

LA DEPRECIACION DE LOS RECURSOS
NATURALES DE COSTA RICA Y SU
RELACION CON EL SISTEMA DE
CUENTAS NACIONALES

Centro Científico Tropical
(CCT)

Instituto de Recursos Mundiales
(WRI)

febrero 1991
San Jose Costa Rica

Informe Final del Proyecto

Queremos expresar nuestro agradecimiento a los miembros del comité asesor que brindaron apoyo y sugerencias durante el transcurso del proyecto

Comité Asesor

- Ing Gamaliel Alvarado M Sc - BANCOOP
- Dr Manuel Baldares - Instituto Investigaciones Economicas UCR
- Biologo James Barborak M Sc - Especialista Areas silvestres
- Dr Elemer Bornemisza - Especialista en suelos UCR
- Ing Mario Boza M Sc - Viceministro MIRENEM
- Ing Juan José Castro M Sc - Economista Agricola OEA
- Lic Paulina Herrera - Banco Central de Costa Rica
- Dr Thomas McKenzie - Economista forestal CATIE
- Dr Alvaro Umaña - Ex Ministro MIRENEM Profesor INCAE
- Dr Jorge Mora Urpí - Botánico Agrícola UCR

Ademas reconocer la ayudada ofrecida por individuos contratados para hacer trabajos de suma importancia al proyecto

Consultores a Corto Plazo

Dr Elemer Bornemisza	Asesor - sector suelos
Ing Jorge Fonseca	Asesor - sector suelos
Srta Karen E Steffensen	Traductora
Srta Wendy Hitz	Traductora
Sr Hernan Badilla	Tecnico en computacion

Un especial reconocimiento al Lic Eduardo Madrigal M Sc de la Direccion General de Recursos Pesqueros y Acuicultura del Ministerio de Agricultura y Ganadería por su contribución con datos y sugerencias, y al Lic, Javier Saborío del CATIE por el apoyo en el uso de sistemas de informacion geográfica y la digitalizacion de mapas para el estudio

Reconocimientos

El siguiente informe ha sido elaborado por el Centro Científico Tropical (CCT) en colaboración con el Instituto de Recursos Mundiales (WRI) de Washington, D C. El financiamiento para el estudio fue proveído por USAID, El Centro de Investigación sobre el Desarrollo Internacional (IDRC) de Ottawa, Canadá y el Gobierno de los Países Bajos. La fundación Noyes de los Estados Unidos proveyó una donación inicial al proyecto.

El equipo de investigación incluye

Centro Científico Tropical

Raúl Solórzano Soto	Coordinador del proyecto
Ronnie de Camino Veloso	Economista principal
Richard Woodward	Economista y representante de WRI
Joseph Tosi Olín	Especialista - sector forestal
Vicente Watson Cespedes	Especialista - sector forestal
Alexis Vásquez Morera	Especialista - sector suelos
Carlos Villalobos Solé	Especialista - sector pesquero
Jorge Jimenez Ramón	Especialista - manglares

Instituto de Recursos Mundiales

Robert Repetto	Director del proyecto
Wilfrido Cruz	Jefe de proyecto

**LA DEPRECIACIÓN DE LOS
RECURSOS NATURALES EN COSTA RICA Y SU
RELACION CON EL SISTEMA DE CUENTAS NACIONALES**

I INTODUCCION

A	Antecedentes	1
B	Análisis de resultados	6

II CUENTAS FORESTALES

A	Historia socio-económica de los bosques de Costa Rica	13
B	Qué es la depreciación del recurso boscoso	22
C	Cuentas físicas	24
D	Cuentas Económicas - Bosque Natural	38
E	Apreciación del Recurso Boscoso	55
F	Resultados - Depreciacion del recurso boscoso de Costa Rica	61
G	Analisis de las Implicaciones	67
	Notas	70
	Anexo II-1 El capital boscoso Elaboración matemática	71
	Anexo II-2 Determinacion del uso de la tierra en Costa Rica, 1970 - 1989	74
	Anexo II-3 Información sobre volúmenes y tasas de crecimiento en bosques tropicales	78
	Anexo II-4 Corroboración de las estimaciones del valor de la madera en pie	79
	Anexo II-5 Unidades de medida en Costa Rica y Conversiones a m ³	83
	Anexo II-6 Costos de extracción, transporte e industrialización utilizados en el cálculo del valor de la madera en pie	85
	Anexo II-7 Indices utilizados en el modelo de costos de ETel de madera aserrada	90

Anexo II-8 Porcentaje de la madera que se estima tendria mercado en el futuro	91
Anexo II-9 Valor de la madera en pie en bosques secundarios	92
Bibliografía	93

III CUENTAS DE SUELOS

A Analisis de la situacion histórica	97
B Qué es la depreciacion del recurso suelo?	100
C La Valorizacion de la pérdida del suelo por su contenido de nutrimentos	107
D Depreciacion economica debido a efectos ex-situ de la erosion	125
E Analisis de los Resultados y sus implicaciones	134
Notas	136
Anexo III-1 Análisis de la depreciación del recurso suelo en términos de el cambio en la capacidad productiva del suelo	137
Anexo III-2 Leyenda de los tipos de unidades de tierra	147
Anexo III-3 Discusion de los niveles de N, P y K utilizados en los estimados de nutrimentos perdidos por la erosion en Costa Rica	154
Bibliografia	156

IV DEPRECIACION DEL SECTOR PESQUERO COSTARRICENSE

A Historia y Situacion Actual del Sector Pesquero	159
B Depreciación de Recursos Pesqueros	166
C Estimación de la depreciacion del recurso pesquero del Golfo de Nicoya	169
Notas	188
Anexo IV-1 Especies principales de la Costa y sus catagorías comerciales	190
Anexo IV-2 Estimado del rendimiento sostenible para toda la pesqueria del Golfo de Nico	191

Anexo IV-3	Estimaciones de biomasa pesquera del Golfo de Nicoya	192
Anexo IV-4	Costos de operacion de barcos en el Golfo de Nicoya	195
Anexo IV-5	Valoración del recurso sardina del Golfo de Nicoya	196
	Bibliografia	202
V RECURSOS COSTEROS		
A	Resumen general de los recursos costeros costarriceses	203
B	Cuentas físicas de los manglares	204
C	Valores economicos de los manglares del Golfo de Nicoya	213
D	Analisis del potencial económico de los manglares del Golfo de Nicoya	225
	Notas	233
	Anexo V-1 Marco Legal del uso de los manglares costarriceses	234
	Bibliografia	236

- 1 -

DEPRECIACION DE LOS RECURSOS NATURALES EN COSTA RICA Y SU RELACION CON EL SISTEMA DE CUENTAS NACIONALES

I INTRODUCCION

A Antecedentes

El Sistema de Cuentas Nacionales (SCN) es el mecanismo aceptado y adoptado universalmente para determinar la evolución económica de los países. Con ellas se mide el producto o flujo de bienes y servicios generados por la economía en un momento determinado, la productividad de esta economía y el rendimiento producido por el capital social. A partir de estas cuentas, se obtienen los indicadores económicos que permiten comparar sectores dentro de una economía, la economía en diferentes años y la situación de países entre sí o respecto a parámetros internacionales.

Es la herramienta utilizada por los gobernantes de los países y los responsables de los organismos internacionales competentes, para definir la política económica. De allí la importancia de sus resultados. El SCN no incluye todas las actividades humanas, solo mide las actividades económicas que implican un intercambio monetario. De una manera estricta, considera activos de capital tangibles, los productos del proceso de producción, con lo que se exceptúan los que son considerados de carácter "irreproducible" como la tierra. Los activos aceptados como tal en la contabilidad, son los que se pueden cambiar por dinero o se producen para el consumo propio y son utilizados en la producción de bienes y servicios que también tienen un valor monetario.

Se reflejan en la contabilidad nacional los movimientos económicos que indican el nivel de desarrollo del país en términos monetarios y de intercambio, evidenciando lo que se puede considerar el éxito o fracaso de un gobierno, como el crecimiento de las inversiones y el consumo o pérdida del capital. Sin embargo, no se considera en estas cuentas el valor del capital natural de un país, sus recursos naturales, base de la producción agropecuaria, la cual por el contrario, sí es reflejada en las cuentas nacionales. Como se desprende del mismo

SCN, "los activos físicos no reproducibles tales como terrenos o el crecimiento natural de los árboles no se incluyen en la formación bruta de capital, debido a que estos activos no están abarcados en la oferta de mercancías" ¹ La indicación es clara, pero por otro lado se incluye como parte de la formación bruta de capital fijo, los gastos efectuados en **mejorar** las tierras, en **desarrollar** o extender las zonas madereras y las plantaciones y **aumentar** la actividad pesquera Sin embargo, estas mismas actividades pueden causar el deterioro de los recursos base a través de la disminución del capital bosque por deforestación, del deterioro del recurso suelo por erosión o del agotamiento de la pesca por sobre explotación

El SCN no refleja la interrelación que existe entre el medio ambiente y la economía No se registra la descapitalización que ocurre por el consumo de los recursos naturales cuando se utilizan más allá de su capacidad de recuperación, con lo que se sobre estima el ingreso nacional Esto resulta a todas luces en una realidad aparente, que permite la ilusión de un ingreso relativo que puede consumirse hoy, pero sin considerar la capacidad de producción futura

En Costa Rica, el tratamiento a los recursos naturales que se da en las cuentas nacionales, es inadecuado No se considera el bosque, el suelo o el potencial pesquero, como un capital que genera rendimientos, ni se incluye su consumo y depreciación dentro de los análisis y definición de las políticas económicas Su exclusión oculta del gobierno y del público, el deterioro de la base de producción del sector más importante de la economía

La destrucción de bosques, suelos y aguas, recursos básicos de la economía del país, que indiscutiblemente se viene dando, no es reflejada como pérdida del valor productivo en la contabilidad nacional, por el contrario, esa destrucción es considerada como un aporte al Producto Interno Bruto (PIB), en tanto que significa un pago de salarios y pagos al capital lo que se nota en forma positiva Así mismo, en la formación de capital, como parte del PIB y del Producto Interno Neto (PIN), la habilitación de terrenos en forma indiscriminada, es

¹ Las Naciones Unidas, *Un sistema de cuentas nacionales*, New York, 1975

tomada como un ingreso. La eliminación del bosque, aún en terrenos de estricta vocación forestal para utilizarlos en actividades como la ganadería, es sumada en forma positiva. Esto resulta adecuado para aquellas tierras aptas, donde la actividad puede ser rentable en forma sostenida o permanente, pero no resulta tan cierto en aquellas tierras aptas para actividades menos intensivas como la forestal, donde la ganadería destruye el suelo, capital productivo, convirtiéndose en una actividad ni ecológica ni económicamente rentable.

El país cuenta con una buena parte de su territorio con capacidad para uso forestal. Los suelos en estas tierras son frágiles y susceptibles al deterioro si son utilizados en usos más intensivos. Más del 60% de su extensión territorial corresponde a tierras de aptitud forestal, pero solo 40% se encuentra bajo esta cobertura, por el contrario, cerca del 8% es apto para ganadería como uso mayor permisible, pero el 49% se ha dedicado a esta actividad. Los resultados indican que efectivamente se está despilfarrando el recurso natural.

Lo que se da es un doble suceso. Primero el de la inversión que la sociedad hace en los pastizales y segundo, el de desinversión que hace en bosques. El primero se contabiliza, pero el segundo no. El valor asignado como positivo es el costo de deforestar, preparar el terreno y de hacer el pastizal, lo que resulta en un valor negativo al restarlo del potencial generador de riqueza futura que se ha perdido. Esto no se refleja en el saldo neto.

El agotamiento de los bosques comerciales se estima sucederá en los próximos cinco años, a partir de lo cual se requerirá de una importación creciente de madera que puede significar una necesidad de aproximadamente \$375 millones anuales. Los suelos se erosionan a una tasa de más de 600 ton/ha/año, el sistema bancario ve con preocupación la recuperación de más de ₡10,000 millones (ley FODEA) por deudas que no se están pagando y que en su oportunidad financiarían el "desarrollo ganadero". El PIB apenas refleja una contribución del sector forestal que no supera el 1% por considerar solamente el valor de la producción en la montaña (maderero) y del transporte a la industria, cuando efectivamente el sector como tal contribuyó, por ejemplo, ya en 1983 con 5,300 empleos y un valor bruto de la producción de

más de ₡3,700 millones, sin incluir producción de artículos de madera, leña y otros productos directos e indirectos de la madera ²

En el SCN, cuando se calcula el PIN, se ha considerado la formación bruta de capital y se ha restado al PIB el consumo de capital, su desgaste y la depreciación. Así funciona cuando se trata de un activo como la maquinaria productiva, sin embargo, no cuando el activo es uno de los recursos naturales.

Debe darse un cambio en la forma de contabilizar los movimientos del capital de un país. Con la contabilidad actual, los responsables de la política económica toman decisiones basados en información insuficiente, lo que conduce inevitablemente al error de no tomar las previsiones que el caso amerita para proteger el capital y evitar empobrecimiento y deterioro, por omisión, de la economía a corto o mediano plazo. A nivel político esto no es necesariamente reconocido. Existe el concepto equivocado de que ciertos recursos son inagotables o de que el mundo vive una economía de sustitución en la que un recurso para la producción que desaparece o se agota, es sustituido por otro. Manera simplista de ver el medio ambiente natural y el valor que los recursos naturales tienen para la sociedad, puesto que precisamente el sustrato a partir del cual se logra obtener sustitutos de los recursos perdidos, son directamente los recursos naturales base. Si la base se pierde, no habrá sustitutos.

Es necesario e impostergable dar fuerza al debate entre los que toman las decisiones y los que cuentan con la información necesaria para que las puedan tomar razonablemente, sin importar los intereses políticos individuales, sino los de la sociedad de hoy y del futuro. El tema de la depreciación de los recursos naturales debe incluirse obligatoriamente en la agenda nacional, servir de base para que se fomente la discusión de las políticas ambientales en todos

² Flores Rodas, J. *Diagnostico del sector industrial forestal*. Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José Costa Rica, 1985

los sectores del gobierno y ser parte del análisis e implementación de las políticas económicas subsecuentes

El cambio debe darse, pero es necesario contar con los mecanismos adecuados para ello. Lo primero es la base de datos físicos que permitan llegar a la valoración económica. Segundo el desarrollo de la metodología requerida para determinar si existe o no depreciación de los recursos físicos. Tercero se requiere de una institución seria y con credibilidad que se haga responsable del flujo de información. Cuarto desarrollar la metodología del cómo incorporar la depreciación o apreciación de los recursos naturales en las cuentas nacionales, lo que a su vez requiere de modificar el SCN de las Naciones Unidas. Quinto es indispensable que el organismo encargado de llevar las cuentas nacionales, incorpore sistemáticamente la información en forma de cuentas satélites al inicio, mientras se opera la modificación del SCN para su incorporación definitiva.

Con el presente estudio, realizado conjuntamente por World Resources Institute de Washington y el Centro Científico Tropical de Costa Rica, con el apoyo financiero del Gobierno de los Estados Unidos a través de la U.S. AID, el Gobierno de Holanda, la Fundación Noyes de los Estados Unidos y el International Development Research Centre del Canadá, se pretende dar inicio al proceso de cambio indicado.

Sus propósitos han sido los siguientes:

- Realizar un análisis de los recursos naturales de Costa Rica en términos físicos, específicamente bosques y suelos a nivel nacional y pesca y manglares a nivel del Golfo de Nicoya en la costa pacífica del país. Para ello es necesario la determinación de la metodología para desarrollar las cuentas físicas necesarias en cada caso.
- Analizar diferentes modelos de valoración económica con el fin de definir y poner en práctica el modelo previo o modificado, que se ajuste a las circunstancias del estudio. Se incluye aquí el desarrollo de la metodología que se propondrá para la sistematización posterior de las cuentas nacionales.
- Estimar los costos económicos que para la sociedad ha tenido los cambios en los recursos naturales seleccionados.

- Con base en los modelos economicos, calcular el producto interno neto e inversion neta de la depreciación de los recursos naturales
- Realizar el analisis de las limitaciones que presentan las cuentas nacionales como medio de evaluación económica de lo que sucede con el capital básico o recursos naturales
- Identificar las necesidades de datos y estudios para un mejor tratamiento de los recursos naturales en las cuentas nacionales y por ende en las decisiones económicas

El estudio encontró limitaciones metodológicas por no disponer de la informacion completa para los cálculos que se pretendio realizar. De esto se desprende que la informacion se ajusto a un calculo de la depreciacion mínima que realmente ocurre, en el entendido de que por lo riguroso de los castigos a la información durante el proceso, existe seguridad en los resultados. Esta aclaración es valedera debido a que el impacto de los resultados es importante para la economía y es necesario verlo desde esta óptica. Los resultados del estudio no representan exageraciones de degradación ambiental sino análisis económico llevado a cabo en manera consistente, hasta el nivel posible, con el sistema actual de cuentas nacionales.

B Análisis de resultados

Los resultados económicos indican que Costa Rica está consumiendo su capital. Los recursos naturales se están desgastando a una tasa mayor que la de su capacidad de recuperarse, por lo que se estan depreciando. En un período de 20 años, de 1970 a 1989, a valores constantes de 1984³, la depreciacion acumulada de los recursos forestales, suelo y pesca, asciende a la suma de 174,712 millones de colones, por pérdida directa del recurso, tanto en su valor actual, cuando lo tiene, como por la perdida de potencial para generar rentas futuras al país.

