artificial de las vacas; el mercadeo es directo y a través de intermediarios; manejan los pastos por medio de la rotación de los potreros cuyas áreas no pasan de 0,7 ha; para la renovación de pastos la labranza es con tractor. Hay 52 productores dedicados a la ganadería.

En el Alto La Victoria del sector medio de la cuenca, dos ganaderos abonan los pastos; dan alimentación suplementaria a las vacas; tienen

cercas eléctricas y cercas vivas; inseminan en forma artificial las vacas; el mercadeo de sus productos es directo; manejan los pastos a través de apartos pequeños; para la renovación de pasturas la labranza es con tractor, esto lo hacen cada cuatro o cinco años.

La parte baja se caracteriza por una ganadería menos tecnificada, encontrándose siete ganaderos, de los cuales uno es un propietario grande, que abona los pastos; se da alimentación suplementaria al ganado; tienen cercas eléctricas, insemina en forma artificial las vacas; el mercadeo es directo; maneja los pastos a través de pastoreo rotacional en apartos de 0,35 ha, usan uno en la mañana y otro en la tarde; los restantes propietarios tienen potreros sin manejo, ni control eficiente de malas hierbas u otras, se dedican a engordar animales pequeños.

5.14. Conservación de suelos para la cuenca del Río Turrialba

5.14.1. Tecnologías apropiadas por uso de la tierra

En la cuenca la utilización de la tierra por parte de los agricultores, debe ser guiada a realizar un uso más apropiado de éstas en agricultura y ganadería, a través de acciones de conservación que seguidamente se proponen. Fueron determinadas con la realización del reconocimiento rápido rural.

5.14.1.1. Sector alto de la cuenca

5.14.1.1.1. Agricultura

- Medidas

Deberán realizar la labranza mínima y en contorno, en aquellas tierras donde la pendiente es mayor al 15%, debido a que los suelos de esta parte son volcánicos de estructura granular y al hacer las labores de labranza con maquinaria, los suelos quedan muy sueltos y con los aguaceros serían arrastradas grandes cantidades de suelo. En tierras donde la pendiente es favorable, la labranza será a contorno con surcos y camellones permanentes, para evitar el arrastre del suelo por la influencia de altas precipitaciones, la papa cultivo que los agricultores siembran con gran preferencia, requiere de terrenos muy limpios, por lo que se debe incentivar sistema de surcos y camellones permanentes la intercalación de fajas de pasto de porte alto, para detener el suelo que es arrastrado.

Debido a que las tierras destinadas al cultivo de la papa, requieren de descanso por la aparición de la enfermedad de la "malla", se recomienda la rotación de cultivos como el frijol, repollo o la siembra de árboles en callejones en los cultivos y pastos, para permitir la recuperación de esos suelos.

Es importante disminuir la cantidad de agroquímicos que los agricultores utilizan en el cultivo de la papa, ya que se hace un uso inadecuado de estos, deben utilizar abonos orgánicos y realizar un manejo integrado de plagas.

- Prácticas

La incorporación de árboles dentro de los terrenos de cultivo, como cortinas rompevientos permitirá a los agricultores evitar en época de verano la quema de los cultivos por los fuertes vientos, debido a la altitud de la zona; o como esponja para interceptar las neblinas que son muy frecuentes, concentrándose estas en ciertos puntos que favorecen la disponibilidad de agua para los cultivos, siendo el jaúl la especie arbórea predominante, dará beneficios como la fijación de nitrógeno al suelo.

- Obras

En esta parte alta, los frutales como la manzana y el durazno, son sembrados por los finqueros, siendo necesario realizar la siembra de estos árboles en terrazas de banco o acequias de ladera e intercalar barreras vivas de árboles fijadores de nitrógeno (jaúl) o pasto imperial o king grass, ambos de porte alto que se pueden utilizar, como alimento para el ganado y de retención para el suelo que es arrastrado por la escorrentía, además se deben acordonar los residuos de podas de los arbustos en las barreras de pastos.

5.14.1.1.2. Ganadería

- Medidas

En las áreas de pastizales es indispensable hacer apartos para el pastoreo en rotación, las cercas deben ser con árboles ya que en estas tierras la ganadería es de tipo extensiva, con un manejo muy deficiente, originando la presencia de mala hierba como el junco que en algunas áreas ocupa un 50% de

los potreros, se deben hacer surcos en contorno en los apartos para disminuir la escorrentía superficial de los repastos.

Hay que incorporar al suelo el estiércol que se recoge en las lecherías, a través de una red de surcos.

- Prácticas

Los sistemas silvopastoriles son importantes, pues el jaúl fija nitrógeno al suelo, representa fuente de leña y un recurso como madera de gran crecimiento en la zona por ser una especie pionera.

La labranza será a contorno, donde los propietarios renuevan los pastos cada cierto período de años.

Las cortinas rompevientos, deben implementarse en los repastos, pues los vientos queman los pastos, permitiendo mejorar la producción de estos. Es importante sembrar fajas de pastos de corte, king grass e imperial, que detienen la erosión y brinda follaje para alimentar al ganado.

- Obras

La construcción de vías de agua empastadas o acequias de ladera, sobre obras importantes a utilizar en los repastos, para controlar la erosión hídrica, ya que el sector alto es caracterizado por fuertes lluvias y pendientes escarpadas.