La depreciación total incluye perdida del valor del volumen de madera perdido por la deforestación, mas la perdida del potencial adicional hacia el futuro del bosque bajo manejo, menos la creacion o regeneracion de nuevos bosques secundarios, para el caso forestal, pérdida

³ Todos los valores estan en valores del año 1984

de nutrimentos del suelo por pérdida en toneladas de suelo erosionado para el caso de suelos y pérdida del potencial productivo de la pesca por sobre captura, para el sector pesquero

La depreciación de los recursos estudiados, ocurre a un ritmo tal que la descapitalización puede llegar a ser irreversible. Para el período 1970-1982, trece años, la depreciación promedio anual fue de 6,455 millones de colones¹, pero para los siguientes siete años de 1983 a 1989, sencillamente se duplicó. Este aumento del 100% en la depreciación en tan corto tiempo se debe en mayor grado a la deforestación, debido a que como se observa en el Cuadro I-1, la depreciación del suelo se mantiene relativamente constante y muy cerca del promedio anual para todo el período, de 2,638 millones de colones, en pesca, la depreciación se inicia con la pérdida de potencial a partir del año 12 del período de análisis, con un promedio anual de 330 millones de colones. Sin embargo, en el caso de la madera, a pesar de darse una apreciación importante, debido a un incremento de bosques secundarios a partir del año 1985, la depreciación aumenta en un 119%, de 6,463 millones de colones en 1987 a 14,175 millones en 1988 y a 14,326 en 1989. Influye en el resultado el efecto de los precios de la madera, que tienden, aunque lentamente, a acercarse al valor real que es el de su costo de sustitución.

CUADRO I-1

**DEPRECIACION (APRECIACION) EN
EL VALRO DE LOS RECURSOS NATURALES DE COSTA RICA**
(valores en millones de colones de 1984)

	Sector Forestal			Sector de Suelos	Sector Pesquero	TOTAL
	Volumen en pie Volume	Potencial de manejo	Bosques Secundarios	Perdida de nutrientes	Perdida de potencial productiva	
1970	2,997	238	(169)	1,940	5,007	
1971	4,195	489	(147)	1,875	6	6,418
1972	3,279	286	(128)	1,986	7	5,430
1973	4,003	425	(110)	2,082	5	6,405
1974	4,091	587	(84)	3,180	(6)	7,767
1975	3,871	519	(61)	2,985	(16)	7,298
1976	3,212	349	(40)	2,531	(33)	6,020
1977	3,313	370	(21)	2,553	(65)	6,150
1978	3,407	391	(4)	2,350	(112)	6,033
1979	4,835	761	12	2,922	(93)	8,436
1980	4,356	642	26	3,088	(138)	7,973
1981	2,430	192	38	2,831	6	5,497
1982	1,854	79	49	3,120	99	5,201
1983	5,395	909	59	2,885	83	9,332
1984	6,010	1,082	68	3,028	166	10,354
1985	6,193	1,201	(35)	3,265	273	10,897
1986	9,224	2,162	(128)	2,497	386	14,140
1987	6,463	335	(212)	2,295	562	9,443
1988	14,175	1,249	(288)	2,623	650	18,408
1989	14,326	1,300	(355)	2,576	17,846	

El caso de la deforestación y su impacto en la economía es cuantitativamente importante. Los cálculos así lo indican, sin embargo, en el caso de suelos y pesca, aunque representa una proporción menor de la depreciación total, en el corto plazo resulta de mayor significancia, debido a que son la base de la alimentación nacional y de las exportaciones del país.

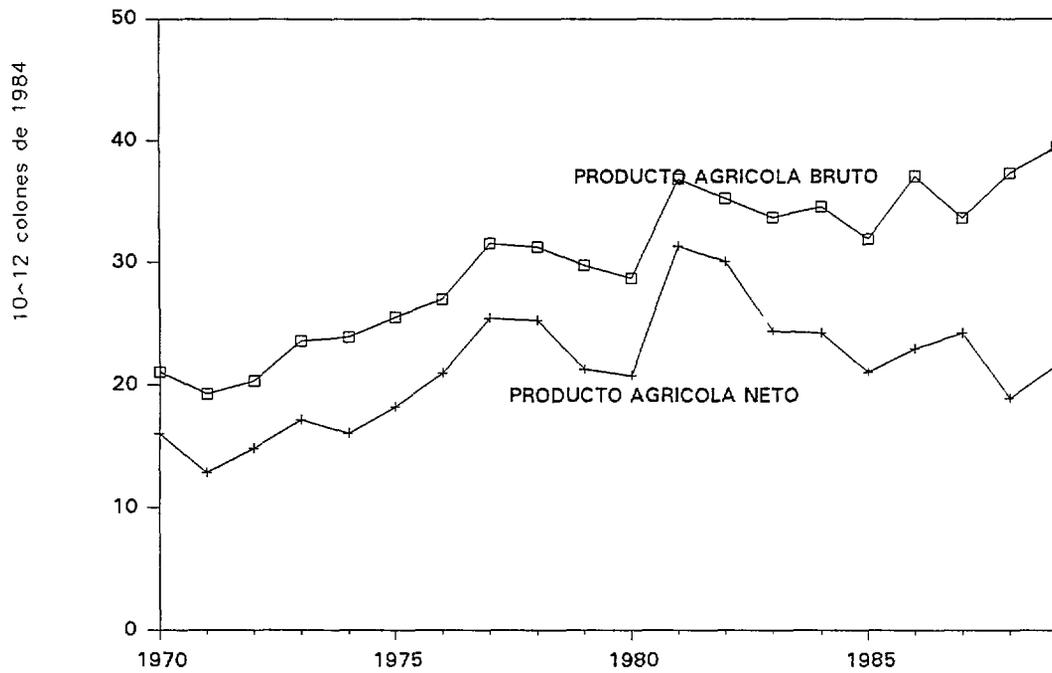
Para determinar su impacto en la economía, es necesario ir directamente a las cuentas nacionales. Si se analiza el Producto Agrícola Bruto, se aprecia que de incluir la depreciación de los recursos naturales, este se ve disminuido en 29% como promedio anual de 1970 a 1989. En la Figura I-1, se observa que en el menor de los casos, disminuye de 48,952 a 43,400

millones de colones en el año 1981 y que la afectación alcanza un 49% al disminuirlo de 37,309 a 18,815 millones de colones en 1986

FIGURA I-1

PRODUCTO AGRICOLA BRUTO Y NETO DE LA DEPRECIACION DE LOS RECURSOS NATURALES

(mil millones de colones constantes de 1984)



10
CUADRO I-2

**PRODUCTO INTERNO BRUTO Y
NETO DE LA DEPRECIACION DE LOS
RECURSOS NATURALES**
(millones de colones de 1984)

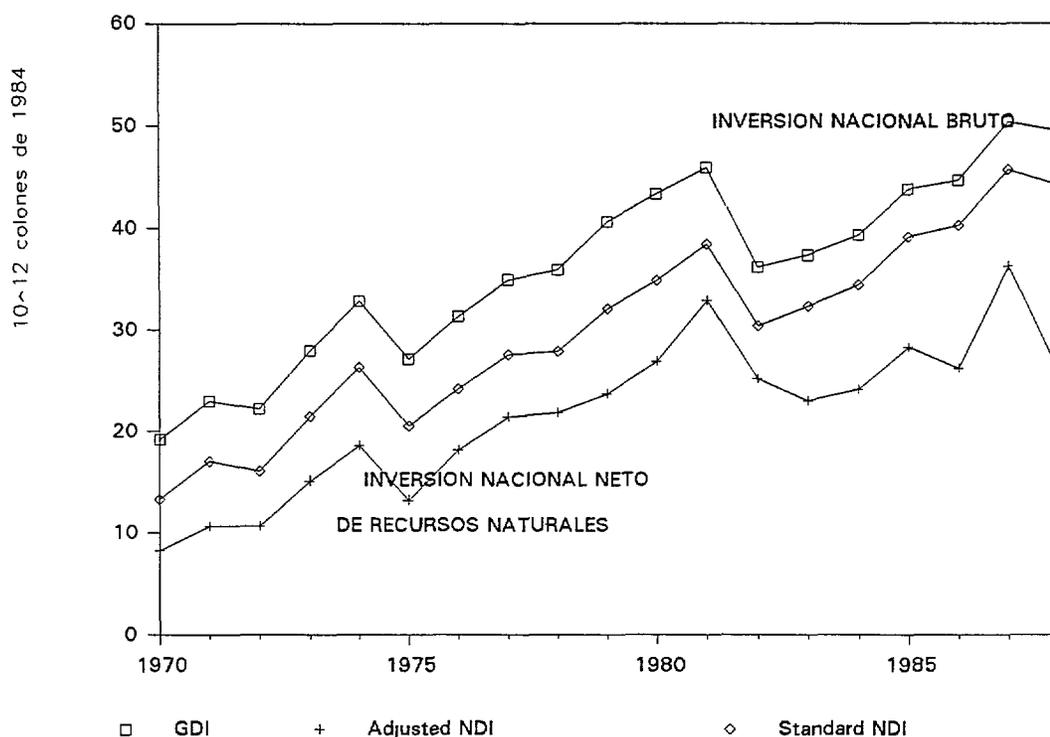
	Producto Interno <u>Bruto</u>	Depreciación de los Recursos <u>Naturales</u>	Producto Interno <u>"Neto"</u>	Depreciación como porcentaje <u>del PIB</u>
1970	93,446	5,007	88,440	5 4%
1971	94,382	6,418	87,964	6 8%
1972	100,912	5,430	95,482	5 4%
1973	116,525	6,405	110,120	5 5%
1974	122,740	7,767	114,972	6 3%
1975	125,393	7,298	118,095	5 8%
1976	132,310	6,020	126,290	4 5%
1977	143,990	6,150	137,840	4 3%
1978	153,124	6,033	147,091	3 9%
1979	160,598	8,436	152,162	5 3%
1980	161,894	7,973	153,921	4 9%
1981	158,237	5,497	152,740	3 5%
1982	145,932	5,201	140,731	3 6%
1983	154,481	9,332	145,149	6 0%
1984	163,011	10,354	152,657	6 4%
1985	169,299	10,897	158,402	6 4%
1986	177,327	14,140	163,186	8 0%
1987	186,019	9,443	176,577	5 1%
1988	207,816	18,408	189,408	8 9%
1989	231,289	17,846	213,443	7 7%

Respecto al Producto Interno Bruto, se tiene que es menor de lo anotado de acuerdo al Sistema de Cuentas Nacionales en un 5 7% como promedio anual, para los mismos 20 años. Esta diferencia resulta muy importante, sobre todo porque los que toman las decisiones en la economía, que generalmente consideran incrementos del 2% como exitosos o disminuciones en su crecimiento de igual magnitud como un indicador de que se requiere nuevas y urgentes acciones económicas, podrán con mejor criterio, tomar las decisiones políticas sobre la seguridad del capital básico del país. Los niveles en que se establece la diferencia, son de mucho cuidado. Si bien el promedio en los primeros 16 años de análisis es de 5 25%, en los últimos cuatro años del periodo, aumenta a 7 43%, con un máximo en 1988 de 8 9%, con lo

que se comprueba que el deterioro de los recursos naturales afecta directamente la producción y que lo está haciendo en forma creciente (Ver Cuadro I-2)

FIGURA I- 2

INVERSION BRUTA NACIONAL Y NETA DE LA DEPRECIACION DE LOS RECURSOS NATURALES



En cuanto a la formación de capital neto, cuando se obtiene por la forma tradicional, o sea restándole solamente el consumo de capital fijo, se tiene que representa un 81 21% de la Inversión Interna Bruta, lo que es aceptable Pero cual es la situación real cuando se debe descontar además la depreciación de los recursos naturales, que la Inversión Neta Nacional solo representa el 58 17% respecto a la formación de capital fijo Esta situación se hace patente al mostrar, como se observa en la Figura I-2, que en el año 1988, cuando la formación fija de capital fue de 94,518 millones de colones, la formación neta de capital significativo

89 00% de la formación del capital, pero al incluir la depreciación de los recursos naturales, solo representa el 51 90%

Las cifras son reveladoras. Los recursos naturales de Costa Rica se deterioran en forma creciente, acción que no está siendo tomada en cuenta por los responsables de la política económica, pero que afectará la futura productividad del país. La situación puede revertirse si se toman las medidas correctivas en el campo ambiental y económico según sea requerido, pero para lograrlo, es necesario que los decisores de la política cuenten con la información necesaria, que refleje fielmente la relación que existe entre el desarrollo económico y el medio ambiente, sobre todo que indique cómo el deterioro o mal uso de los recursos naturales, conduce al empobrecimiento del país.

La magnitud de estos datos no nos debe sorprender. Cuando se realiza un análisis histórico de los recursos de Costa Rica, la respuesta tiene que ser su pueblo, su tierra, los bosques que cubrían el país y las aguas que lo bañan y rodean. Sin embargo, será claro también que el "desarrollo" económico nacional se ha dado a costo de tres de estos recursos básicos. Claramente la riqueza natural se ha visto disminuida.

II CUENTAS FORESTALES

A Historia de los bosques de Costa Rica Factores socio-económicos que han causado la pérdida de la cobertura boscosa

1 Período Precolombino

Antes de la llegada de los españoles, lo que hoy es Costa Rica estaba cubierto con bosques naturales latifoliados. Sólo en los asentamientos indígenas dispersos, había aperturas en el manto verde, desmontes donde el indio cultivó maíz, frijol, cacao, yuca y algodón. La agricultura era migratoria con barbecho forestal. Los nativos, con hachas de piedra, dejaron los árboles grandes en pie esparcidos en los campos de cultivo, donde fueron muriendo paulatinamente por el fuego. Debido a las limitaciones tecnológicas y al alto costo energético de preparación manual de un campo de cultivo, los desmontes ocupaban los suelos más fértiles y menos erosionables, especialmente aluviales en bioclimas benignos. Al no existir ganado, después de cada ciclo de cultivo, los campos se transformaban en bosque secundario. Sin embargo el tiempo en barbecho era breve y la regeneración natural no logró prosperar por la limpieza y quema posterior.

Las zonas altas frías, terrenos en pendiente, suelos infértiles y mal drenados y las tierras en climas excesivamente húmedos -- que predominan en el país -- no podían ser aprovechadas económicamente por los nativos. Allí, el bosque quedó intacto, virgen, hasta la época de la Conquista.

Este bosque varía en fisonomía, contenido de especies, y potencial maderero debido a la diversidad existente de bioclimas, suelos, y relieve.

El indígena, cuya población se estimó entre 27,000 y 200,000 en el momento de la Conquista, vivía en armonía con su entorno, cubriendo sus necesidades de carne y pescado, frutas, medicinas y materiales de construcción del mismo bosque, de los muchos ríos y de los mares vecinos, abundantes en moluscos y peces. Del bosque recibió además, el abonamiento

natural, buena estructura del suelo, y el auto-control de la erosión, pestes, plagas y mala hierba

2 Los Primeros 300 Años

Todo cambió con la llegada de los españoles. Con la excepción de algunos rincones aislados de la Talamanca y San Carlos, el sistema ecológicamente balanceado del indígena fue destruido. Los Indios que sobrevivieron las guerras, la esclavitud y las terribles enfermedades traídas de Europa, sufrieron el mestizaje y su cultura fue reemplazada por la de España, una cultura con raíces muy distantes del trópico húmedo. Por largo tiempo, una población muy reducida de blancos y mestizos, culturalmente desmoralizada, ubicados en las mesetas templadas del interior, quedó aislada en una economía de simple subsistencia. Las llanuras bajas de las costas fueron abandonadas debido al paludismo y a la amenaza de filibusteros, indios mesquitos y piratas ingleses (Thiel, 1902). En esos lugares, una gran parte de los bosques de segundo crecimiento, consecuencia del cultivo migratorio de los indígenas, creció hasta llegar de nuevo a su estado maduro.

Pasaron trecientos años antes de que la población llegara a solo 50,000, habitantes a principios del siglo XIX (Thiel, 1902). Alrededor de 1822, coincidiendo con la independencia, Costa Rica empezó de nuevo el proceso de reducir el área de bosques naturales.

3 Los Primeros Cien Años de Independencia

La tala de bosques empezó lentamente, conforme al aumento de la población y la expansión de tierras convertidas permanentemente a fincas. Alrededor de 1822, la densidad demográfica era de una persona por kilómetro cuadrado, correspondiendo unos 100,000 árboles maduros por persona (Tosi, 1974). La expansión se inició en los asentamientos establecidos en el Valle Central entre Orosí y Palmares, y en la Península de Nicoya. Estas zonas son comparativamente fértiles y con climas benignos, apropiados para la producción de

la mayoría de cultivos, en especial caña de azúcar, tabaco y café. Este último cultivo se empezó a exportar alrededor de 1825 y dominó rápidamente la economía en las décadas siguientes.

Antes del fin de siglo, los bosques del Valle Central fueron destruidos para dar lugar a cultivos, que por ser permanentes, protegieron bien el suelo. Sólo se aprovecharon las maderas finas, en especial el cedro amargo. Hasta 1900, las fincas eran estables, prosperas y las regiones pobladas eran capaces de sostener poblaciones elevadas. Se ocupaba en conjunto menos de 10 por ciento del territorio nacional en cultivos, potreros y otros usos no forestales. Con excepción de algunas áreas pequeñas en la Costa Atlántica que se encontraban sembradas de banano (alrededor de 1880), los bosques naturales predominaban en el resto del país.

A fines del siglo XIX, empezó una ola de colonización espontánea hacia las costas (Sandner, 1972). Los colonos, de cultura agrícola europea (en contraste con los indígenas), necesitaban áreas grandes de pastizales para sus caballos y ganado vacuno. Lo abrupto de la topografía cerca de las costas, y la necesidad de mantener comunicación con la capital, provocó una expansión progresiva de la "frontera agrícola", que se orientó principalmente hacia el Pacífico. En su desplazamiento, no hicieron diferencia en la calidad del terreno. Arrasaron del valle a la cima los bosques de las montañas de Puriscal, Candelaria y Dota. Lo mismo hicieron a lo largo de la vertiente occidental de las cordilleras de Tilarán y Guanacaste.

Al salir del Valle Central, la colonización se volvió ganadera y extensiva, ocupando grandes áreas de tierra para una población en aumento natural, pero aun poco densa. Este movimiento masivo de campesinos sin tierras originó la deforestación de suelos de ladera poco fértiles y frágiles. Las regiones invadidas eran cálidas, lluviosas, y caracterizadas por una topografía abrupta o muy quebrada. Los suelos no sostenían una agricultura comercial permanente, ni de café o caña y después de pocos años de cultivos de subsistencia, se convertían en pastizales pobres y erosionados.