5.14.1.2. Sector medio de la cuenca

5.14.1.2.1. Agricultura

- Medidas

La siembra de café y caña de azúcar por parte de los finqueros, debe realizarse a contorno, siguiendo la curva de nivel. La intercalación de cultivos como los cítricos (naranja, limón dulce, y otros), dentro de los cafetales, permitirá brindar una mayor cobertura al suelo.

Al cultivo de caña azúcar, se le debe realizar la labranza en contorno, o guiándose con base a obras de conservación establecidas.

-Prácticas

Las cortinas rompevientos dentro del cultivo de café, en aquellas tierras muy expuestas al viento, facilitará el desarrollo de las plantas, la especie arbórea a considerar es Inga sp., Erythrina sp. y Eucalyptus sp., que fijarán nitrógeno en el suelo y proveerán de leña y madera a los finqueros.

Los sistemas agroforestales, brindarán sombra a los cultivos, reduciéndose la cantidad de abono a aplicar a los cafetales. El utilizar los desechos de podas o raleos de los árboles, en la construcción de barreras muertas permitirá detener la fuerza del agua de escorrentía, así como la erosión.

En los cañales, deben intercalarse fajas a contorno de árboles como el eucalipto, luego se construirían barreras de los desechos de las podas o raleos, que controlarían la erosión hídrica.

-Obras

Es necesario construir, vías de agua empastadas y canales de desviación, para interceptar el escurrimiento superficial y llevarlo hasta un lugar seguro.

En los cafetales se deben construir gavetas para disminuir la fuerza de la escorrentía superficial.

Deben construirse drenajes y alcantarillas en los caminos de los cañales, pues generalmente el transporte de la caña de azúcar, destruye las vías de acceso y el agua busca romper por cualquier lado, lo que a veces provoca grandes surcos en las tierras de cultivo y el arrastre de considerables cantidades de capas superficiales del suelo.

5.14.1.2.2. Ganadería

Esta actividad no se practica en este sector de la cuenca, pero si algún o varios finqueros, se dedicaran a la ganadería, deben considerar las medidas, prácticas y obras que se recomiendan para la parte alta, contemplando las especies de Inga, Erythrina y Eucalyptus dentro de los sistemas silvopastoriles.

5.14.1.3. Sector bajo de la cuenca

5.14.1.3.1. Agricultura

-Medidas

En cultivos como la caña de azúcar se recomienda que la labranza sea reducida, trabajando superficialmente el suelo, para destruir los terrones

gruesos y voltear ligeramente la tierra, pues las tierras donde se ubican tienen pendientes mayores a 15%.

Debe considerarse el barbecho, o sea el descanso de las tierras dedicadas al cultivo de la caña de azúcar, pues la labranza continua que año a año, practican los agricultores, afectan la estructura y fertilidad del suelo, para que se restauren estas propiedades físicas y químicas.

El café requiere de la construcción de barreras muertas, con materiales de desecho de las podas realizadas a los árboles que se intercalen dentro del cultivo, permitiendo reducir el impacto del escurrimiento superficial.

-Prácticas

Dentro de los cafetales y cañales, se deben realizar todas las labores y operaciones culturales siguiendo la curva de nivel. Se puede intercalar fajas de cítricos (naranja, limón dulce y otros) en surcos o fajas permitiendo una buena cobertura al suelo, siempre debe considerarse la siembra en contorno.

Los sistemas agroforestales, son una alternativa a considerar, donde se integren el café, cítricos y eucalipto, que permitan al agricultor obtener beneficios económicos secundarios como la venta de cítricos y obtención de leña, postes y madera.

En las tierras dedicadas a la caña de azúcar, la labranza debe ser a contorno y la siembra debe seguir las curvas de nivel. Es importante sembrar

árboles de eucalipto en fajas intercaladas en los cañales, y cuando se poden los árboles se dispondrán los desechos para construir barreras muertas.

-Obras

Deben construirse vías de agua empastadas y canales de desviación, que intercepten la escorrentía y la lleven a drenajes más capacitados para evacuar el agua.

Dentro del cultivo de café es importante construir gavetas y acequias de ladera, permitiendo controlar la erosión hídrica.

En el cultivo de la caña de azúcar, deben construirse acequias de ladera y terrazas de desviación, para evacuar el exceso de agua de la escorrentía.

5.14.1.3.2. Ganadería

-Medidas

En los pastizales, hay que incorporar al suelo el estiércol que se recoge en las lecherías o en algunos casos chancheras, distribuyéndolo por una red de surcos en los repastos.

Deben hacerse las cercas con poró, madero negro, que permitirá tener una fuente de proteína para el ganado, el material de desecho de las podas se dispondrá en forma tal que se construya una barrera para controlar el escurrimiento superficial.

-Prácticas

En este sector algunos finqueros renuevan sus pastizales en períodos de cuatro o cinco años, se recomienda que la labranza sea a contorno.

Es importante hacer apartos para el pastoreo en rotación, estableciendo un sistema de pastoreo y descanso de los pastizales.

Se debe implementar en los repastos, las cortinas rompevientos, que beneficiarán a los pastos, y que representan una fuente de leña, postes y madera, importante recurso económico secundario.

Es necesario cambiar la actitud de los ganaderos hacia la implementación de los sistemas silvopastoriles, donde se incorporen árboles de Inga sp., Erythrina sp. y Eucalyptus sp., dando beneficios a las tierras que los sustentan, como reducción de escorrentía superficial, y control de erosión, porque con los desechos de podas se formarían barreras muertas.

-Obras

Se deben construir vías de agua empastadas o acequias de ladera, con el propósito de controlar la erosión hídrica, donde las pendientes sean mayores a 25%.

5.14.2. Tecnologías apropiadas en tierras bajo uso crítico.

Tierra clase IIIc

En la clase de tierra III es permitido el pastoreo, como uso que se ubica a capacidad de la

tierra, pero se podría permitir la agricultura y frutales con medidas de conservación de suelos, agua y medio ambiente en los casos donde los agricultores no tengan otras tierras, para sembrar los cultivos.

Al ser consideradas como críticas, es porque los dueños de finca están realizando agricultura. Por lo que deben implementarse las siguientes medidas de conservación de suelos, agua y medio ambiente: barreras vivas con arbustos, cultivos en curvas de nivel, incorporación de mulch, vías de agua empastadas en combinación con arbustos, no se permitirá la labranza, terraza de banco con buena cobertura en el talud.

Se debe realizar rotación de cultivos, incorporación de residuos, cultivos de cobertura y fertilizantes verdes.

Con respecto a frutales, se deben implementar barreras vivas, cultivos en curvas de nivel, incorporación de mulch, enhierbamiento de drenajes en combinación con barreras muertas, además se introducirán leguminosas con cultivo de cobertura entre frutales.

Tierra clase IVc

Es permitido dentro de la clase IV los frutales con medidas de conservación del suelo, pastoreo y manejo de bosques.

Bajo esta clase de tierras, los propietarios de fincas están realizando labores agrícolas y cultivo de frutales sin medidas de conservación lo que

provoca un uso crítico de esas tierras.

Deben considerarse las medidas de conservación, que permitan revertir el proceso de deterioro del suelo. Dentro de estas están: barreras vivas con arbustos, no hay que hacer labranza del suelo, terrazas de banco con talud enhierbado, rotación de cultivos, incorporación de residuos, cultivos de cobertura y fertilizantes verdes. Los frutales deben sembrarse en callejones con cultivos de cobertura, o en acequias de ladera o terrazas de banco.

Tierra clase V(a)c

En clase V(a), se permite el manejo y protección de los bosques.

Si se están realizando actividades como agricultura y ganadería debe considerarse el cambio hacia un uso más apropiado, pero mientras se logra lo anterior, se recomienda las siguientes medidas de conservación del suelo: terrazas de banco con taludes enhierbados y con barreras vivas, no se debe realizar labranza, en asocio con plantaciones forestales; el pastoreo debe ser controlado, con apartos para rotar el ganado y dejar en descanso los repastos, cercas vivas, acequias de ladera para controlar la erosión hídrica.

Tierra clase V(b)c

Las tierras de clase V(b), reúnen varias limitantes, por lo que solo se debe permitir la protección de las tierras.

Si algunos finqueros practican labores agrícolas, debe buscarse la forma como desmotivarlos, pues las tierras deben protegerse en una forma total, siendo necesario reforestar o manejar la regeneración natural que apareciera en estas tierras, las cuales deben ser abandonadas propiciándose charrales que luego serán bosques.

6. CONCLUSIONES

1. Los usos de la tierra identificados en la cuenca del Río Turrialba son urbano, agrícola, pastos, charral y bosques; el uso predominante en el período de los años 1978 a 1988 fue el de pastos con un porcentaje promedio de 39,87% del área total, seguido por el uso agrícola para un promedio de 29,25%. Los bosques han sido muy poco representativos en la cuenca, pues solo cubrían un porcentaje promedio de 26,38, y que de acuerdo a la capacidad de uso las áreas boscosas, deben representar el 39,85% del área de estudio.
2. La dinámica del uso de la tierra ocurrida entre los años 1978 y 1988, se obtuvo aplicando el SIG ERDAS.

Los cambios que se dieron en los 10 años de estudio, muestran que se centraron sobre los usos de la tierra agrícola y pastos, perjudicando a las áreas de charrales y bosques, trayendo con ello una disminución de estas áreas, afectando tierras de condiciones muy diversas en topografía, profundidad del suelo y clima, que pudieron aumentar la degradación de la base de los recursos naturales. Por lo que deben fijarse estos usos, solo en tierras aptas para ellos. Los cambios entre los diferentes usos de la tierra, ocurridos en cada período de análisis de la dinámica, son muy significativos, siendo necesario un buen sistema de conservación de suelos en tierras agrícolas y de pastoreo.

3. Con respecto a la capacidad de uso de la tierra en la cuenca, se determinó que las tierras con pendientes mayores a 15% clasificadas como III en adelante, donde el uso a practicar debe ser a capacidad, representan el 79,20% del área de estudio y en estas tierras el uso realizado por los propietarios de fincas es la agricultura y ganadería, usos que no se permiten pues degradan los suelos.