4 El Período Reciente

A partir del año 1922, el proceso de deforestación aumentó exponencialmente, siendo más grave en las últimas cuatro décadas (1950-1990). Las causas fueron una combinación de políticas oficiales expansionistas, leyes de tenencia de tierras muy liberales y una tasa de crecimiento demográfico elevada provocada por una tradición de familias grandes.

En la década de los 50, se inició un proceso que se puede denominar como la subcultura ganadera, la cual se basó en una política de fomentar la exportación de carne, apoyada con amplios programas crediticios, con recursos en su mayoría externos y en condiciones de subsidio que convirtió al país en grandes pastizales, en perjuicio de la agricultura tradicional. El resultado fue la masiva especulación en tierras baldías, proceso que terminó con el agotamiento total de las tierras de dominio público.

Entre 1950 y 1963, el área de bosques naturales públicos y privados se redujo en 605,103 hectáreas, a un promedio de 46,546 ha por año. Entre 1963 y 1973, la superficie deforestada alcanzó 615,396 ha, es decir más de 61 mil ha por año (ver Figura II-1 (Tosi, 1980 y datos de este estudio)).

La deforestación de esta época no obedeció a una expansión del área de tierras de labranza ni de cultivos comerciales de exportación sino principalmente a la expansión ganadera. El pastoreo extensivo no ocupa mucha mano de obra y requiere de áreas grandes de tierra para ser rentable. En esas condiciones la llamada "colonización agrícola" llevó poco beneficio a los campesinos pobres y no ayudó a aumentar la producción de granos y otros productos de consumo popular. Lo que sí hizo, fue convertir al campesino en un simple especulador de tierras. Al mismo tiempo, el campesino avanzó en forma precaria sobre los baldíos o tierras nacionales no ocupadas, la mayoría de las cuales eran de estricta vocación forestal, "limpiando" con hacha y fuego para realizar las "mejoras" mínimas requeridas por la ley para asegurar la posesión. Como la ley no les permitió tomar posesión legal de la tierra, la vendieron como "mejorada" a compradores con poder económico y acceso a crédito bancario para convertirlas en fincas ganaderas.

El proceso fue tan rápido que el avance sobrepasó los límites de comunicación y transporte terrestre existentes. Bajo estas circunstancias, no fue rentable ni posible, extraer y vender la enorme cantidad de madera que fue cortada. Probablemente más de 90 por ciento del volumen se convirtió en humo o se descompuso en el suelo, generando actitudes de despilfarro de recursos que aún persisten entre los campesinos y madereros del país.¹

5 Discusión General de la Economía de la Madera en Costa Rica

Los problemas fundamentales para el desarrollo del sector forestal en Costa Rica fueron definidos por el Plan de Acción Forestal (MIRENEM, 1990, p. 11)

- i) Desbalance en el aprovechamiento de los recursos de tierras y aguas
- ii) Escasa articulación entre el bosque y la industria forestal
- iii) Pérdida de recursos forestales y residuos vegetales como fuentes bioenergéticas
- iv) Pérdida de diversidad biológica
- v) Baja capacidad de gestión para el desarrollo forestal

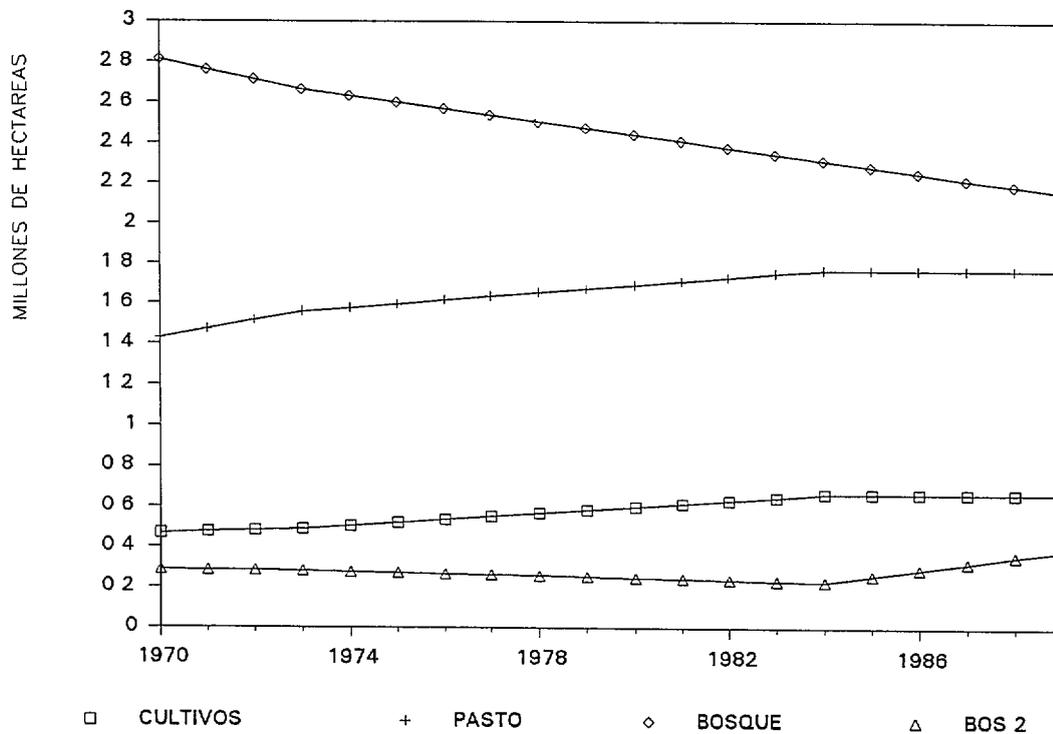
El señalamiento de los problemas es fundamentalmente de pérdidas y de potencialidades no aprovechadas. Las áreas boscosas del país han cumplido la función de banco de tierras para la expansión del sector agropecuario y abastecer a los programas de reforma agraria, situación que se aprecia claramente en la Figura II-1. Lamentablemente, como se muestra en los resultados de este estudio, incluso una gran parte de los terrenos aptos únicamente para la protección han sido utilizados por la expansión agrícola.

En este contexto, la economía de la madera ha sido de tipo minero, reduciéndose al aprovechamiento de algo de madera en áreas de transformación agraria y al aprovechamiento selectivo del bosque natural. El proceso de transformación no ha sido gradual, sino bastante rápido, en la mayoría de los casos deforestación directa para fines de uso agropecuario, favorecido por la dotación de infraestructura rural, crédito y la legislación y políticas de

desarrollo agropecuario (P A F , 1990) Históricamente, por lo general, el ganadero ha llegado antes que el forestal, cambiando directamente el uso de la tierra

FIGURA II-1

**USO DE LA TIERRA
DE COSTA RICA 1970 - 1989**
(millones de hectareas)



En los casos cuando ha habido extracción forestal, el proceso se completa con la ocupación y habilitación para usos agrícolas y ganaderos de las tierras abiertas por la actividad forestal

Como se señala en el Cuadro II-1, la industria forestal de Costa Rica es de pequeña dimensión, sin embargo abastece completamente el mercado nacional. El comercio exterior de productos forestales excluyendo pulpa y papel señala a Costa Rica como un exportador neto de productos forestales pero los excedentes de balanza comercial son insignificantes

CUADRO II-1

**CONSUMO APARENTE DE PRODUCTOS
FORESTALES EN M³ DE MADERA
1986**

<u>Producto</u>	<u>Producción</u>	<u>Exportación</u>	<u>Importación</u>	<u>Consumo Aparente</u>
Madera aserrada	356,211	124	184	356,271
Tableros y chapas	51,094	12,856	925	39,163
Palillos	1,659	5,315	1,031	-2,625
Total	408,964	18,295	2,140	392,809

Fuente DGF Censo de industrias forestales 1986-1987, DGF-CEMPRO, Departamento de Desarrollo Industrial

El no aprovechamiento de la materia prima generada en la deforestación y la escasa dimensión de la industria forestal nacional hacen que su participación en el PIB nacional y en el PIB de la agricultura sean realmente irrelevantes, tal como lo muestra el Cuadro II-2. La participación de la silvicultura fluctuó entre el 3.3 y el 6.1% del producto agropecuario y el conjunto de la Silvicultura y la Industria Forestal generaban entre el 1.9 y el 2.7% del producto nacional²

CUADRO II-2

PARTICIPACION DEL SECTOR FORESTAL EN EL PIB
(millones de colones corrientes)

Año	PIB		PIB		PIB	%	* PIBA
	Total	Agrícola	Silvícola	Industrial Forestal			
1978	30,194	6,164	290	500	790	2 62%	4 71%
1979	34,584	6,399	374	539	913	2 64%	5 85%
1980	41,405	7,372	449	655	1,104	2 67%	6 09%
1981	57,103	13,145	558	885	1,443	2 53%	4 24%
1982	97,002	23,884	790	1,306	2,096	2 16%	3 31%
1983	129,314	28,446	1,002	1,796	2,798	2 16%	3 52%
1984	163,011	34,571	1,513	2,481	3,994	2 45%	4 38%
1985	197,920	37,141	1,602	2,977	4,579	2 31%	4 31%
1986	246,579	51,417	2,284	2,744	5,028	2 04%	4 44%
1987	284,533	51,417	1,917	3,446	5,363	1 88%	3 73%

* Indica % del PIB Agrícola generado por el sector silvícola

Fuente Cuentas Nacionales de Costa Rica, Banco Central varios años

Por las razones antes mencionadas, hasta 1984 por lo general el bosque se considero como un obstaculo a la agricultura y a la ganadería. Un terreno deforestado tenia en ese tiempo mas valor que un terreno en bosque, equivaliendo la diferencia de precio al costo de la corta de los árboles³. Ironicamente, en los últimos años, los certificados de abono forestal (CAF), diseñados para fomentar la reforestacion, han provocado que dicho fenomeno se repita pero por diferentes causas. Hoy día, vale mas una ha limpia que una ha con bosque secundario⁴.

En la década pasada hubo una reacción contra la destruccion de los bosques y en favor de la conservación de los recursos naturales, tambien la política de plantaciones forestales ha sido mas agresiva, subiendo el promedio de reforestacion de 62 ha/año durante la década de los 70 a la 2,734 ha/año en la decada de los 80 (Cuadro II-3, DGF,1989). Sin embargo, el saldo neto continúa siendo negativo y el area bajo cobertura forestal sigue disminuyendo.

CUADRO II-3

AREA REFORESTADA POR AÑO EN HA

<u>Año</u>	<u>Superficie Reforestada</u>	
	<u>Anual</u>	<u>Acumulado</u>
1964	33 2	33.2
1965	0 0	33 2
1966	0 0	33 2
1967	47 8	81 0
1968	0 0	81 0
1969	0 0	81 0
1970	3 2	84 2
1971	0 0	84 2
1972	84 4	168 6
1973	24 0	192.6
1974	20 3	212 9
1975	21 0	233 9
1976	5 0	238 9
1977	12 0	250 9
1978	34 2	285 1
1979	412 9	698 0
1980	807 2	1,505 2
1981	1,097 8	2,603 1
1982	1,356 6	3,959 6
1983	976 5	4,936 1
1984	1,286 0	6,222 2
1985	2,500 9	8,723 1
1986	4,174 8	12,897 9
1987	5,303 2	18,201 1
1988	4,834 7	23,035 8
1989	5,000 0	28,035 8

En el contexto mencionado, la sociedad costarricense, hasta 1990 no ha reconocido el valor del bosque en el desarrollo económico, social y ambiental y ha destruido el recurso mas allá de su capacidad de recuperación. Se han perdido de esa manera no sólo los volúmenes presentes en el bosque, sino además la capacidad de generar una renta económica al país. Estos beneficios podrían proceder tanto de la potencial producción forestal, como de los valores indirectos en los que se destacan el apoyo a la producción agropecuaria, la producción de energía y el turismo, todos en estrecha relación con los recursos naturales renovables.

B Qué es la depreciación del recurso boscoso

Los bosques de un país son un capital capaz de producir una renta directa a través de la generación de productos que se transan en el mercado y una renta indirecta a través de la producción agropecuaria, producción de agua, estabilidad ambiental y otros beneficios que dependen de la existencia de los bosques

A nivel nacional un país debe invertir suficiente en nuevos bienes de capital como para compensar la depreciación de los activos existentes y preservar la capacidad productora de ingresos (renta) del stock de capital (Repetto et al 1989, p 12) En términos económicos, la depreciación es el valor del consumo de un capital durante un proceso productivo Es el valor del desgaste de una maquinaria o de un vehículo durante su uso en un proceso productivo Como el objetivo de un capital es generar renta, también se puede definir como depreciación la pérdida de la capacidad de generar renta de un capital

Por lo tanto, al definir el recurso bosque como un capital, es necesario también definir la depreciación del mismo, correspondiente al uso que se le da al recurso En el campo de recursos naturales, la inversión compensatoria la puede hacer el hombre o la puede hacer la naturaleza El hombre la hace a través de la reforestación y regeneración de áreas descubiertas o explotadas La naturaleza repone el capital a través del crecimiento de la biomasa y de la regeneración natural de un área

La depreciación del recurso boscoso puede ser expresada en términos físicos de superficie o volumen, o en términos económicos En términos físicos, la depreciación es la disminución neta del volumen total de madera del inventario nacional En este sentido la depreciación del recurso boscoso equivale al volumen final del período menos el volumen inicial del mismo Para obtener el volumen final en un ejercicio determinado, hay que sumar al volumen inicial los incrementos por crecimiento y el volumen de nuevos bosques (plantaciones y bosques secundarios) y restar las disminuciones por deforestación, por explotación, por daños y por incendios, todo expresado en términos de volumen

También podría definirse la depreciación en términos de superficie, como la diferencia entre la superficie final y la superficie inicial de bosques en un ejercicio anual. Las diferencias de superficie se producen por cambio de uso de tierras a barbecho, a bosques secundarios y a plantaciones forestales. Sin embargo, la depreciación en términos físicos de superficie o de volumen tiende a ocultar la naturaleza diferente de cada superficie (diferentes tipos de bosque) y de cada volumen (diferente calidad y valor de las especies).

El valor actual de la madera en un bosque determinado es igual al valor de mercado del producto final obtenido de esa madera menos todos los costos de extracción, transporte e industrialización (ET&I), tomando en cuenta el costo normal del capital. Este valor, que puede ser aplicado a un árbol en particular o una extensión amplia de bosque, se llama el valor de la madera en pie o tronconaje. De acuerdo con la definición anterior, la depreciación del capital bosque en un año determinado, equivale al valor de la madera en pie de la disminución en el inventario forestal del país en aquellas superficies que han sido transformadas directamente de bosque a otros usos (ver el Anexo II-1). Desde el punto de vista de la pérdida de la capacidad de generar rentas, la depreciación corresponde al valor presente de las rentas futuras de la superficie de bosques que se ha perdido. También puede expresarse como lo que costaría restituir el bosque en su condición original.

Es importante destacar que la transformación de tierras implica un aumento en el capital del sector agrícola y, a la vez, una pérdida en el capital del sector forestal. La conversión de tierras aptas para la agricultura, representa entonces, un aumento en el valor del capital nacional y la deforestación de tierras con poca capacidad agrícola pero con alto valor forestal implica depreciación neta. Actualmente las cuentas nacionales consideran la habilitación de terrenos para la agricultura y ganadería como una formación de capital en una cuenta que se llama Mejoras Agrícolas, pero no consideran la pérdida del capital boscoso. El propósito de este trabajo es agregar a las cuentas el valor de la depreciación del bosque, obteniendo entonces el valor neto correcto.

Al contrario de otros capitales, los capitales renovables como bosques no se deprecian si la cosecha en un período determinado no excede al crecimiento del sistema en el mismo periodo (en términos cuantitativos y cualitativos) Cualquier corta más allá del crecimiento afecta al capital y es una depreciación del recurso

El valor agregado por cortas (si se traduce en producción forestal efectiva) aumenta los ingresos nacionales que quedan reflejados en el PIB del país Sin embargo, cuando las cortas superan el crecimiento, la parte de la producción que excede el crecimiento afecta el potencial de los bosque y es, por lo tanto, depreciación Esta pérdida no está reflejada en las cuentas nacionales con los métodos de cálculo actualmente usados (Las Naciones Unidas, 1972)

Finalmente, hay que dejar en claro que si la depreciación de un bosque se mide a través del valor del volumen perdido, del costo de reposición del recurso o de la renta perdida, se hace referencia únicamente a los productos directos, como la madera En realidad deberían considerarse también los productos indirectos, que no se transan en el mercado y los beneficios ambientales que se pierden con la destrucción del bosque En particular, los bosques de protección, que en general no tienen valores positivos en cuanto a su capacidad de producción forestal, tienen potencialmente valores indirectos muy altos que no han sido cuantificados

C Cuentas físicas - depreciación del bosque natural de Costa Rica

1 Metodología

a Proceso de mapificación

Para la determinación de la pérdida de bosques, primero se caracterizó el país en unidades ecológicas homogéneas a través de la sobreposición de mapas (1) de bioclima o Zonas de Vida (CCT, 1990), (2) mapa de Grupos de Suelos y pendientes (SEPSA, 1977) y (3) el mapa geomorfológico (SEPSA, 1977), todos a escala 1:200,000 Las 860 combinaciones distintas resultantes de esta superposición de mapas se les denominó "unidades de tierra" (UT) También se usó mapas de uso de la tierra del año 1984 (IGN, 1985) y para los años 60 (IGN,

1970) El área total de uso agropecuario de 1963 y 1973 se determinó de los censos agropecuarios de 1963 y 1973 ⁵

Los diferentes mapas utilizados fueron digitalizados en el CATIE con el sistema de información geográfico ERDAS y posteriormente se transfirieron a ARC/INFO en el Centro de Información Geográfica del CCT. Dicho proceso se hizo mediante un programa diseñado específicamente para este fin (Badilla, 1990), que transforma los archivos de salida ASCII del ERDAS y los convierte a archivos de entrada ARC/INFO.