El uso indicativo general de la tierra, obtenido nos dió que un 55,99% de las tierras está siendo utilizado por los finqueros en forma correcta, o sea están utilizando los suelos de acuerdo a la capacidad de estos. Mientras que un 44,01% fue identificado como uso crítico o conflictivo, desde la clase III a V(b), donde los finqueros realizan actividades como agricultura y ganadería sin ninguna medida de conservación de suelo, agua y medio ambiente, trayendo consecuencias como erosión, que deterioran los suelos. La precisión del mapa de uso indicativo general fue de un 60,28%, por la falta de un mapa de profundidad del suelo más confiable.

4. La comparación de las metodologías de determinación de capacidad de uso de la tierra aplicadas en la cuenca del Río Turrialba, nos muestra que la metodología seleccionada coincidió en un 15,99% con respecto a la metodología modificada por Vásquez. Al comparar la metodología USDA, con la metodología aplicada en tres sectores, ésta tuvo una coincidencia del 20,41%, mientras que la seleccionada Sharma

(1990 a 1991) coincidió en un 47,01% con el mapa de capacidad de uso de acuerdo a datos de campo. Con respecto a la comparación de los mapas de uso indicativo general hubo una coincidencia del 60,28% del mapa de uso indicativo general para la cuenca, con respecto al mapa de las tres áreas.

La metodología modificada por Vásquez, utiliza varios parámetros para la calificación de tierras, que al ser integrados resultan en una valoración de un terreno en forma muy general o amplia y todavía más si se utiliza información que se encontraba a una escala de planificación (1:200.000), lo que la hace más deficiente al ser comparada con una metodología como la seleccionada, que es para ser utilizada a un nivel de detalle, aunque no se tuvo una precisión significativa debido a la falta de un mapa de profundidad del suelo confiable, pues este no aportó nada en la comparación de las metodologías.

5. El SIG ERDAS, es un instrumento muy valioso para la investigación realizada, creación de mapas, comparación de metodologías, análisis de la dinámica del uso de la tierra, determinación de áreas críticas, además clasificación de imagen de satélite, esto fue posible debido a la capacidad de almacenar y manejar en un tiempo corto grandes cantidades de información, siendo muy útil a nivel de detalle, en el caso de comparar las metodologías con los mapas de capacidad de uso y uso indicativo general de los tres sectores de la cuenca, donde se realizó el

análisis para un área de 422ha que representa el 5,7% del área de estudio, lo que permite tomar decisiones sobre áreas pequeñas, dado es el caso de poblados o fincas.

6. En la cuenca del Río Turrialba, existen 895 familias distribuidas en 11 poblados, resultando en 4475 habitantes. La parte media y baja es la más poblada, representa el 82,68% de la población total. Los tipos de agricultores encontrados en el área de estudio fueron: pequeños, medianos y grandes, clasificados de acuerdo al tamaño de la propiedad, los cuales son respectivamente de 1 a 7 ha; 7 a 50 ha y mayor a 50 ha.

Lo anterior, es concordante con el análisis de la fotointerpretación realizada, donde se determinaron las áreas más pobladas, así como por el patrón de uso de la tierra y tamaño de áreas de cultivos o pastizales, además a través del reconocimiento rápido rural, se pudo verificar el tamaño de propiedades, actividades realizadas por los finqueros y áreas de impacto cerca de los poblados.

7. La tenencia de la tierra en el área de estudio es muy diversa; en la parte alta, se encuentran 129 propiedades pequeñas, 14 medianas y 16 grandes, siendo importante procurar un uso adecuado, ya que los agricultores pequeños, realizan un uso más intensivo en comparación a los otros tipos de agricultores; en el sector medio hay ocho pequeños propietarios, dos medianos y cuatro grandes. La parte baja se

caracteriza, por encontrarse 61 finqueros pequeños, cuatro medianos y 6 propiedades grandes.

Las propiedades pequeñas en la cuenca, representan el 81,15% de las propiedades en total que se encuentran en la cuenca, el 8,20% corresponde a las fincas medianas y 10,65% lo representan las propiedades grandes. Por lo que es necesario la puesta en práctica de las tecnologías de conservación de suelos recomendadas para la cuenca del Río Turrialba, máxime que la actividad que estos finqueros realizan mayormente es la agricultura.

8. Las actividades económicas realizadas por los dueños de finca en la cuenca son agricultura y ganadería o la combinación de estas.

La agricultura como actividad se practica por un 71,31% de los propietarios, los principales cultivos son la papa, café y caña de azúcar, los agricultores no realizan medidas de conservación de suelos, lo que genera un deterioro de las tierras.

En cuanto a la ganadería es realizada por un 18,85% de los finqueros, en la parte alta se practica la ganadería de leche, la cual es la más tecnificada, se utilizan suplementos concentrados, rotación de apartos, pastos de corte e inseminación artificial, lo que ha permitido tener hatos mejorados y alta producción de leche.

La actividad mixta es la mezcla de agricultura y ganadería, representa el 9,43% del total de propietarios de la cuenca.