Se sobrepuso el mapa de las UT con los dos mapas de uso para determinar las características de los bosques en dos puntos en tiempo. El uso de la tierra durante todo el periodo se estimó a través de interpolaciones y extrapolaciones como se explica en el Anexo II-2.

b Características físicas de cada UT por ha

i) Metodología para estimar los valores de volumen y crecimiento

Para correlacionar las cualidades físicas de los UT con su probable vegetación y volumen original se siguió el siguiente procedimiento:

Paso uno Como base empírica del análisis se utilizó principalmente (pero no exclusivamente) los resultados de un estudio de bosques naturales primarios de Costa Rica elaborado entre 1964 y 1966 (CCT y WNRE, Inc., Holdridge et al., 1971). Este estudio examina en detalle la vegetación natural primaria, la litología, geomorfología y suelo correspondiente a 44 asociaciones vegetales en condición primaria distribuidas en 10 zonas de vida diferentes del territorio nacional. Se ubicó con precisión cada una de estas asociaciones en el Mapa de las UT, y luego se determinó el número de UT correspondientes directamente a cada asociación descrita.

Paso dos Se buscaron las UT análogas combinando clases de pendiente próximas (e.g., p/so, so/mo, fo/e), y categorías similares, bio compatibles de (a) litología, (b) zonas de vida (e.g., bs-T/bh-P, bh-T/bmh-P1), y sub-grupos edáficos (con los demás factores iguales).

Para las Unidades de Tierra no representadas ni con sus análogos en el estudio WNRE/CCT, se extrapoló valores a partir de los datos disponibles y se usó como referencia otros estudios, como por ejemplo, de Swedforest AB (1977) y CCT (COPANO 1987) y finalmente se hizo varias estimaciones basados en las demás asociaciones para llegar a tener 45 agrupaciones de 860 diferentes UT

Paso tres Para determinar la potencialidad de crecimiento de la vegetación natural de cada UT se usó la evapotranspiración real (ETR), puesto que este valor indica la disponibilidad simultánea en un sitio de todos los factores de crecimiento de las plantas. Para cada asociación vegetal de referencia se determinó la evapotranspiración real media anual en milímetros equivalentes de precipitación, empleando la fórmula de Holdridge (1967, pp 102-104). La evapotranspiración real considera a su vez a la evapotranspiración y el desarrollo del bosque (Holdridge, 1967) en base a la altura total de la vegetación natural y número de estratos del bosque primario

$$ETR = 29.47 \text{ Altura en metros } \frac{\text{No estratos actuales}}{\text{No estratos asoc climática}}$$

Paso cuatro Se calculó la productividad primaria neta anual (NPP) sobre el suelo en toneladas de biomasa seca por ha con la fórmula propuesta por Tosi (1980) según Rosenzweig (1968) y Holdridge (1967)

$$NPP = ETR - 0.027$$

Paso cinco Con referencia al estudio de WNRE/CCT (Holdridge *et al op cit*), se estableció para cada asociación y por implicación las UT las siguientes características

- A Número de especies presentes
- B Número de especies por 0.1 ha
- C Densidad del Rodal número de árboles >9.9 cm d a p en 0.1 ha
- D Altura promedio del dosel superior (en metros)
- E Área basal en m² de todos los árboles >9.9 cm d a p en 0.1 ha

F Largo promedio de fustes aprovechables entre el tocón mínimo y la primera rama viva (en metros)

(nota estas letras serán utilizados para identificar las características en las siguientes ecuaciones)

Paso sexto Se calculo el volumen potencial de los fustes aprovechables en m^3 por ha de madera rolliza con diámetros mayores de 9.9 cm mediante la siguiente formula

$$G = \frac{F \cdot E}{6.7}$$

El volumen calculado por la formula es el volumen potencial del tipo forestal. Se estima que el volumen medio corresponde al 80% del volumen potencial

Paso sétimo Se determinaron los volúmenes por ha de madera rolliza en fustes de densidad alta (DU), mediana (SD) y baja (SU) multiplicando el volumen total (G) por el porcentaje del volumen que debe representar las especies presentes. El cálculo se baso en un estudio de densidades por gravedad específica de los especies presentes en las mismas asociaciones y en otros bosques calificados por zona de vida en Brasil (Chudnoff, 1974). Agrupando las seis clases de Chudnoff en la siguiente forma

Livianas	(< 0.30)	y	(0.30-0.39)	Promedio est 0.30
Medianas	(0.40-0.49)	y	(0.50-0.59)	Promedio est 0.50
Pesadas	(0.60-0.69)	y	(> 0.69)	Promedio est 0.80

Paso octavo Se calculo la densidad media (H) en gravedad específica básica multiplicando los promedios estimados para las clases (DU), (SD) y (SU) por los volúmenes presentes en cada clase y dividiendo la suma de los tres por el volumen total de cada asociación

Paso noveno Se calculo el incremento potencial anual bajo manejo intensivo de bosque natural (I) en m^3 de madera rolliza por año, de todas las especies y fustes, entre tocón y primera rama viva, de árboles >9.9 cm d a p. Utilizando las características antes mencionadas, el cálculo se basó en la fórmula siguiente

$$IMA = I = \frac{NPP * 0.64 * F}{H * D}$$

Diversos estudios indican que aproximadamente 90% de la productividad primaria neta encima del suelo consta de fustes y ramas vivas, incluyendo corteza (madera) Se redujo **P** en 20% para compensar estas pérdidas y para compensar además posibles defectos como troncos huecos o podridos, (no habiendo datos fidedignos para el último) Además se considero que el crecimiento promedio equivale al 80% del crecimiento potencial, por lo que se toma un factor final de 0.64

Las características finales de las diferentes asociaciones utilizadas en las cuentas se presentan en el Cuadro II-4

El resultado original indica solamente el volumen potencial obtenible por biotipo bajo manejo intensivo, profesional, iniciado en bosques naturales maduros Este volumen rollizo, teóricamente sería convertible en una multiplicidad de productos, inclusive energéticos, dada una economía dirigida a maximizar ingresos sostenibles de todos los recursos naturales a largo plazo Como es difícil económicamente lograr el nivel óptimo de manejo biológico se procedió a la reducción indicada como una estimación realista

CUADRO II-4

**CARACTERISTICAS DE LAS ASOCIACIONES
VEGETALES* REFERIDAS A LAS UNIDADES DE TIERRA
POR ZONA DE VIDA**

<u>No</u>	<u>Sitio</u> <u>Asociación</u>	<u>Alt/tl</u> <u>metros</u>	<u>No Arb</u> <u>/ha</u>	<u>IMA</u>	<u>Vol Madera m³/ha</u>			<u>%></u> <u>50cm</u>
					<u>D</u>	<u>SD</u>	<u>SU</u>	
<i>Bosque seco Tropical y bosque húmedo Premontano transición a cálido</i>								
1A	NC	22	580	2 0	18	13	16	38
1B	WE/IE	29	350	5 5	78	50	66	44
1C	DE	7	78	<0 1	<1	<1	<1	0
1D	DE	9	470	0 3	4	4	3	0
1E	WE	24	335	1 7	3	18	54	42
1F	WE	33	167	5 6	51	102	34	27
1G	FE	44	265	13 6	72	202	66	68
<i>Bosque húmedo Tropical</i>								
2A	DA	45	506	11 9	159	159	54	40
2B	DA	43	353	12 1	92	186	62	62
2C	DA/DE	30	500	6 5	51	114	26	34
3	FE	40	590	12 9	94	212	47	84
20A	NC	39	540	10 6	208	134	60	50
20D	DE	30	590	8 0	135	106	25	44
23	DE	30	550	8 5	169	13	60	40
<i>Bosque muy húmedo Tropical</i>								
4	WE	43	600	18 6	98	266	111	57
8A	C	54	520	20 3	209	228	104	50
8B	VWE	26	235	1 3	88	2	2	68
8C	H/IE	34	360	1 8	81	0	0	0
8D1	WE/FE	40	540	14 9	191	261	131	61
8D2	FE	48	240	20 4	178	357	179	75
8E	WE/IE	45	420	16 7	113	165	35	58
8F	DE	36	690	15 5	174	227	112	49
19A	WA	43	510	17 3	217	262	142	60
19B	WA/IE	40	520	10 2	55	91	36	48
19C	WA/VWE/FE	47	290	11 2	0	678	0	87
19E	WA/VWE	40	720	9 1	277	434	78	25
19F	WA	40	440	14 5	138	180	86	52

(Cuadro II-4 continuado)
Bosque húmedo Premontano

18	NC	23	490	5 5	45	52	26	52
21	NC	22	570	5 7	126	12	22	41

Bosque muy húmedo Premontano

7	IE	44	500	13 8	100	105	47	39
11	WA	46	410	17 8	160	270	122	
15A	DA/IE	38	580	7 1	92	84	28	18
15B	DA/IE	32	630	13 5	104	119	59	25
15C	DA/IE	29	570	11 4	69	74	31	37
16	FE	34	440	11 6	189	146	58	52

Bosque pluvial Premontano

5	DE	42	580	13 1	100	70	29	30
22A	NC	42	636	11 9	74	113	44	44
22B	WE	39	640	10 7	70	115	30	25
22D	FE	46	540	15 2	150	248	65	40
22E	WA	38	700	11 4	81	142	22	25

Bosque húmedo Montano Bajo

17	DE	33	400	8 3	184	70	27	44
----	----	----	-----	-----	-----	----	----	----

Bosque muy húmedo Montano Bajo

10	FE/DA	23	520	6 1	102	107	46	44
----	-------	----	-----	-----	-----	-----	----	----

Bosque pluvial Montano Bajo

9A	NC	27	500	5 3	110	42	15	46
9B	FE/DE	49	430	12 8	691	38	41	46
12	WA/DE	20	940	3 8	105	117	11	33

Bosque pluvial Montano

6	NC	30	610	3 5	210	32	20	34
---	----	----	-----	-----	-----	----	----	----

* Holdridge et al 1971

Leyenda para Asociaciones (sensu Holdridge 1967) C=climática, NC=cerca a climática, WE=edáfica húmeda, VWE=edáfica muy húmeda, DE=edáfica seca, IE= edáfica infértil, FE=edáfica fértil, DA=atmosférica seca, WA=atmosférica húmeda, H=hídrica

Alt/tl=altura total del rodal, IMA=incremento medio anual, D=madera dura, SD=madera semi-dura, S=madera suave, % > 50 cm=porcentaje del volumen en troncos con diámetros mayores de 50 cms

ii) **Discusión de los datos de volumen**

Con el fin de tener una idea exacta del significado de las cifras, es necesario hacer las siguientes consideraciones. Los datos sobre volúmenes y crecimiento obtenidos mediante los cálculos anteriores podrían ser considerados demasiado elevados si se les compara, respectivamente, con datos obtenidos mediante inventarios forestales convencionales y parcelas experimentales de crecimiento en bosques naturales maduros no manejados. Por eso es recomendable hacer hincapié en lo siguiente:

- Se basan en estudios científicos, es decir, en mediciones exactas al detalle con instrumentos de precisión, aplicados con cuidado a cada árbol sobre parcelas de 1/10 ha medidas y marcadas en el terreno y con varias replicas en cada asociación estudiada. La ubicación de cada árbol se determinó con instrumentos y se dibujo a escala real, luego se realizó tanto en el plano horizontal como en el vertical en relación a los linderos de la parcela. Los resultados se expresan como promedios de los resultados en varias parcelas distribuidas al azar en el rodal estudiado. El factor 0.64 lleva los resultados del nivel del rodal estudiado al nivel de promedio para el tipo forestal. En inventarios forestales, las mediciones son generalmente estimaciones hechas rápida y crudamente y con poca o ninguna instrumentación exacta.
- El área basal incluye todas las especies de tronco rígido con $d \geq 10$ cm y más, sin excepción. Así, se incluye las palmas pero no las lianas. En inventarios comerciales, se escogen las especies consideradas "comerciales" o de aceptación en el mercado con criterio subjetivo y se ignoran las demás especies en la toma de diámetros. Además, el límite diamétrico inferior es usualmente 40 cms, no 10 cms.
- El largo de los fustes se midió desde el suelo hasta la primera rama viva, sin exclusiones por mala forma, aletas o ahusamiento del tocon, huecos o deformaciones entre estos dos

puntos Esta distancia, igual a la altura total, fue medida con instrumentos, no como es usual en inventarios forestales, estimado en gran parte "al ojo" y solamente para el numero de trozas de mayor utilidad a los madereros

- El volumen total de madera rolliza (estimado en el presente estudio) no es comparable a los volúmenes determinados por los inventarios forestales, y fue determinado en base a los datos brutos obtenidos de las mediciones aludidas arriba con correcciones hechas *a posteriori* para el ahusamiento, corteza, forma mórfica y posibles defectos Este volumen podría considerarse un volumen rollizo total mas exacto de cada tipo de bosque, es decir, la biomasa leñosa total aprovechable en algún producto, sea solamente para energeticos u otro uso total de biomasa No es y no pretende ser el volumen "comercial" de madera aserrable al momento en uno u otro lugar geografico del pais, porque este volumen nunca ha sido y no puede ser determinado con confianza por los metodos forestales convencionales

Con el objeto de comparar resultados, Brown (1984) determina a partir de datos de FAO la Biomasa total y promedio de los Bosques de America Latina En su estudio llega a un resultado de 176 ton/ha, equivalente a un volumen sobre 10 cm de diametro de 283 m³/ha con una densidad media de 0 62 gr/cm³ En el presente estudio se llega a un promedio de 360 m³/ha, lo que equivale a 288 m³/ha hecha la correccion a volumen promedio

El Cuadro II-5, muestra un detalle de las estimaciones de Brown (1984) y del presente estudio para diferentes zonas de vida

CUADRO II-5

COMPARACION DEL VOLUMEN DE BOSQUE TROPICAL EN AMERICA LATINA Y EN CENTROAMERICA

Zona de Vida	Volumen en m ³ /ha en árboles > 10 cm en diam	
	<u>América Latina*</u>	<u>Costa Rica**</u>
bh-T	332-558	192-402
bmh-T	177-479	81-789
bh-P	102	126-160
bmh-P	440-671	174-495
bp-MB	620	168-770
bmh-M	435	254

* Fuente Brown, 1984

** Resultados de este estudio, ver el Cuadro II-4

Las cifras del cuadro muestran que no hay grandes diferencias entre los volúmenes de Latinoamérica en general y los que este estudio presenta para Costa Rica

El Anexo II-3 muestra también resultados de volúmenes de diferentes estudios, la mayoría de los cuales son similares a los obtenidos aquí, aunque también algunos son más bajos. Sin embargo, hay que considerar que en general los promedios del bosque de Costa Rica son mejores que los del bosque amazónico por ejemplo, debido a la mayor calidad de los suelos y a precipitación pluvial

iii) **Discusión de los valores de crecimiento**

En cuanto al crecimiento medio medio anual, IMA, se trata de una figura ideal para manejo intensivo de bosques naturales maduros. Este valor no se basa en mediciones directas de bosques manejados, porque tales circunstancias todavía no existen en el país, sino en ciertos supuestos sobre productividad primaria neta y su relación con la evapotranspiración real de la biomasa en condiciones de crecimiento estimulado por el hombre

Los estudios de crecimiento convencionales de bosques naturales tropicales (e.g. Veillon, 1983) se han hecho, en su mayoría, en rodales maduros hasta post-maduros, es decir,

climax Resulta, entonces, que la tasa de crecimiento registrada en ellos ha sido muy baja debido a que bajo tales condiciones (excepto en claros naturales), la fotosíntesis logra sólo el mantenimiento del rodal maduro en pie

Aunque los valores estimados puedan parecer altos, presentan predicciones más exactas para análisis económicos o proyecciones de manejo porque se basan en mediciones científicas de la fisonomía de cada asociación o tipo de bosque en su estado maduro Los datos fisonómicos así obtenidos sirven primero para determinar la evapotranspiración real del hábitat bajo condiciones naturales sin disturbio, la densidad promedio de la madera y la relación altura de fuste/altura de dosel necesarios para el cálculo final De esta manera se estima el crecimiento potencial de bosques primarios o bosques secundarios maduros, bajo un régimen de manejo de rendimiento sostenido dirigido por profesionales forestales que mantienen la producción de materia leñosa a su punto máximo por medio de cortas periódicas

El manejo óptimo a que se refiere implica

- el aprovechamiento de la totalidad de la materia leñosa y no solamente especies y tamaños selectos,
- la integridad del bosque natural completo en especies y animales adaptadas a las condiciones físicas presentes,
- la cosecha de cada árbol en estado de madurez pero no de post-madurez,
- la cosecha frecuente en pequeños grupos esparcidos sin dañar al bosque remanente, e
- intervenciones periódicas de entresaque, limpieza de material competitivo y salvamento de la materia muerta

Este nivel de intensidad y sensibilidad hacia el bosque está muy lejos todavía de las prácticas y pensamiento de madereros e inclusive de la mayoría de forestales profesionales, quienes manejan por lo tanto información parcial sobre el potencial productivo según sus experiencias propias Sin embargo, el manejo intensivo debe ser y probablemente será la meta tanto profesional como la norma de la industria en un futuro cercano Por el momento, los valores presentados en el Cuadro II-4 son un potencial solamente (aun con el descuento de

20% ya mencionado) Sin embargo, este potencial representa una pérdida real de los valores que el país podría haber logrado si se hubiera orientado hacia la producción sostenible de maderas y otros valores del bosque