7. RECOMENDACIONES

1. Debe incentivarse dentro de los finqueros el cambiar el uso de la tierra, que han venido practicando en la cuenca, por un uso a capacidad y más apropiado, para así revertir el proceso de uso conflictivo o crítico, que se ha dado en un 44,01% de la cuenca.
2. Es importante motivar a los finqueros de la cuenca del Río Turrialba que en sus fincas realicen actividades diversificadas, las cuales les permitan tener fuentes alternas de ingresos económicos, cuando algún producto, no logre buenos precios en el mercado.
3. Las tecnologías a realizar por los agricultores, son las más apropiadas, pues fueron consideradas las condiciones socioeconómicas predominantes en los sistemas de fincas, así como las características biofísicas de cada zona.
4. La metodología seleccionada, Sharma (1990 a 1991) es muy práctica en la determinación de la capacidad de uso de la tierra, pero debe buscarse un mejor ajuste en su aplicación y así obtener un alto nivel de significancia, para el caso de esta investigación esto se puede con la utilización de un mapa de profundidad del suelo más detallado, es importante asegurarse información detallada de cualquier área, para obtener resultados significativos.
5. Cualquier acción de recuperación de suelos en la cuenca debe implementarse en el sector alto ya

que es donde se encuentran el mayor porcentaje de pequeños propietarios, los cuales en su mayoría realizan labores agrícolas sin medidas de conservación de suelos, agua y medio ambiente.

6. Hay que gestionar dentro de las instituciones estatales involucradas en la cuenca, que participen en forma más activa brindando asistencia técnica a los agricultores, pues es un campo en el que no se apoya a los propietarios de fincas.
7. Es importante que los sistemas silvopastoriles, sean implementados en la cuenca del Río Turrialba, ya que el mayor uso determinado en los años de análisis es el pastoreo, por lo que hay que realizar extensión sobre las bondades de estos sistemas.
8. Debe buscarse un sistema de incentivos acordes a la idiosincrasia del agricultor de la cuenca, para que realicen labores de conservación de suelos, las cuales permitirían recuperar las áreas más alteradas.
9. Al ser la cuenca del Río Turrialba, muy importante para el futuro de la ciudad de Turrialba, por motivo de la ocurrencia de las inundaciones, debe procurarse la participación de los pobladores de esta ciudad, en las acciones del manejo integrado de los recursos naturales.

B. BIBLIOGRAFIA

- BALCI, A.N.; SHENG, T.C. 1989. Manual de campo para el manejo de cuencas hidrográficas; Medidas y prácticas para el tratamiento de pendientes. F.A.O. Guía F.A.O. Conservación Nº 13/3. Roma, Italia. 171 p.
- BERGGOEING G., J.P.; MALAVASSI V., E.; JIMENEZ R., R. 1980. Mapa Síntesis Geológica del Valle Central de Costa Rica. San José, C. R. Universidad de Costa Rica. Esc. 1:100.000. Color.
- BUOL, S.W.; HOLE, F.D.; MC CRACKEN, R.J. 1983. Génesis y Clasificación de Suelos. Trad. por Agustín Contín. Distrito Federal, Méx., Editorial Trillas. 417 p.
- BURGOS, C.F. 1990. Suelos Frecuentes del Trópico; Distribución Geográfica. Turrialba, C. R. C.A.T.I.E. 25 p.
- CAMINO VELOZO, R. DE. 1985. Incentivos para la participación de la comunidad en programas de conservación. FAO. Guía FAO Conservación Nº 12. Roma, Italia. 208 p.
- CONGRESO COLOMBIANO DE CUENCAS HIDROGRAFICAS. (3, 1985, Cali, Col.). 1985 [Memorias]. Cali, Colombia. s.n. 520 p.
- COSTA RICA. DIRECCION DE GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEO. 1973. Mapa Geológico y Cortes Transversales de la Hoja Istarú. San José, C. R. Esc. 1:50.000. Color.

- COSTA RICA. INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. 1978.
Fotografías aéreas. San José, C. R. Esc.
1:35.000.
- _____. 1981. Hoja Topográfica Istarú. 2 ed.
San José, C.R. Esc. 1:50.000. Hoja Nº 3445 IV.
Color.
- COSTA RICA. INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. 1981.
Hoja Topográfica Tucurrique. 2 ed. San José,
C.R. Esc. 1:50.000. Hoja Nº 3445 I. Color.
- _____. 1984. Fotografías aéreas. San José,
C.R. Esc. 1:80.000. Color
- _____. 1985. División Territorial Administra-
tiva de la República de Costa Rica. San José,
C. R. Imprenta Nacional. 118 p.
- _____. 1988. Fotografías aéreas. San José,
C.R. Esc. 1:20.000.
- _____. 1989. Fotografías aéreas. San José,
C.R. Esc. 1:20.000.
- COSTA RICA. INSTITUTO METEOROLOGICO NACIONAL. 1988.
Catastro de las series de precipitaciones
medidas en Costa Rica. San José, C. R. 361 p.
- COSTA RICA. OFICINA DE PLANIFICACION SECTORIAL
AGROPECUARIA. 1979. Manual Descriptivo del
Mapa de Asociaciones de Sub-grupos de Suelos de
Costa Rica. San José, C. R. 236 p.