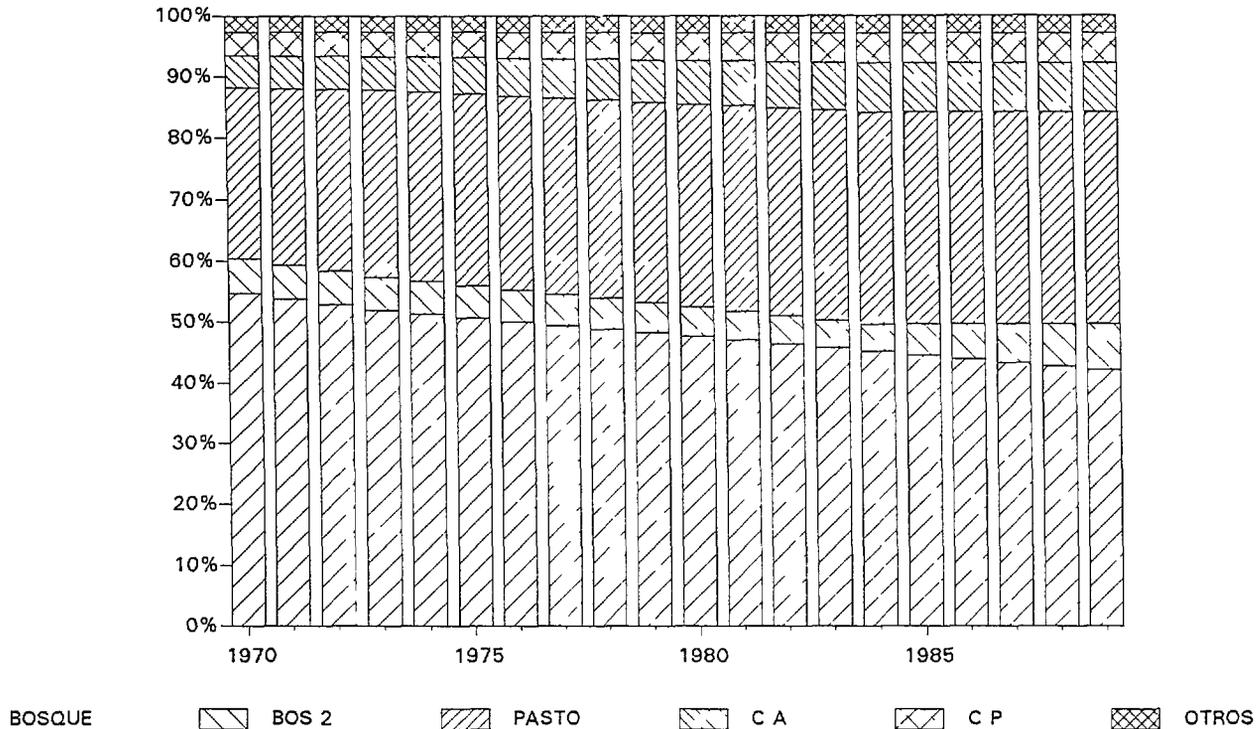
Como será explicado en la sección que sigue, en las cuentas económicas se estimara el volumen y crecimiento de las especies que tienen valor en el mercado, que es menor que las cifras aquí mencionadas. El solo dar cifras menores de las fuentes comunes sería incorrecto y resultaría en una subvalorización importante de la magnitud de la pérdida causada por la deforestación. Al contrario, basándose en valores científicos se propone calcular no solo las pérdidas económicas, sino también las pérdidas físicas con la mayor precisión posible

2 Resultados - Cuentas Físicas

La deforestación en Costa Rica ha sido sumamente alta. La tasa anual de deforestación en los trópicos es en promedio de 0.6% anual (WRI, 1988) mientras que en Costa Rica ha variado desde 1.2% anual en 1963 hasta 1.8% anual en 1989, es decir entre 2 y 3 veces más alta que la tasa promedio mundial.

Se estima que la superficie anual de deforestación fue de 48.8 mil ha/año entre 1963 y 1973, para bajar a 31.8 mil ha/año entre 1973 y 1989. En el período de análisis, el país perdió el 26% de sus bosques primarios, pasando de 58.5% de la superficie total del país a 42.9% (Figura II-2)

FIGURA II-2
DISTRIBUCION DEL USO DE LA
TIERRA EN COSTA RICA 1963-1989



La figura muestra que la mayoría de los terrenos deforestados pasaron al uso ganadero (484,635 ha) y a cultivos anuales (168,638 ha), de acuerdo con el desarrollo histórico del uso de la tierra reseñado en la sección II-A. Del área total deforestada entre 1966 y 1984 de 847,403 ha, solamente 34.7% resultó en un cambio de uso justificado, al pasar áreas bajo bosque a usos agropecuarios que pueden ser sostenidos (Cuadro II-6). El restante 65.3% de la deforestación ocurrió en áreas de aptitud forestal para producción intensiva, extensiva y protección y no debieron haber cambiado de uso nunca. En estas superficies, se ha perdido la madera, el potencial de producción futura del bosque y además el suelo por efectos de erosión provocada por el sobreuso del suelo.

CUADRO II-6

**DEFORESTACION EN COSTA RICA
ENTRE 1966 Y 1984 POR CAPACIDAD DE USO**
(areas en hectáreas)

<u>Capacidad de Uso de la Tierra*</u>		<u>Area</u> <u>Deforestada</u>	<u>% del</u> <u>Total</u>
I	Cultivos Anuales (muy alto rendimiento)	1,757	0 2%
II	Cultivos Anuales (alto rendimiento)	65,749	7 8%
III	Cultivos Anuales (moderado rendimiento)	67,121	7 9%
IV	Cultivos Permanentes o Semipermanentes	40,436	4 8%
V	Pastoreo Intensivo	13,634	1 6%
VI	Pastoreo Extensivo	106,012	12 5%
VII	Cultivos Arbóreos	75,776	8 9%
VIII	Producción Forestal Intensiva	141,915	16 7%
IX	Producción Forestal Extensiva	95,907	11 3%
X	Protección	237,233	28 0%
	No definido	1,863	0 2%
		=====	=====
TOTAL		847,403	100 %

* Interpretación del sistema capacidad de uso de la tierra, CCT, 1985

La situación más grave la representa la transformación de 237 mil ha de bosques aptos únicamente para la protección, a usos agrícolas y ganaderos, equivalente al 28% de toda la deforestación. El Cuadro II-7 muestra la pérdida de bosques por zona de vida. El *bosque muy húmedo Premontano* es donde ha ocurrido la deforestación más fuerte con 285 7 mil ha seguido por el *bosque muy húmedo Tropical* con 212 9 mil ha. Es decir, las zonas de vida con mayor biodiversidad han sufrido el impacto más fuerte de la deforestación. Por lo tanto, la deforestación en Costa Rica probablemente ha causado pérdidas de beneficios potenciales, con la destrucción de los hábitats de flora y fauna que ahora nunca serán conocidos. Dado que mucho de esta deforestación ha resultado de la conversión de bosque a usos no-sostenibles, la pérdida es aún más trágica.

CUADRO II-7

AREA DEFORESTADA POR ZONA DE VIDA

Zona de Vida	Area 66	Area Perdida	% Perdida
bs-T	55,174	24,445	44 3%
bh-T	445,841	162,628	36 5%
bmh-T	752,336	212,945	28 3%
bs-P1	773	(1,372)	*
bh-P	279,925	77,442	27 7%
bmh-P	658,527	285,785	43 4%
bp-P	359,211	69,811	19 4%
bh-MB	4,546	981	21 6%
bmh-MB	59,458	9,950	16 7%
bp-MB	304,529	2,555	0 8%
bmh-M	327	(349)	*
bp-M	76,055	721	0 9%
pp-SA	1,092	(1)	*
No definido	6,330	1,863	29 4%
TOTAL	3,004,125	847,404	28 2%

* Inconsistencia de mapas

D Cuentas Económicas - Bosque Natural

1 - Teoría de la Valorización del Recurso Boscoso

El concepto de renta económica es central a la valoración de recursos naturales. Renta económica es el retorno a cualquier insumo de producción por sobre la cantidad mínima requerida para permanecer en el uso presente (Repetto *et al*, 1989, pag 19). La renta forestal es la diferencia entre los ingresos por venta y los costos de manejo y uso del bosque en el rango de diferencias en el cual el propietario continúa dando uso forestal a su suelo. En general las rentas generadas del recurso natural depende de su escases y de los costos de operación y costos fijos.

Hay al menos tres alternativas relevantes para la valoración de la pérdida del recurso bosque: el valor de la madera en pie, el valor del sistema para producir madera en forma sostenida y el valor de reemplazo o costo de reposición del bosque.

a Valor de la madera en pie o tronconaje (stumpage value)

La madera en pie es una materia prima potencial. Si tiene valor es porque puede transformarse en productos terminados o semi-terminados que se vende con utilidades. El valor en pie o tronconaje de un árbol (VMP) es entonces el valor remanente de la madera en pie después de descontar del precio final los costos de aserrío, de transporte del bosque al aserradero y de la tumba y extracción del bosque, incluyendo un margen aceptable para utilidades de cada uno de los procesos intermedios. La expresión de VMP sería

$$\text{VMP} = \text{PMA} - (1+i) (\text{CAP} + \text{CT} + \text{CA}) \quad (1)$$

en donde

PMA = precio de la madera en el mercado

i = margen de utilidad en las etapas del proceso productivo

CAP = costo de aprovechamiento,

CA = costo de aserrío, y

CT = costo de transporte

Todos los valores se expresan por metro cúbico de equivalente en madera redonda (EMR). Para el uso de esta ecuación, se considera el siguiente ejemplo -- un árbol de 10 m^3 produce 5 m^3 de madera aserrada con un precio de $\text{¢}100/\text{m}^3$, y que los costos totales de convertir la tuca en pie en láminas, son de $\text{¢}400$ incluyendo el costo del capital. Entonces, el VMP de este árbol es $(5\text{¢}100) - \text{¢}400$, ó $\text{¢}100$.

La depreciación que se debe a la pérdida de un recurso natural es equivalente al cambio en el valor presente de todos los beneficios que rinde el recurso o, en otras palabras, al precio máximo que se hubiera pagado por el recurso en condiciones de un mercado perfecto. En el caso del bosque considerado en términos de su cantidad de madera, el VMP se aproxima a la depreciación real pues es un cálculo de las rentas máximas que se puede obtener y, como se menciona en la sección II-B y el Anexo II-1, bajo ciertas circunstancias es exactamente equivalente a este valor.

b Valor del Sistema Sostenible para Producir Madera

El capital de un bosque natural es capaz de producir indefinidamente una renta por la venta de productos forestales. Bajo este uso, el bosque no se liquida con la intervención, sino que se aprovecha el crecimiento anual. La tasa y calidad del crecimiento varía solo si se corta selectivamente (creando bosques residuales) o si se maneja aumentando el crecimiento.

Cosechando solo el crecimiento, se hace equivalente al consumo de la renta generado por el capital. Esta renta es igual al valor de la madera en pie de la madera cortada y el valor del capital es por lo tanto, el valor presente del flujo infinito de estos ingresos. La determinación, entonces, del valor del activo boscoso requiere el establecimiento del flujo de costos y beneficios que representa manejar el bosque en forma indefinida.

El bosque tropical en general es un bosque irregular. En cada hectárea de bosque hay individuos de todos los tamaños y edades. La cosecha que se concentra en los individuos maduros deja espacio para el crecimiento de los individuos que aun no han llegado a la madurez.

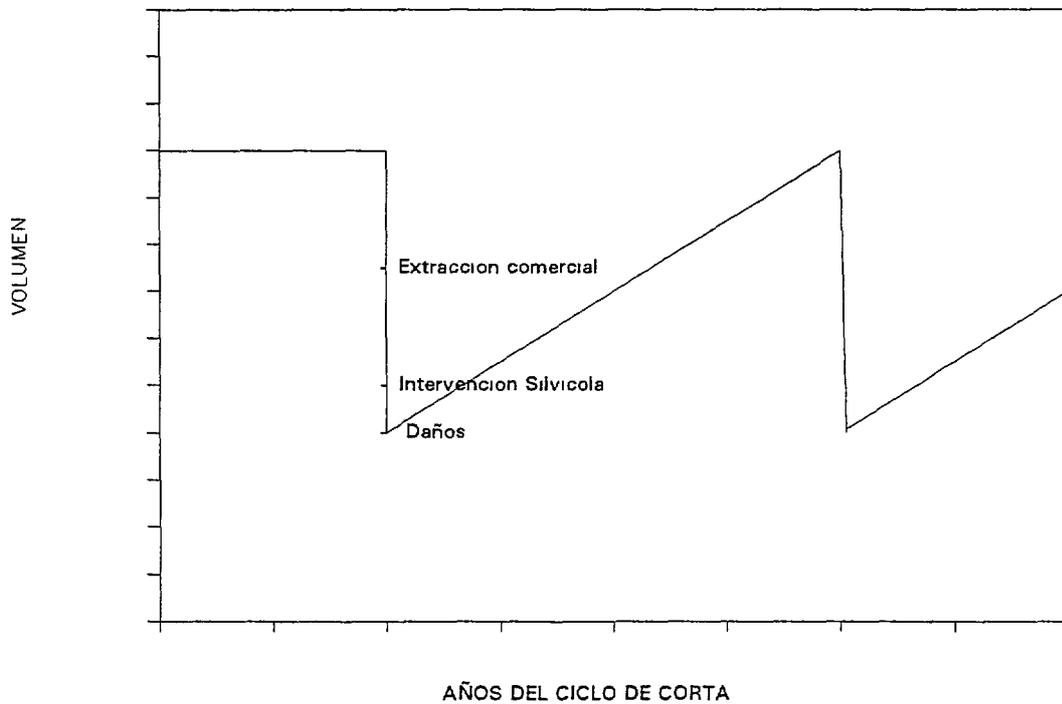
La forma correcta de intervenir un bosque irregular es cortar los individuos maduros sobre un cierto diámetro y dejar el resto del bosque como capital de crecimiento. El capital de crecimiento aumenta su volumen a una tasa anual (incremento medio anual, IMA), que depende del tipo de bosque y del sitio. El manejo de este bosque consiste, en general, en reducir la competencia de otros árboles a los individuos de especies más cotizadas en el mercado, así como liberar a esos individuos de lianas y epífitas que puedan entorpecer su crecimiento.

En forma esquemática, se demuestra en la Figura II-3 el manejo de un bosque natural. Partiendo del bosque no intervenido, se cortaría todos los individuos mayores de 50 cm de diámetro en el año de la corta, extrayendo aquello con valor comercial y llevando a cabo intervenciones silvícolas para liberar el crecimiento del bosque residual. Además, habría un cierto porcentaje de daños al bosque residual. El bosque residual, ya abierto, crece durante un periodo o ciclo de corta (cc) que equivale al cociente del volumen extraído y dañado y el

crecimiento medio anual Durante el ciclo el bosque recupera su volumen original y puede luego volver a cortarse Este patron se puede repetir en forma indefinida

FIGURA II-3

**EL VOLUMEN DE UN BOSQUE
NATURAL BAJO MANEJO SOSTENIBLE**



El valor del capital representado por un bosque irregular manejado en forma sostenida se puede determinar matemáticamente como una extensión de la fórmula de Faustmann de Valor Potencial del Suelo (Gregory, 1976)

$$V = \text{VolC VMP}(1) + \frac{\text{IMA cc VMP}(2) - \sum C_j (1+i)^{(cc-j)}}{(1+i)^{cc} - 1} \quad (2)$$

En donde

VolC es el volumen de corta en el año 1 de la primera intervencion

VMP es el valor de la madera en pie (1) en el año de la corta, considerando las especies que ese año tienen valor de mercado y (2) en el año de la siguiente corta cíclica y considerando las especies que tienen valor (cc) años después

IMA es el crecimiento medio anual Ha/año bajo manejo intensivo

cc es el ciclo de corta en años

C_j son los costos de manejo forestal del año j, e

i es la tasa de interés

La fórmula supone que el ciclo empieza con una cosecha de madera y luego esta se repite indefinidamente al cumplirse el tiempo de cada ciclo de corta. De esta manera, representa el valor potencial del bosque natural en términos de su capacidad de producir madera.

Como se puede ver, este criterio es el valor completo del bosque como productor de madera y, por lo tanto, es válido como valor unitario de la depreciación del bosque debido a la deforestación. Cuando se deforesta un área de bosque, en lugar de manejarlo, los activos forestales nacionales disminuyen no solo en términos de la madera comercial existente (el valor de la madera en pie) sino también en cuanto a la pérdida de oportunidades al no considerar el valor de la madera futura. En el caso de bosques secundarios, se puede aplicar el mismo criterio, sólo que en los costos iniciales deben incluir también el costo de establecimiento.

c Costo de Reposición.

Al tratar de valorar la destrucción de un bosque, otro criterio es suponer que el mismo vale al menos lo que cuesta reponerlo. En este sentido se supone que al destruir una ha de

bosque natural, por lo menos el daño equivale al costo de replantar la superficie destruida para recuperar o reemplazarlo por otro bosque capaz de producir una renta similar

En su aplicación, el criterio del costo de reposición, tiende a subvalorar al bosque, pues se basa sólo en los costos, no en los rendimientos esperados y es necesario igualar una pérdida hoy con cosechas de años más adelante. En el caso de bosques primarios y secundarios, en que no hay una inversión fuerte en manejo forestal, el costo de reposición podría parecer muy bajo, pero la información sobre rendimientos es escasa y los costos de protección y demora para poder cosechar pueden resultar importantes. Por lo tanto, no se usó este criterio en los cálculos económicos de la depreciación del recurso.

2 El Valor de la Madera en Pie en Costa Rica, 1970 -1989

Como se mencionó anteriormente, el tronconaje del volumen de las maderas con valor comercial positivo es un valor unitario legítimo para la estimación de la depreciación del recurso boscoso. Para cuantificar la depreciación del recurso en Costa Rica, se tomaron en cuenta tres clases de madera: dura, semi-dura y suave.