COSTA RICA. SECRETARIA EJECUTIVA DE PLANIFICACION
SECTORIAL AGROPECUARIA. 1979. Diagnóstico del
Sector Agropecuario de Costa Rica. San José,
C.R. 130 p.

Citado por: Hartshorn, G. 1982. Perfil
ambiental; Estudio de Campo. Costa Rica.
Centro Científico Tropical. San José, C.R.
151p.

COSTA RICA. SECRETARIA EJECUTIVA DE PLANIFICACION
SECTORIAL AGROPECUARIA. 1991. Estudio para
aumentar el nivel de detalle del Mapa de Suelos
de Costa Rica, a Escala 1:200.000. San José,
C.R. 367 p.

_____. 1991. Manual descriptivo de la leyenda
del Mapa de Asociaciones de Sub-grupos de Suelos
de Costa Rica, Escala 1:200.000. San José, C.R.
31 p.

_____. 1991. Manual descriptivo de la leyenda
del Mapa de Capacidad de Uso de la Tierra de
Costa Rica, Escala 1:200.000. San José, C. R.
7 p.

_____. 1991. Mapa Asociaciones de Sub-grupos
de Suelos de Costa Rica. San José, C. R. Esc.
1:200.000. Hojas San José, CR2CM5, Limón
CR2CM6.

_____. 1991. Mapa Capacidad de Uso de la Tierra
de Costa Rica. San José, C. R. Esc. 1:200.000.
Hojas San José CR2CM5, Limón CR2CM6.

- _____. 1991. Metodología para la Determinación de la Capacidad de Uso de las Tierras de Costa Rica. San José, C. R. SEPSA. 61 p.
- ERDAS, M.V. SYSTEM, 1987. GIS Module: P.C. USER'S Guide Modules. USDA, EE.UU. 29 p.
- FAUSTINO, J. 1986. Fundamentos de Conservación de Suelos en el Manejo de Cuencas. In. Seminario Taller Fundamentos del Manejo de Cuencas (1986, Antigua, Gua.) p. 69-75.
- _____. 1987. Variables Determinantes en la Identificación de Areas Críticas en Tierras de Ladera. In. Memoria de la Conferencia Usos Sostenidos de Tierras en Laderas (1987, Quito, Ecuador). p. 5-41.
- _____. 1988. Conservación y Manejo en la Planificación del Uso de la Tierra. In. Curso Corto Planificación del Uso de la Tierra en el Manejo de Cuencas. Turrialba, C. R. CATIE. p. 1-59.
- _____. 1988. El Sistema de Información Geográfica en la Determinación de la Aptitud de la Tierra. In. Curso Corto Planificación del Uso de la Tierra en el Manejo de Cuencas. Turrialba, C. R. CATIE. p. 1-33.
- _____. 1988. Planificación y Manejo de Cuencas. Turrialba, C. R. CATIE. 231 p.
- _____. 1990. Conservación de Suelos y Aguas. Notas de Clase. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, C.R. 323p.

- FAO/WFP. 1984. Sectorial Study on Food Aid for Soil Conservation and Watershed Management. Rome, Italy. p. irr.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 1989. Guidelines for Land Use Planning. Rome, Italy. 121 p.
- GALLARDO VALLADARES, A.E. 1989. Identificación de Limitantes Críticas en el Agroecosistema de Producción de Leche en Fincas de Santa Cruz de Turrialba. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R. Programa de Posgrado. CATIE. 175 p.
- GARCIA ESPINOZA, J.D. 1990. El Análisis de Cuencas Hidrográficas Aplicado al Problema de Inundaciones. El caso de la Ciudad de Turrialba, (Costa Rica). Tesis Lic. San José, C. R. Universidad de Costa Rica. 193 p.
- GIL, N. 1986. Desarrollo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos y Aguas. FAO. Boletín de Suelos Nº 44. Roma, Italia. 229 p.
- GINNEKEN, P. VAN. 1986. Planificación y Manejo de Cuencas Hidrográficas. Documento de trabajo 40. Proyecto FO: DP/CDS/79/001. San José, C.R. 28 p.
- GOMEZ A., A. 1975. Manual de Conservación de Suelos de Ladera. Ed. por. Héctor Alarcón Correa. Bogotá, Col. Lito Moderna. 267 p.
- GOOSEN, D. 1967. Aerial Photo Interpretation in Soil Survey. FAO. Soils Bulletin Nº 6. Rome, Italy. 55 p.

- GRANDSTAFF, T.B.; GRANDSTAFF, S.W. 1987. A Conceptual Basis for Methodological Development in Rapid Rural Appraisal. In. International Conference on Rapid Rural Appraisal. (1985, Khon Khen University, Thailand). [Proceedings]. Khon Khen University, Thailand. 69-88 p.
- GREGERSEN, H.M. 1988. Pautas para la Evaluación Económica de Proyectos de Ordenación de Cuencas. FAO. Guía FAO Conservación Nº 16. Roma, Italia. 148 p.
- HARTSHORN, G. 1982. Perfil Ambiental; Estudio de Campo. Costa Rica. Centro Científico Tropical. San José, C. R. 151 p.
- HOLDRIDGE, L. 1982. Ecología Basada en Zonas de Vida. Trad. por Humberto Jiménez Saa. IICA. Serie Libros y Materiales Educativos Nº 34. 216p.
- JUNKOV, M. 1984. Localización y Valoración de la Masa Forestal en Costa Rica. San José, C. R. Dirección General Forestal. 79 p.
- KELLEY, H.W. 1983. Mantengamos Viva la Tierra: Causas y Remedios de la Erosión del Suelo. FAO. Boletín de Suelos Nº 50. Roma, Italia. 86 p.
- LEONARD, H.J. 1986. Recursos Naturales y Desarrollo Económico en América Central; Un perfil ambiental regional. Trad. por Gerardo Budowski y Tirso Maldonado. San José, C. R. CATIE. 268 p.