Como se demuestra en la ecuación (1), el punto de partida para la determinación del valor de la madera en pie es el precio del o los productos en los que la materia prima va a transformarse (Gregory, R. 1972, p. 354). En el caso de Costa Rica, el 87% de la producción en volumen es madera aserrada para el mercado nacional. Por esta razón el precio de la madera aserrada en el mercado nacional se escogió para guiar el cálculo del valor de la madera en pie.⁶

Los precios presentados en el Cuadro II-8, son promedios de precios de madera aserrada en el Valle Central, calculados de los censos industriales de la DGF (1974, 82, 86, 87, 88) en base de 17 especies representativas (4 duras, 9 semi-duras, y 4 suaves) que tenían precios durante todo el período. Las estimaciones de precios para cada clase de madera en años no-censales fueron calculados en base al índice de precios al por mayor (BCCR), sub-grupo de materiales de construcción de madera. En los años 1988 y 1989, el precio de la

madera aserrada se calculó con base en el precio de la madera redonda, aplicando la misma relación porcentual entre los precios de madera redonda puesta en patio y madera aserrada que predominaba en 1987

CUADRO II-8
PRECIOS DE MADERA ASERRADA EN EL
VALLE CENTRAL DE COSTA RICA
Y EQUIVALENTES EN MADERA REDONDA
(en colones corrientes)

Año	Precio de Maderas Aserradas ¢/m ³ de producto			Precio de Maderas Aserradas ¢/m ³ EMR*		
	Duras	Semi-duras	Suaves	Duras	Semi-duras	Suaves
1970	458	458	265	286	286	166
1971	521	521	302	326	326	189
1972	512	512	297	320	320	186
1973	595	595	345	372	372	215
1974	851	851	493	532	532	308
1975	988	988	572	617	617	358
1976	1,025	1,025	594	641	641	371
1977	1,110	1,110	643	694	694	402
1978	1,209	1,209	700	756	756	438
1979	1,512	1,512	876	945	945	547
1980	1,835	1,835	1,063	1,147	1,147	664
1981	2,455	2,455	1,422	1,534	1,534	889
1982	4,398	4,398	2,547	2,749	2,749	1,592
1983	7,586	7,586	4,394	4,741	4,741	2,746
1984	8,627	8,627	4,997	5,392	5,392	3,123
1985	9,722	9,242	5,280	6,076	5,776	3,300
1986	11,086	9,620	5,368	6,929	6,012	3,355
1987	13,408	10,947	5,998	8,380	6,842	3,749
1988	24,805	17,415	8,111	15,503	10,884	5,069
1989	28,785	20,209	9,412	17,991	12,631	5,883

* Equivalentes en madera redonda, 1 m³ de madera en tuca puesta en patio genera 0.62 m³ de madera aserrada (ver Anexo II-5)

Fuente: Cálculos interpolación de los censos industriales de la DGF (1974, 1982, 1986, 1987, 1988)

Los costos unitarios de extracción, transporte e industrialización (ETeI), se calculan basándose en un estudio de factibilidad (DGF 1984) que permite la desagregación total de los costos (ver Anexo II-6). Cada costo se clasifica en uno de seis rubros, lo cual permite la extrapolación de costos del año base 1984, al resto del período con varios índices de precios sin suponer que los costos relativos se mantuvieran constantes. Además, el modelo permite que el costo total de producción se varíe con la distancia al aserradero (suponiendo que toda madera se industrializa en el centro industrial más cercano), la tasa de retorno normal al inversionista (se supone 6%) y la clase de madera. Se supone que los costos de ETeI de madera dura son un 22% mayores que los de semidura y los de madera suave son 60% de los de semi-dura (comunicación personal H. Greub, Balsática S.A.).

La fijación del margen de utilidad es relativamente arbitraria pero sumamente importante para los resultados finales. Si el margen que se fija es muy alto, toda la renta se le atribuye al aprovechamiento, transporte y aserrío, también el margen escogido no debe estar por debajo de la rentabilidad de las inversiones conservadoras durante el período. Sin embargo, es importante recalcar que aun rentas bajas, por lo menos en el corto plazo, dependen de la existencia del bosque, si no existiera bosque, no habría renta en ninguna de las etapas siguientes. Tomando estas consideraciones, para los efectos de este estudio, el margen de utilidades se ha fijado en 6%.

La distancia por carretera de cada bosque al centro de aserrío más cercano, San José, Ciudad Quesada o San Isidro del General, fue determinada midiendo sobre el mapa y fue particularizado para las unidades con más bosque perdido ($\geq 3,000$ has) y determinado un promedio por hoja cartográfica para el resto. Después, se procedió a calcular la distancia promedio ponderada por unidad de tierra, del bosque al mercado.

CUADRO II-9

**COSTOS DE PRODUCCION DE MADERA
ASERRADA POR M³ DE EQUIVALENTE EN MADERA REDONDA
PARA UNA DISTANCIA A INDUSTRIA DE 100KM
(valores de 1989 en colones del mismo año)**

	<u>C*</u>	<u>D*</u>	<u>I*</u>	<u>L*</u>	<u>M*</u>	<u>S*</u>	<u>E*</u>	<u>Total</u>	<u>%</u>
Ganancia Normal								666 4 12	0%
Administración	0 6	-	36 3	306 9	58 3	0 6		402 7	7 3%
Camino	-	-	50 4	-	221 9	-		272 3	4 9%
Preparación	-	-	0 5	93 7	3 4	-		97 6	1 8%
Apeo y Desrame	12 2	13 3	-	87 0	45 9	0 2		158 6	2 9%
Arrastre	20 3	-	68 1	37 7	71 9	5 2		203 3	3 7%
Carga	4 7	-	19 9	22 2	16 5	1 6		64 9	1 2%
Transporte	91 8	206 9	286 2	111 7	388 6	18 0		1,103 2	19 9%
Industrialización	50 2	-	556 7	1,488 0	334 0	-	155 5	2,584 5	46 5%
Totales	179	220	1,018	2,147	1,140	25	155	5,553	
	3 2%	4 0%	18 3%	38 7%	20 5%	0 5%	2 8%		

* Indices C = Combustible, D = Gastos cuyos precios son fijados al tipo de cambio, I = Depreciación de las inversiones L = Mano de Obra, M = Maquinaria, E = Electricidad

** Ganancia Normal se calcula como 6% sobre el capital de trabajo de un año y la inversión total de la industria, extracción y transporte, ₡4,027/m³ en 1984

Los costos se expresan en términos de colones por equivalentes de madera redonda (ver Anexo II-5) Un resumen de los costos de madera ETeI de madera semi-dura en 1989 a una distancia de 100 km se muestra en el Cuadro II-9 Se calcularon los costos de producción a los demás años, con base en índices de salarios mínimos, precios al por mayor, tarifas de

electricidad y el tipo de cambio (¢/US\$) (ver el Anexo II-7) Utilizando los mismos supuestos sobre distancia y clase de madera como en el Cuadro II-9, el Cuadro II-10 presenta los costos de la madera semi-dura durante todo el período

CUADRO II-10

COSTOS DE EXTRACCION, TRANSPORTE E INDUSTRIALIZACION POR M³ EMR SUPONIENDO UNA DISTANCIA DE 100 KM (en colones corrientes)

<u>Año</u>	<u>Costos hasta el Aserradero</u>	<u>Costos totales de ETeI</u>
1970	90 2	217 0
1971	95 5	230 4
1972	99 1	238 5
1973	110 2	263 0
1974	146 8	337 5
1975	172 9	395 8
1976	187 6	433 6
1977	201 1	468 3
1978	217 3	509.3
1979	248 7	575 4
1980	326 9	726 6
1981	537 9	1,099 4
1982	1,003.7	2,036 3
1983	1,265.2	2,678.1
1984	1,381.8	2,963.1
1985	1,547 5	3,359.5
1986	1,700 6	3,715 6
1987	1,881 0	4,121 2
1988	2,195 3	4,797 3
1989	2,510 9	5,553 5

Fuente Cálculos del estudio

Los precios y costos presentados son en términos del valor por m³ de madera redonda, o sea, trozas lista para aserrar Sin embargo, cada m³ de madera en pie, o sea de árbol, no llega al aserradero En el estudio de Sarapiquí se estimó que habría que cortar 1 71 m³ de árboles para cada m³ en troza actualmente extraído del bosque (DGF, 1984a, p 188) Por lo

tanto, el valor total de un m³ de madera redonda se tiene que descontar por el factor 1/1 71 para llegar al valor del volumen boscoso

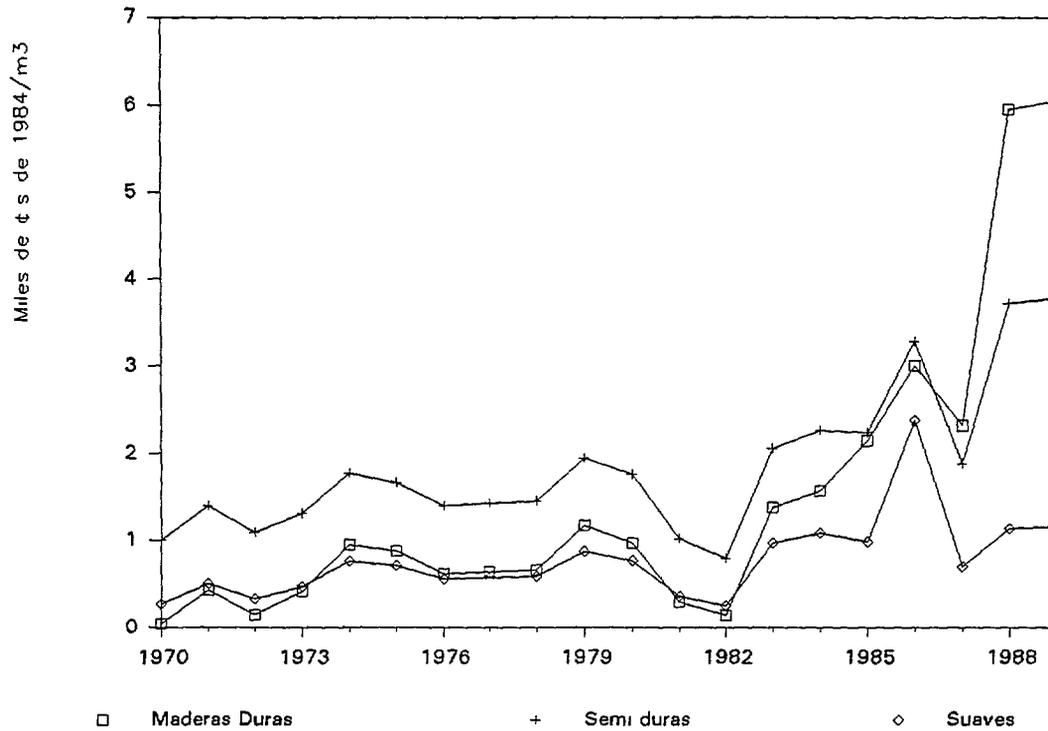
Habiendo estimado los precios y costos unitarios, el valor de la madera en pie se calcula restando del precio final, el costo unitario de producción El Cuadro II-11 y la Figura II-4 demuestran el comportamiento de los precios de la madera en pie a través del tiempo en colones constantes

CUADRO II-11
PRECIO DE LA MADERA EN PIE
EN COSTA RICA A UNA DISTANCIA
DE 125 KILOMETROS
 (¢ de 1984/m³ de volumen boscoso)

<u>Año</u>	<u>Dura</u>	<u>Semi-dura</u>	<u>Suave</u>
1970	42	1,008	273
1971	438	1,401	502
1972	147	1,092	328
1973	420	1,313	473
1974	955	1,774	764
1975	880	1,668	713
1976	615	1,403	559
1977	641	1,431	575
1978	661	1,457	588
1979	1,173	1,947	879
1980	972	1,764	767
1981	292	1,023	357
1982	143	791	249
1983	1,382	2,053	973
1984	1,573	2,261	1,088
1985	2,146	2,241	986
1986	3,004	3,284	2,376
1987	2,317	1,879	697
1988	5,952	3,716	1,137
1989	6,044	3,777	1,160

Fuente: Cálculos del estudio

VALOR DE LA MADERA EN PIE
MADERA A 125 KM DEL ASERRADERO
(miles de colones de 1984/m³ de volumen boscoso)

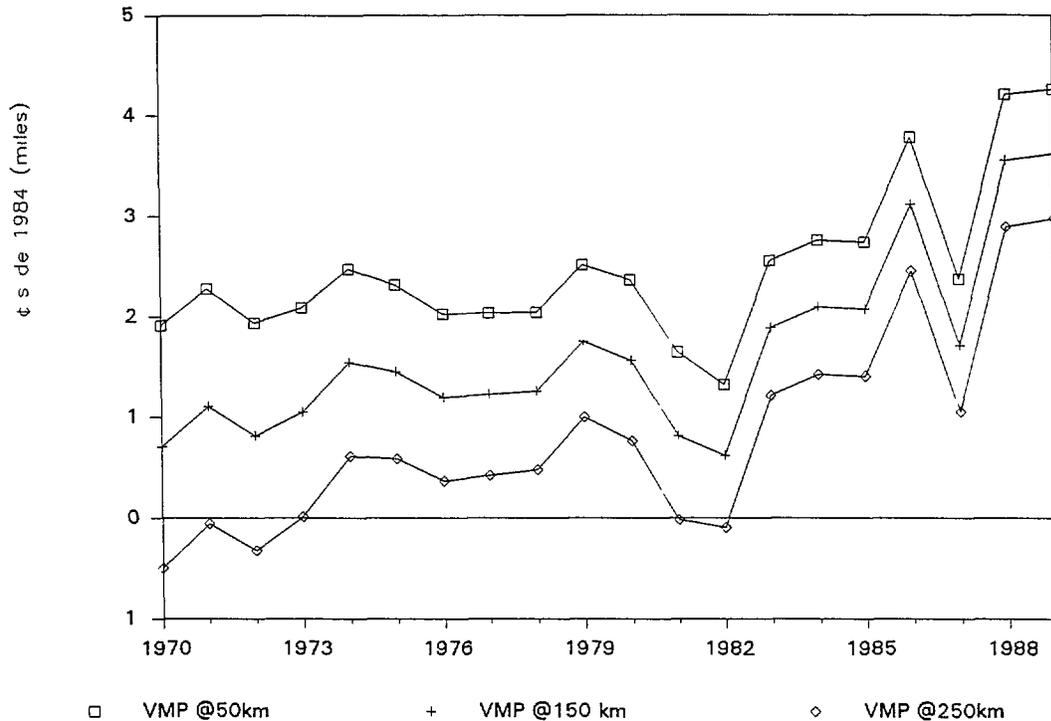


Se nota que el valor de la madera ha aumentado fuertemente en los últimos años debido al incremento en los precios pagados y que en los años 70 el valor de la madera suave y dura se acercaba a cero a esta distancia. El valor de la madera obviamente depende de la distancia que es necesario transportarla. A distancias cortas siempre ha sido rentable aprovecharla, mientras a largas distancias, solamente en años recientes con precios mayores, han existido valores positivos de la madera. En la Figura II-5 se presenta una comparación del tronconaje de madera semi-dura a tres distancias distintas ⁷

FIGURA II-5

COMPARACION DEL TRONCONAJE DE MADERA SEMI-DURA A TRES DISTANCIAS DEL CENTRO DE ASERRIO

(miles de colones de 1984 por m³)



En el Anexo II-4 se hace una corroboración de algunos de los datos del modelo con base en estudios de varios años 1971 (Clavijo, 1972 y Rodríguez, 1972), 1976 (Villasuso, 1978) y 1980 (Veiman, 1982)

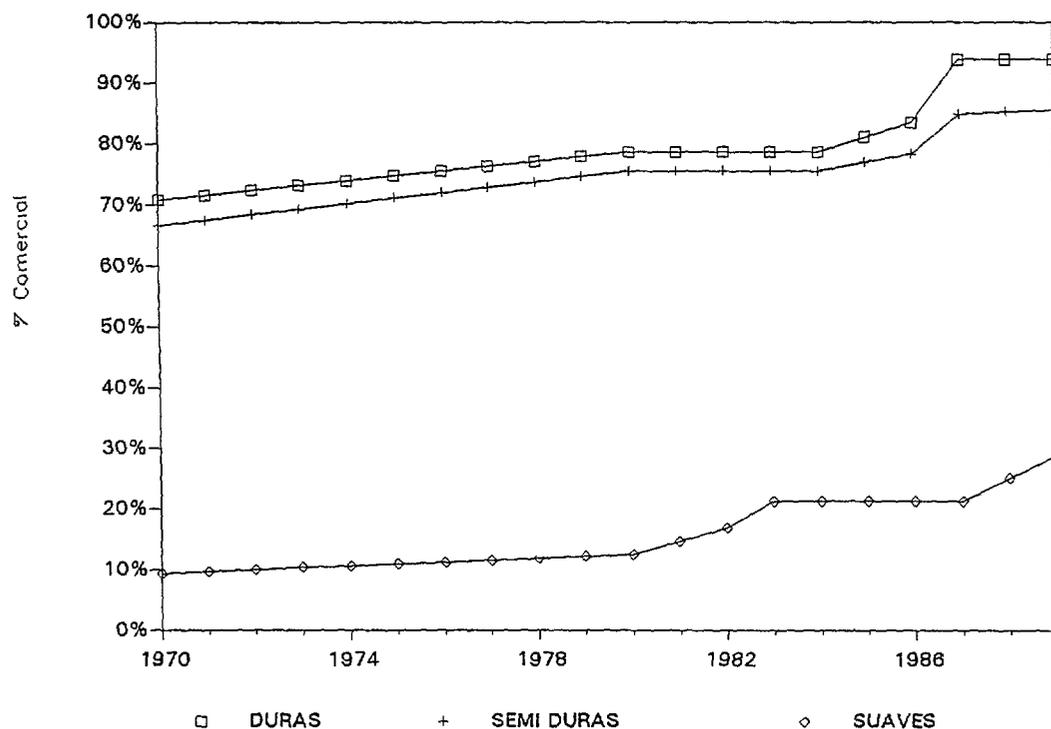
Los volúmenes incluidos en las cuentas físicas de este estudio son muy completos en el tratamiento de la multitud de especies del bosque Sin embargo, no todas las especies tienen mercado para madera hoy y menos lo han tenido en el pasado Por lo tanto, es necesario ajustar el volumen total para incorporar el porcentaje de las especies con mercado en cualquier momento y sólo las especies que tienen precio en el mercado se consideran en los cálculos

Este representa un supuesto conservador en cuanto al volumen del bosque, dado que históricamente muchas maderas con buenas calidades han sido destruidas por falta de conocimiento de las mismas

Para estimar el porcentaje de maderas con mercado, se consideró otra vez el estudio de Sarapiquí (CORENA, 1984) que contiene una lista completa de las especies del bosque. Luego, utilizando listados de precios, se identificó aquellas especies de cada clase con valor comercial (en por lo menos un punto del país) en los años 1974, 1984, 1987 y 1988. Finalmente, se calculó el porcentaje del volumen total del bosque de Sarapiquí que tenía precios en los años mencionados y, utilizando extrapolación e interpolación, se estimó el porcentaje del volumen con mercado en cada año del estudio. Este porcentaje se le aplicó a todo el país suponiendo que el comportamiento de las especies a nivel nacional es similar al del bosque de Sarapiquí. En la Figura II-6 se presenta el aumento continuo del porcentaje de especies con mercados reconocidos.