- LEPSCH, I.F. 1983. Manual para Levantamiento Utilitario do Meio Físico e Classificação de Tierras no Sistema de Capacidade de Uso. São Paulo, Bra. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 175 p.
- LUCIA, G.R. DE. 1986. Mejoramiento y Manejo de Pastos en Costa Rica. Documento de Trabajo Nº 42. Proyecto FO: DP/COS/79/001. San José, C.R. 75 p.
- MALLEUX ORJEDA, J. 1971. Estratifificación Forestal con Uso de Fotografías Aéreas. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 82 p.
- MICHAELSEN, T. 1980. Manual de Conservación de Suelos para Tierras de Ladera. Documento de Trabajo Nº 3. Proyecto PNUD-FAO-HON/77/006. Tegucigalpa, Hond. 92 p.
- MOJICA, I. 1977. Importancia y Necesidad de la Conservación y Manejo de Cuencas Hidrográficas. In. Seminario Regional sobre Conservación y Manejo de Cuencas Hidrográficas. (1977, Santiago, Chile). 20 p.
- MONSEN, R.P. 1970. Inventario de Recursos del Cantón de Turrialba. Turrialba, C. R. IICA. Publicación Miscelánea Nº 62. 115 p.
- MOZO MORROM, T. 1979. Conservación de Cuencas Hidrográficas. In. Ecología y Conservación de los Recursos Naturales Renovables. Bogotá, Col. Instituto Colombiano de la Reforma Agraria. p.111-113.

ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. 1967. La Erosión del Suelo por el Agua; Algunas medidas para combatirla en las tierras de cultivo. FAO: Cuadernos de Fomento Agropecuario Nº 81. Roma, Italia. 207 p.

_____. 1976. Esquema para la Evaluación de Tierras. FAO. Boletín de Suelos Nº 32. Roma, Italia. 66 p.

ORGANIZACION DE LA NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. 1977. Guía para la Descripción de Perfiles de Suelo. 2 ed. Roma, Italia. 70 p.

_____. 1984. Como se Produce la Erosión. In. Proteger y Producir: Conservación del Suelo para el Desarrollo. Roma, Italia. p. 8-9.

_____. 1984. Ordenación de Cuencas Hidrográficas. In. Proteger y Producir: Conservación del Suelo para el Desarrollo. Roma, Italia. p. 32.

_____. 1984. Organizar la Conservación del Suelo. In. Proteger y Producir: Conservación del Suelo para el Desarrollo. Roma, Italia. p. 36-40.

_____. 1984. Que se Puede Hacer. In. Proteger y Producir: Conservación del Suelo para el Desarrollo. Roma, Italia. p. 20-21.

- _____. 1986. Sistemas Mejorados de Producción como Alternativa a la Agricultura Migratoria. FAO. Boletín de Suelos Nº 53. Roma, Italia. 218 p.
- PAREDES, F. 1990. Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Hidroeléctrico Birris. San José, C. R. MIRENEM. s.p.
- PEREZ G, A. 1990. Los Riesgos de Inundación en Turrialba. Turrialba Hoy. (C.R.) 2 (11): 20-21.
- PEREZ, S.; PROTTI, F. 1978. Comportamiento del Sector Forestal durante el Período 1950-1977. San José, C. R. OPSA. 59 p.
- RICHTERS, E. 1987. Manejo del Uso de la Tierra. Notas de Clase. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, C. R. 120 p.
- _____. 1988. El Desarrollo y Evaluación de Alternativas de Uso de la Tierra. In. Curso Corto Planificación del Uso de la Tierra en el Manejo de Cuencas. Turrialba, C. R. CATIE. p.1-21.
- _____. 1988. Evaluación de Tierras y de Uso: El Sistema FAO. In. Curso Corto Planificación del Uso de la Tierra en el Manejo de Cuencas. Turrialba, C. R. CATIE. p. 1-34.
- RODRIGUEZ LEIVA, R. 1989. Impacto del Uso de la Tierra en la Alteración del Régimen de Caudales, la Erosión y Sedimentación de la Cuenca Superior

del Río Reventazón y los Efectos Económicos en el Proyecto Hidroeléctrico de Cachi, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C. R. Programa de Posgrado /CATIE. 138 p.

RODRIGUEZ V., J.R. 1991. Una Noche de Terror; Domingo 11 de agosto. Turrialba Hoy (C.R.). 3 (20): 8-9.

ROMERO ARAYA, J.C. 1980. Evaluación de las Areas de Captación del Proyecto Hidroeléctrico Ampliación Birris. Cartago, Costa Rica. Cartago, C. R. Departamento Ingeniería Forestal, I.T.C.R. 124 p.