FIGURA II-6

**PORCENTAJE DEL VOLUMEN TOTAL
DE CADA CLASE DE MADERA CON
VALOR COMERCIAL EN EL PAIS**



Fuente Estimado con base en DGF (1984)

Finalmente, es necesario mencionar dos ajustes realizados para hacer consistentes las cuentas físicas con las cuentas económicas. Primero, se decidió excluir de las cuentas económicas el valor de la madera en las áreas deforestadas aptas únicamente para protección, de acuerdo con el sistema de clasificación de uso de la tierra del Centro Científico Tropical (Tosi, 1985). Este criterio se usó, no porque estos bosques no tienen valor económico, sino porque la extracción de madera de estas zonas, por lo general no sería rentable por razones de pendiente y accesibilidad. Haciendo hincapié en esto, la omisión de estas áreas representa una

subvalorización explícita del recurso y se hace únicamente porque no se podía establecer un criterio apropiado para su valoración

El segundo ajuste al volumen total fue considerar sólo el volumen compuesto por árboles mayores de cincuenta centímetros en diámetro a la altura del pecho (1.3 m). Este tamaño de troza es el mínimo tradicionalmente utilizado por los aserraderos. Sin embargo, hoy día árboles con diámetros muchos menores que este nivel se usan frecuentemente en el país, implicando que el supuesto es conservador. La determinación de los porcentajes para cada clase de bosque se ha explicado en la sección II-C.

3 Valor del Bosque como Productor de Madera en forma Sostenible

En la sección anterior se estima el valor unitario de la depreciación del bosque en términos del valor de la madera con mercado y con d a p mayor de 50 cm. Sin embargo, bajo un sistema de manejo, el bosque remanente después de la extracción de la madera madura tiene un valor importante por su capacidad de generar futuros ingresos. La deforestación entonces, implica dos pérdidas, la pérdida del volumen con mercado en la fecha de la deforestación, y la pérdida de la oportunidad de manejar el bosque y producir ingresos del bosque en forma sostenida para siempre.

Para propósitos de estimar el valor del bosque bajo un sistema de manejo, se aplicó el modelo de manejo descrito anteriormente a los tipos de bosques presentados en el Cuadro II-4. Se consideró que el mínimo ciclo de corta aceptable desde un punto de vista técnico es de 15 años, puesto que ciclos más cortos causarían daños inaceptables al bosque remanente. Para las unidades de tierra cuyas características indicaron un ciclo de corta menor, se adoptó el valor mínimo aceptable mencionado (15 años).

Las pérdidas por la tumba de árboles y por arrastre de madera se estimaron con base en el estudio de Hendrison (1990) de los bosques del cordón forestal (Forestry Belt) de Surinam. El autor encontró una pérdida de 14% en la tumba de árboles y de 14% en el arrastre de madera en bosques bajo manejo con operaciones tradicionales de extracción. Hutchinson

(1990) estima en 10% las pérdidas por tumba de árboles, lo que corresponde al mismo orden de cifra que Hendrison. Para Costa Rica no hay estimaciones de pérdidas en las faenas de aprovechamiento, razón por la cual se tomará el resultado de 28% de Surinam. Para demostrar el cálculo correspondiente, se supone que queda como remanente $200 \text{ m}^3/\text{ha}$ en un bosque residual después de la explotación. Las pérdidas por daños entonces serían de $56 \text{ m}^3/\text{ha}$. Si el crecimiento es de $10 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$, el efecto de los daños sería una prolongación del ciclo de corta de 5-6 años.

Para la valorización de las cosechas futuras, se usó los valores de madera en pie por metro cúbico explicado en la sección anterior, suponiendo que una vez bajo manejo, el VMP se mantiene en términos reales. Como se demostró en la ecuación (2) hay que descontar el valor futuro por el factor $1/((1+i)^{cc})$ para llegar al valor del flujo indefinido de los ingresos.

La Dirección General Forestal (1989) de Costa Rica, en el informe de la comisión de incentivos para el manejo de bosque natural, estimó el costo del manejo en 1989 en una cifra cercana a los 38 mil colones por ha para el año de la intervención y en 2,500 colones por año para los años siguientes del ciclo de corta (¢14,581 y ¢1,041 en colones de 1984, DGF, 1990). El costo de manejo señalado, con los valores de maderas en pie, todos expresados en moneda corriente o de un año determinado, permiten calcular el valor de capital de la pérdida del bosque natural como sistema que puede producir madera en forma indefinida.

En el caso del bosque residual, el porcentaje de las especies duras, semiduras y suaves que tendrán precio en el mercado en el año de la cosecha será mayor que en el año en que el bosque virgen fue intervenido. Esto se debe a la tendencia discutida anteriormente de que el número de especies con mercado en el país aumenta. Para simplificar el análisis se decidió usar los porcentajes estimados para 15 años después de la deforestación, aunque los porcentajes en realidad serán mayores en bosques con largos ciclos de cortas. Para estimar los porcentajes para los años futuros, se estableció para este efecto una función del cambio del porcentaje de especies comerciales para cada año a través del tiempo que causa un aumento paulatino en la

proporción de cada clase de madera⁸ Los valores para el período considerado se presentan en forma grafica en el Anexo II-8

Por lo tanto, la determinación del valor de la depreciación del recurso bosque causado por la deforestación consta de dos componentes, el primero es el valor de la madera en pie en el año de la deforestación y el segundo el valor potencial del bosque despues de la corta

E. Apreciación del Recurso Boscoso

1. Valor de los Bosques Secundarios

Los bosques secundarios han surgido naturalmente como resultado del abandono de areas de ganadería y agricultura Los abandonos se produjeron tanto por pérdida de fertilidad, como por problemas de mercado del cultivo principal, especialmente la ganadería

Los bosques secundarios, al significar el cambio de uso desde tierras de uso agrícola en terrenos de capacidad de uso forestal a áreas arboladas, constituye un caso, quizás el mas importante, de apreciacion de los recursos naturales de Costa Rica Las plantaciones forestales son otro caso, pero al igual que la habilitacion de terrenos para la agricultura y las plantaciones de cafe, cacao y otros cultivos permanentes están en las cuentas de formacion de capital en las cuentas nacionales, lo que no sucede con los bosques secundarios

Los volúmenes de madera del bosque secundario dependen del sitio y de la edad o tiempo transcurrido desde el abandono del uso anterior Estas formaciones en general no pueden lograr en una rotación la recuperación del potencial total del sitio (calculado de acuerdo con la produccion primaria potencial), pues los crecimientos se ven afectados por la campactación, la pérdida de la biota original y nutrimentos del suelo y otros efectos negativos en el uso anterior Además la composición del bosque es mas pobre y más homogéneo que el bosque original, faltando muchas de las especies valiosas y la variedad de edades del bosque que se encontraban en el bosque irregular original

Por las razones señaladas, no es posible valorar el bosque secundario con el mismo criterio del bosque primario La valoracion del presente estudio se hace de acuerdo con el

incremento anual acumulado en volumen del bosque secundario y el valor de la madera en pie. El bosque secundario está actualmente distribuido en pequeños lotes en fincas agrícolas y ganaderas y su producción es principalmente leña, postes, algo de madera para construcción y otros productos menores (Herrera, 1989)⁹. La mayoría de los productos se consumen en la misma finca o localmente y, por lo general, por esa dispersión, no se producen problemas de colocación del producto. En el futuro es posible que se produzca un mercado más comercial para la madera de bosque secundario, así como un aumento de productividad por recuperación del suelo.

En 1989, se estima que el valor medio de la madera en pie de bosque secundario por m^3 es de 1,489 colones (derivado de Herrera, 1989, tabla 4a del anexo que se transcribe en el Anexo II-9). Este valor considera la producción en la corta final, por lo tanto, cada m^3 que crece en el bosque tiene el valor mencionado.

CUADRO II-12

**EVOLUCION DEL AREA Y VOLUMEN
DE BOSQUES SECUNDARIOS DE COSTA RICA***
(hectáreas y miles de metros cúbicos)

<u>Año</u>	<u>Area Inicial</u>	<u>Edad pro- medio</u>	<u>Volumen inicial</u>	<u>Creci- miento '000 m³</u>	<u>Area Cortada</u>	<u>Volumen Cortada</u>	<u>Area Aban- donado</u>
1963	299,011	5 0	7,475	1,495	29,901	897	28,357
1964	297,467	5 4	8,073	1,487	29,747	956	28,203
1965	295,923	5 8	8,605	1,480	29,592	1,008	28,048
1966	294,379	6 2	9,076	1,472	29,438	1,055	27,894
1967	292,835	6.5	9,493	1,464	29,284	1,096	27,740
1968	291,291	6.8	9,861	1,456	29,129	1,132	27,585
1969	289,747	7 0	10,186	1,449	28,975	1,163	27,431
1970	288,203	7 3	10,471	1,441	28,820	1,191	27,276
1971	286,659	7 5	10,721	1,433	28,666	1,215	27,122
1972	285,115	7 7	10,939	1,426	28,512	1,236	26,968
1973	283,571	7 8	11,128	1,418	28,357	1,255	23,413
1974	278,627	8 1	11,291	1,393	27,863	1,268	22,919
1975	273,683	8 3	11,416	1,368	27,368	1,278	22,425
1976	268,740	8 6	11,506	1,344	26,874	1,285	21,930
1977	263,796	8 8	11,565	1,319	26,380	1,288	21,436
1978	258,852	9 0	11,595	1,294	25,885	1,289	20,941
1979	253,908	9 1	11,601	1,270	25,391	1,287	20,447
1980	248,965	9 3	11,583	1,245	24,896	1,283	19,953
1981	244,021	9 5	11,545	1,220	24,402	1,277	19,458
1982	239,077	9 6	11,489	1,195	23,908	1,268	18,964
1983	234,133	9 8	11,416	1,171	23,413	1,259	18,470
1984	229,189	9 9	11,328	1,146	22,919	1,247	54,749
1985	261,020	8 6	11,226	1,305	26,102	1,253	57,932
1986	292,850	7 7	11,278	1,464	29,285	1,274	61,115
1987	324,680	7 1	11,468	1,623	32,468	1,309	64,298
1988	356,510	6 6	11,782	1,783	35,651	1,357	67,481
1989	388,341	6 3	12,209	1,942	38,834	1,415	70,664

* Los áreas de 1963 y 1973 se tomaron de los censos agropecuarios, y la de 1984 del mapa de uso de la tierra (IGN, 1985) Lo demás áreas se estimaron a través de interpolaciones de línea recta El área convertido de bosque secundario a usos agropecuarios se estimó en 10% del área total de bosque secundario existente al inicio del año Luego, el área de uso agropecuario que se abandonó, convirtiéndose en lo que eventualmente será bosque secundario, se calculó de manera que el área al final del año llegó a ser igual al área inicial del año siguiente

Bosques secundarios (identificados como charrales y tacotales) siempre han existido en Costa Rica Entre 1963 y 1984 el área en este uso se mantuvo, bajando ligeramente desde 299

a 229 mil ha (Cuadro II-12) Una parte de esta área esta compuesta por áreas abandonadas temporalmente y que despues de pocos años sin uso o en un uso que permite el crecimiento del bosque (tal como el "frijol tapado"), se incorpora de nuevo a usos agropecuarios Para propositos de este estudio, se estima que 10% de la superficie total se ha limpiado anualmente siendo repuesta en su mayoría por nuevas areas de abandono

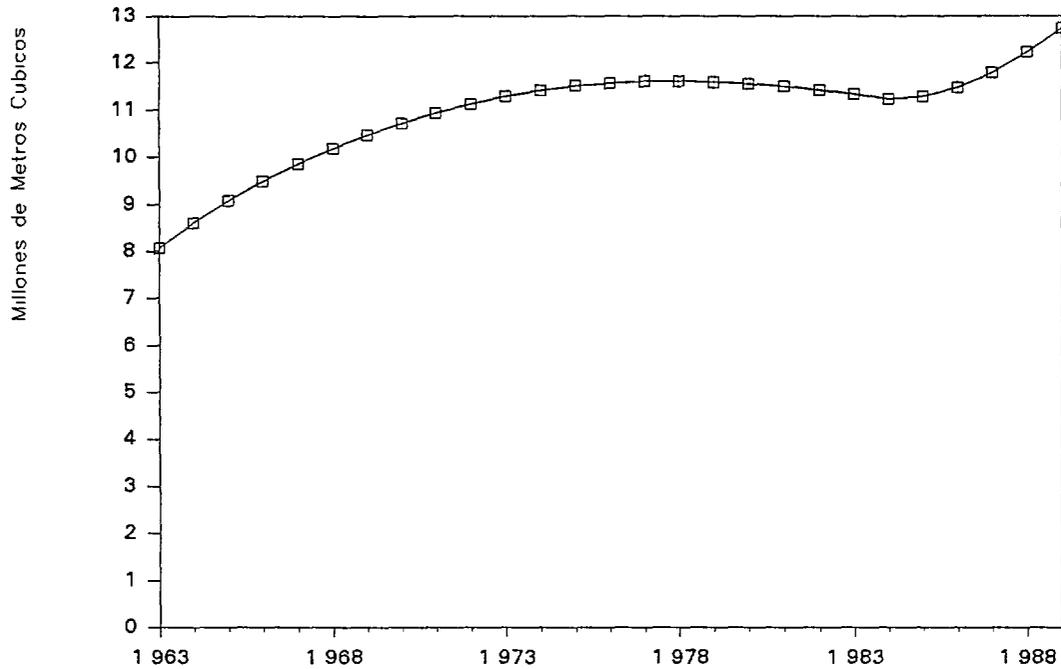
Los areas abandonados que no se vuelve a usos agropecuarios, se mantiene bajo bosque en crecimiento y maduracion Por lo tanto, entre 1963 y 1984, a pesar de la disminucion en superficie total, se estima que la edad promedio y volumen total se aumento Desde temprano en la década de los 80¹⁰ se cree que la superficie total de usos agropecuarios no ha cambiado sustancialmente, pero la deforestacion se ha mantenido a aproximadamente la misma tasa que en años anteriores Para reflejar estas tendencias, se supone que el area de deforestacion ha sido compensada equitativamente por un aumento en el area bajo bosque secundario

Tomando en cuenta lo antes expuesto, el area bajo bosque secundario de todas edades en 1989 se estima en 388 mil ha, la cual es 14 veces mayor que el area en plantaciones forestales hasta el mismo año (Cuadro II-3) Sin embargo estos bosque y aun no son considerados realmente como un recurso valioso ni por las autoridades ni por los propietarios

Herrera (op cit), en bosques secundarios de Sarapiquí y Turrialba determina crecimientos en bosques menores de 17 años que fluctuan entre 5.4 y 8.4 m³/ha/año y en bosques mayores de 40 años, pero ya intervenidos, crecimientos de 2.6 m³/ha/año Para su modelo Herrera considera un caso optimista con un crecimiento de 12 m³/ha/año y un caso normal con 6.4 m³/ha/año El crecimiento es en volumen comercial aprovechable Para los cálculos del presente estudio se ha tomado un crecimiento medio de 5 m³/ha/año, es decir se trata de una apreciación conservadora de crecimiento y de superficie total Al asumir el crecimiento medio anual señalado, se estarían produciendo anualmente 1.9 millones de m³ de madera de bosques secundarios que en su mayoría no esta siendo aprovechado

FIGURA II-7

**VOLUMEN DE MADERA
PRESENTE EN LOS BOSQUES
SECUNDARIOS DE COSTA RICA**



Es necesario destacar que no se hacen descuentos sobre los $5\text{m}^3/\text{ha}/\text{año}$, puesto que se aprovecha el total de la madera, las ramas y madera de menores dimensiones se aprovecha como leña

En el Cuadro II-13 se presenta el valor estimado del recurso de bosque secundario durante los últimos 20 años. Se ve que el aumento en el valor de este activo no es significativo, llegando a 784 millones de colones (corrientes) en 1989. La información existente no es suficiente para llegar a un valor más preciso, sin embargo el aumento anual de volumen y valor es importante no sólo a nivel de la economía de las fincas, sino también a nivel nacional. Es necesario llamar la atención que se está haciendo un gran esfuerzo y

sacrificio en las finanzas públicas a través de los incentivos para la reforestación, cuando existe una superficie de bosques muy superior que no está siendo debidamente aprovechada

CUADRO II-13

VALOR ECONOMICO DE LOS BOSQUES SECUNDARIOS DE COSTA RICA

Año	Cambio del Activo en Volumen (³ 000 m ³)	Valor (millones de ₡'s de 1984)	Apreciación o Depreciación (-) (millones)		
			(₡'s corrientes)	(₡'s constantes)	(US\$'s de 1984)
1966	417	6,406	17 5	281 5	6 3
1967	368	6,655	16 0	248 7	5 6
1968	325	6,874	14 7	219 1	4 9
1969	285	7,066	13 5	192 5	4 3
1970	250	7,235	12 6	168 6	3 8
1971	218	7,382	11 9	147 0	3 3
1972	189	7,509	10 7	127 6	2 9
1973	163	7,620	10 0	110 2	2 5
1974	125	7,704	9 6	84 1	1 9
1975	90	7,765	8 3	60 7	1 4
1976	59	7,804	6 2	39 6	0 9
1977	31	7,825	3 6	20 7	0 5
1978	5	7,828	0 7	3 6	0 1
1979	-17	7,817	-2 6	-11 8	-0 3
1980	-38	7,791	-6 8	-25 6	-0 6
1981	-56	7,753	-12 3	-38 1	-0 9
1982	-73	7,704	-28 3	-49 3	-1 1
1983	-88	7,644	-50 6	-59 4	-1 3
1984	-101	7,576	-68 4	-68 4	-1 5
1985	52	7,611	42 3	35 1	0 8
1986	190	7,739	178 7	128 2	2 9
1987	314	7,951	334 7	212 1	4 8
1988	426	8,239	522 5	287 5	6.5
1989	527	8,594	784 2	355 4	8 0