SABORIO, J. 1988. Análisis Espacial. In. Curso Corto Procesamiento de Imágenes y Sistemas de Información Geográfica. Turrialba, C. R. CATIE. p. 1-38.

_____. 1988. Datos sobre Sensores Remotos en los Estudios de Uso y Evaluación de la Tierra. Turrialba, C. R. CATIE. 22 p.

_____. 1988. La Percepción Remota y su Aplicación en la Evaluación de los Recursos Naturales. In. Curso Corto Procesamiento de Imágenes y Sistemas de Información Geográfica. Turrialba, C. R. p. 1-26.

_____. 1989. Procesamiento de Imágenes con el Sistema ERDAS. Turrialba, C. R. CATIE. 41 p.

- _____. 1989. S.I.G.: Una Herramienta para el Manejo de los Recursos Naturales. Turrialba, C.R. CATIE. 19 p.
- _____. 1989. Sistema de Información Geográfica con el Sistema ERDAS. Turrialba, C. R. CATIE. 34 p.
- _____. 1991. Sistemas de Información Geográfica en Función de Instituciones Usuarias de Recursos Hídricos. Turrialba, C. R. CATIE. 29 p.
- SALVAT, E. 1975. Diccionario Enciclopédico Salvat Universal. Barcelona, España.
- SEMINARIO SOBRE MANEJO Y CONSERVACION DE SUELOS (1984, CALI, COL.). 1984. Manejo y Conservación de Suelos de Ladera. Ed. por Reinhardt H. Howeler. Cali, Col. 146 p.
- SHARMA, P.N. 1987. Concepts of Integrated Watershed Management Planning for Northern Lao. P.D.R. FAO. Luang Prabang, Lao. 90 p.
- _____. 1990. Manual on Soil Conservation by Agro-Forestry Methods for the Uplands of Maribios Mountains of Nicaragua. Rome, Italy. 103 p.
- _____. 1990. Planificación del Uso de la Tierra. Notas de Clase. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, C.R. 187 p.

- _____. 1991. Natural Resources Conservation with Peoples Participation in the Uplands of the Maribios Volcanic Ranges of Nicaragua; Part I: Appropriate Land Use and Rural Social Diversity. Turrialba, C. R. CATIE. 22 p.
- _____. 1991. Natural Resources Conservation with Peoples Participation in the Uplands of the Maribios Volcanic Ranges of Nicaragua; Part II: Conservation Technology Adaptation to Farmers Traditional Practices, Needs and Limitations. Turrialba, C. R. CATIE. 29 p.
- SHENG, T.C. 1972. Proyecto de Clasificación de la Capacidad de la Tierra Orientado hacia su Tratamiento (Para tierras marginales montañosas de los trópicos húmedos). FAO. Reporte Técnico Nº TA 3112. Roma, Italia. 13 p.
- _____. 1981. Physical Planning for Watersheds; Methodology for Obtaining Basic Data for Proper Land Use. Project UNDP/FAO. JAM/78/006. Kingston, Jam. 39 p.
- SHENG, T.C. 1990. Conservación de Suelos para los Pequeños Agricultores en las Zonas Tropicales Húmedas. FAO. Boletín de Suelos Nº 60. Roma, Italia. 122 p.
- SIBILIA RODRIGUEZ, T.A. 1988. Análisis de la Dinámica del Uso de la Tierra en las Areas Marginales de la Cuenca Alta del Río Nizao de la República Dominicana para Definir Acciones de Manejo Apropriado de sus Recursos Naturales. Tesis Mag.Sc. Turrialba, C. R. Programa de

- Posgrado/CATIE. 240 p.
- SUAREZ DE CASTRO, F. 1982. Conservación de Suelos. Ed. por Matilde de la Cruz. 3 ed. IICA. Serie de Libros y Materiales Educativos Nº 37. 315 p.
- TOSI, J.A. 1969. Mapa Ecológico de Costa Rica, según la Clasificación de Zonas de Vida del Mundo de L.R. Holdridge. San José, C. R., Centro Científico Tropical. Esc. 1:750.000. Color.
- _____. 1985. Sistema para la Determinación de la Capacidad de Uso de las Tierras de Costa Rica. San José, C.R. Centro Científico Tropical. 106 p.
- VASQUEZ M., A. 1991. Plan de Ordenamiento Territorial de Costa Rica. (Documento Preliminar) San José, C. R. SEPSA. 15 p.
- VEIMAN Q., C. 1988. Sensoreo Remoto: Aspectos Básicos de Fotografía Aérea, Fotogrametría, Fotointerpretación. In. Curso Corto Procesamiento de Imágenes y Sistemas de Información Geográfica. Turrialba, C. R. CATIE. p. 1-54.
- VILLA CAIGUA, A.B. 1989. Identificación de Areas Críticas Según Tipos de Erosión en la Cuenca del Río Barranca, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R. Programa de Posgrado/CATIE. 124 p.

ZAVALETA, A. 1988. Planificación del Uso de la Tierra en el Manejo de Cuencas. In. Curso Corto Planificación del Uso de la Tierra en el Manejo de Cuencas. Turrialba, C. R. CATIE. p.1-19.