* Suponiendo el valor de ₡1,489/m³ en 1989

2 Plantaciones Forestales

Cada día las plantaciones forestales adquieren mayor importancia en el país, tal y como se indica en el Cuadro II-3, existiendo hasta 1989 un total de 28 mil ha, que a 1990 bien pueden haber alcanzando las 33 mil ha. Sin embargo, en comparación con las tierras

forestales del país, con la deforestación y con la formación natural de bosques secundarios, el volumen y valor de las plantaciones no es aún significativo

De hecho, la superficie total de plantaciones del país, aún no supera ni siquiera la deforestación de un sólo año, además que la tasa media de formación de bosque secundario, supera la tasa media anual de reforestación de los últimos años

Desde el punto de vista de la contabilidad nacional, las plantaciones están incluidas en las cuentas de formación neta de capital como mejoras agrícolas y plantaciones dentro del subsector silvícola. El valor considerado es el costo de la reforestación. Las cuentas nacionales no consideran la formación de capital representada por el crecimiento en volumen y por lo tanto en valor de madera en pie. Sin embargo, dado que el sistema actual incluye, aunque parcialmente, la superficie plantada, no se hicieron cálculos adicionales para este estudio

F. Resultados - Depreciación Bosques Naturales

La deforestación ha sido sin duda un despilfarro descomunal de recursos naturales. La forma más directamente medible de ese despilfarro es a través de la pérdida de madera (Cuadro II-14). No existe real conciencia de la magnitud de la pérdida de volumen comercial en pie que equivale a una producción entre 1 millón de toneladas de pulpa para papel en 1967 hasta 640 mil toneladas del mismo producto en 1989, para tener una idea de la magnitud de las pérdidas

CUADRO II-14

**VOLUMEN TOTAL PERDIDO POR LA
DEFORESTACION Y COMPARACION CON
LOS VOLUMENES ACTUALMENTE APROVECHADOS**

Año	<u>Volumen deforestado</u>		<u>Volumen Procesado</u>		%
	<u>Total</u>	<u>Comercial</u>	<u>Madera Redonda</u>	<u>Volumen Boscoso</u>	
1970	15 7	3.2	0 9	1.5	45 3%
1971	15 7	3 4	0 9	1.5	42 3%
1972	15 7	3 3	0 8	1 4	42 9%
1973	15 7	3 6	0 8	1.4	39 3%
1974	10 8	2 8	0 8	1 4	49.2%
1975	10 8	2 9	0 8	1 4	47 9%
1976	10 8	2 9	0 8	1 3	46.6%
1977	10 8	2 9	0 8	1 3	45 4%
1978	10 8	3 0	0 8	1 3	44 1%
1979	10 8	3 0	0 8	1 3	42 2%
1980	10 8	3 1	0 7	1 3	41 0%
1981	10 8	2 7	0 7	1 3	45 7%
1982	10 8	2 8	0 7	1 2	45 0%
1983	10 8	3 2	0 7	1 2	39.0%
1984	10.8	3 2	0 7	1 2	39 3%
1985	10 3	2 9	0 7	1 3	42 9%
1986	10 3	3 0	0 7	1 3	42 5%
1987	10 3	3 2	0 8	1 3	40 3%
1988	10 2	3 2	0 8	1 3	42 7%
1989	10 2	3 2	0 8	1 4	43.7%

* Volumen actualmente procesado se estimó de los censos industriales de la DGF Un m³ de madera redonda es equivalente a 1 71 m³ de madera en pie

La pérdida de madera de la deforestación entre 1963 y 1989 fluctuó entre 15 7 y 10 2 millones de m³ anuales. De ese total se toma en cuenta solamente un 26 4% como volumen comercial después de excluir madera sin mercado y madera en áreas de capacidad únicamente para la protección. Aún comparando con este valor conservador, la industria utilizó 57% menos volumen durante el período que se estima era comercial. El porcentaje de utilización total fue de apenas 11% del volumen total en pie.

Otro aspecto importante de considerar es lo que representa el valor de la perdida de una sóla ha El Cuadro II-15 presenta los valores por ha de las perdidas, considerando el total de los bosques y excluyendo los bosques de proteccion en colones de 1984

CUADRO II-15

PERDIDA ECONOMICA POR HA DEFORESTADA (en miles de colones de 1984)

<u>Año</u>	<u>Valor por ha Deforestada</u>	<u>Valor por ha Comercial*</u>
1970	66 3	95 9
1971	95 9	138 8
1972	73 0	105.6
1973	90 7	131 2
1974	147 0	194.6
1975	137 9	182 6
1976	111 9	148 2
1977	115 7	153 2
1978	119 3	158 0
1979	175 8	232 8
1980	157 0	207 9
1981	82 4	109 1
1982	60 7	80 4
1983	198 0	262 2
1984	222 8	295 0
1985	232 3	333 1
1986	357 7	512 9
1987	213 6	306 4
1988	484 6	704 7
1989	490 9	718 5

* Excluye bosques de protección

En colones constantes de 1984, el valor del bosque en términos del valor de la madera madura en pie y el potencial de crecimiento, ha fluctuado desde 80 a 718 mil colones por ha de bosque comercial (exluyendo los bosques de protección) El análisis no atribuye valor en madera a los bosques de protección, puesto que su valor está en la producción de beneficios indirectos que no pudieron calcularse

Las cifras mencionadas indican varios problemas

- i) Baja utilización del volumen total del bosque tropical
- ii) Baja utilización en las industrias del volumen efectivamente comercial
- iii) Desconocimiento consecuente del valor del bosque como productor de madera en forma sostenida
- iv) Desconocimiento absoluto de los otros valores no maderables del bosques tanto a nivel privado (por los propietarios), como a nivel público (por parte del Estado)

Los problemas señalados se aprecian claramente al calcular la depreciación representada por la destrucción del volumen comercial de madera de los bosques, así como de la pérdida de potencial de crecimiento. Los valores de depreciación se indican en el Cuadro II-16

La depreciación anual por la destrucción de los bosques fluctúa entre 1,933 y 15,626 millones de colones de 1984, o entre 43 y 345 millones de dolares del mismo año. En el año 1984, por ejemplo, el valor de los bosques perdidos fue de 159.3 millones de dolares o \$65 por cada habitante. Estos valores representan una pérdida económica importante para el país. Por ejemplo, la depreciación del recurso boscoso, entre 1988 y 1989 fue 36% mayor que todo el servicio de la deuda pública externa. Estos datos demuestran que el sector forestal no debía haber sido un componente menor de la economía, sino manejado y aprovechado en forma sostenible para desarrollar su potencial y generar ingresos importantes.

CUADRO II-16

**DEPRECIACION DEL RECURSO BOSCO
DE COSTA RICA Y EL PRODUCTO FORESTAL NETO**

	<u>Depreciación*</u>			<u>Apreciación**</u>		<u>Producto Forestal Neto</u>
	<u>Pérdida De Madera en Pie</u>	<u>Pérdida del potencial de manejo</u>	<u>Total</u>	<u>Del Bosque Secundario</u>	<u>Producto Forestal</u>	
1970	2,997	238	3,235	169		
1971	4,195	489	4,684	147		
1972	3,279	286	3,565	128		
1973	4,003	425	4,428	110		
1974	4,091	587	4,678	84		
1975	3,871	519	4,390	61		
1976	3,212	349	3,562	40		
1977	3,313	370	3,683	21		
1978	3,407	391	3,798	4	4,006	212
1979	4,835	761	5,596	-12	4,239	-1,368
1980	4,356	642	4,998	-26	4,317	-707
1981	2,430	192	2,622	-38	3,997	1,337
1982	1,854	79	1,933	-49	3,154	1,171
1983	5,395	909	6,304	-59	3,343	-3,020
1984	6,010	1,082	7,092	-68	3,994	-3,167
1985	6,193	1,201	7,394	35	3,917	-3,442
1986	9,224	2,162	11,385	128	3,616	-7,641
1987	6,463	335	6,798	212	3,506	-3,080
1988	14,175	1,249	15,424	288		
1989	14,326	1,300	15,626	355		

* Depreciación de la madera en pie incluye la pérdida de madera mayor de 50 cm d a p con precio actual en el mercado, equivalente al valor del primer ciclo de corta. La depreciación del manejo incluye el valor presente de las futuras cosechas. Valores positivos indican depreciación.

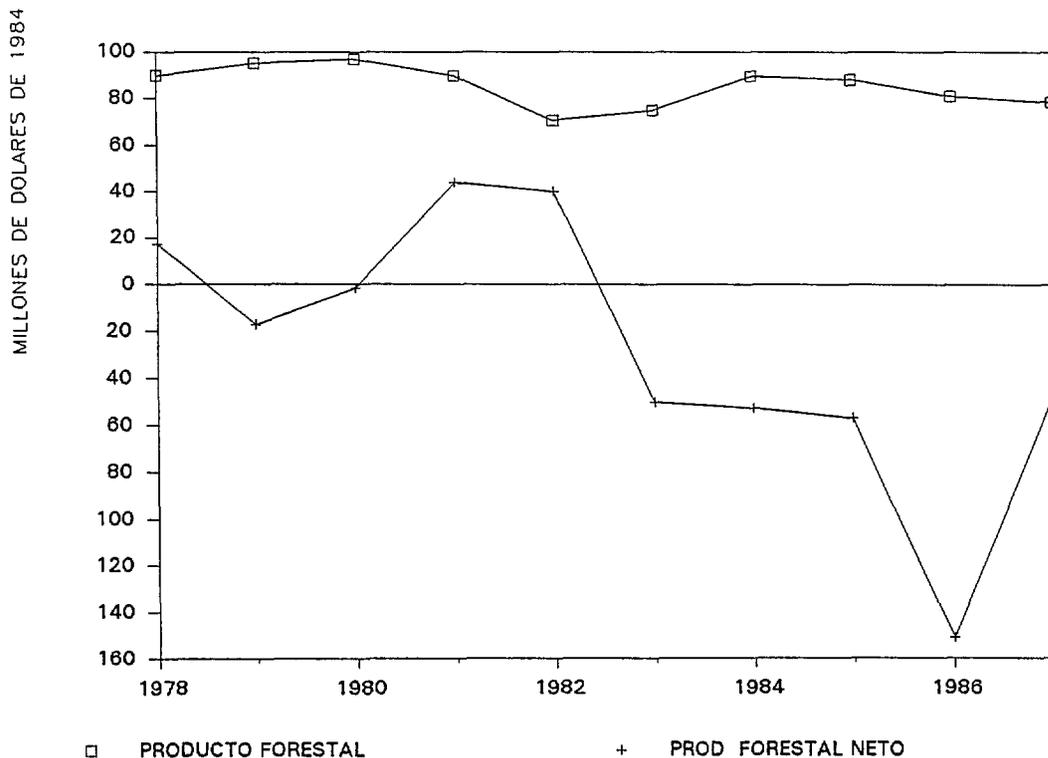
** Valores positivos indica apreciación, valores negativos depreciación.

La depreciación se ve compensada en parte con la apreciación creciente que significa el aumento de volumen en bosques secundarios. Estos bosques apreciaban a una tasa de 335 millones de colones de 1984 en 1989, un valor que bajo manejo podía haber sido mucho mayor. Sin manejo, se estima que la apreciación de los bosques secundarios cotrarresta 2-3% de la depreciación del bosque primario. Obviamente, el manejo adecuado de los recursos forestales del país de abarcar no solo la protección de bosques naturales, sino el mejor aprovechamiento del recurso que está creciendo que son los bosques secundarios.

La destrucción de los bosques contrarresta totalmente al Producto Interno Bruto del subsector forestal. El Valor Agregado por la Silvicultura y las Industrias Forestales es menor que la pérdida por deforestación para la mayoría de los años entre 1978 y 1987, de manera que el Producto Interno Neto se hace negativo (Figura II-8). No se debe sacar la conclusión de que más valiera no producir en la industria forestal y no deforestar. La conclusión correcta es la necesidad de aprovechar una proporción más alta de la madera de las deforestaciones por parte de la industria y poner bajo manejo de rendimiento sostenido tanto el bosque tropical primario como secundario en tierras de pura vocación forestal.

FIGURA II-8

PRODUCTO FORESTAL BRUTO Y PRODUCTO FORESTAL NETO DE LA DEPRECIACION DE RECURSO FORESTAL



G Análisis de las Implicaciones de las Cuentas Forestales

Las cuentas económicas y físicas en que se basa, señalan algunos hechos muy concretos

- Costa Rica está destruyendo sus bosques a tasas muy altas y además el cambio de uso es en terrenos forestales que no deben tener agricultura o ganadería. En el período de análisis el país perdió 26% de sus bosques
- La mayor parte de la deforestación, un 28%, ha ocurrido además en terrenos de protección, que con mayor razón debieron permanecer bajo bosque
- La destrucción más fuerte se ha producido en las zonas de vida que tienen mayor biodiversidad, de manera que la probabilidad es alta de que se hayan perdido especies de la flora y de la fauna que nunca serán recuperadas
- Es fundamental documentar con investigación específica los valores de volumen y crecimiento de los bosques primarios bajo manejo, así como también definir el potencial de aprovechamiento de las diferentes especies. Existe la tendencia a considerar comercial sólo las especies mejores y las dimensiones mayores, así como considerar crecimiento el de esas especies. El criterio mencionado tradicionalmente ha llevado a subvalorar el bosque. Los criterios modernos de aprovechamiento llevarán cada vez más a la utilización de mayor número de especies y el aprovechamiento de diámetros menores
- La deforestación ha significado una pérdida cuantiosa de volúmenes de madera, que sabiamente utilizados habrían podido significar un desarrollo forestal industrial de importancia. Sin embargo la industria ha aprovechado muy poco de la materia prima y además con un porcentaje muy bajo de transformación
- Las pérdidas de valor por ha han sido también bastante altas y ni los propietarios de bosque, ni los industriales forestales ni el sector público, tienen conciencia de ese valor
- La contrapartida de la deforestación ha sido la formación de bosques secundarios por el abandono de cultivos agrícolas y ganadería y las plantaciones forestales. Los bosques secundarios representan una superficie alta, cuyo manejo podría apoyar el crecimiento de la industria mecánica y química de la madera, pero que a la fecha no han sido utilizados de acuerdo a su potencial
- Las plantaciones forestales están ganando una importancia creciente, pero el recurso tiene una dimensión marginal
- La depreciación neta forestal incluye el valor de la madera destruida de bosques primarios, el valor del potencial de crecimiento de los bosques primarios y la apreciación a través del valor del crecimiento de los bosques secundarios

- La destrucción es tan alta que la formación de bosques secundarios solo cubre una mínima parte de esa destrucción. Además el subsector forestal tiene para la mayoría de los años un producto forestal neto negativo, es decir la producción silvícola e industrial forestal tienen un valor inferior a la depreciación de los bosques

Los hechos anteriores deben tener una serie de implicaciones en la política y acción de manejo de recursos naturales y recursos agropecuarios del país

- Es necesario el control de cambios de uso de la tierra de bosques a cultivos anuales, permanentes y pastos, a objeto de evitar pérdida de madera, de potencial de crecimiento, de biodiversidad y de muchos beneficios indirectos
- El desaprovechamiento del volumen comercial debe ser superado con la integración del bosque y la industria forestal. Esta integración contribuiría a un mejor aprovechamiento de volúmenes y también a una mejor planificación y coordinación entre la transformación de bosques y el aprovechamiento industrial
- El manejo de bosques primarios y secundarios debe transformarse en una práctica normal en las fincas del país, para lograr así el manejo integrado y sostenido de los recursos naturales. El manejo de los bosques debe encontrar apoyo en las autoridades forestales y agropecuarias del país, unas impidiendo la transformación y otras facilitando el manejo técnico
- El bosque secundario merece especial mención por la importancia de su superficie. Es necesario hacer una prospección detallada sobre su cobertura, localización y potencial de crecimiento y planificar científicamente y económicamente su manejo. La dimensión del recurso permitiría un desarrollo sustancial de las industrias forestales químicas y mecánicas
- En general hay que mejorar la información sobre inventario, volúmenes aprovechables y crecimientos de los bosques primarios y secundarios para mejorar los valores aquí presentados sobre cuantía y valor de la biomasa
- Los propietarios de bosques deben ser estimulados a hacer manejo forestal a través de incentivos y políticas adecuadas de precios para la madera en pie
- Es de primordial importancia establecer sistemas de determinación y medición de los efectos indirectos de la deforestación. No hay aún antecedentes y también se presentan dificultades metodológicas y estadísticas para incorporar valores de pérdida de biodiversidad, turismo, efectos sobre el clima y el paisaje y valores similares
- El caso particular de los bosques de protección merece un comentario adicional. En el presente estudio se excluyeron los bosques de protección de las cuentas dado que no se debe considerar un valor comercial a bosques que tiene ese uso. En las cuentas, por lo tanto hay una subvaloración, al no haberse asignado ningún valor para las pérdidas en los bosques protectores. Esta es una corrección que es necesario introducir en el futuro

Las sociedades reaccionan en el margen, es decir cuando se produce una catástrofe cambian su conducta frente a un problema. Una de las razones es la falta de conciencia de los riesgos de determinadas acciones. En el caso de la deforestación el conocimiento de los valores perdidos y de los ritmos de éstas pérdidas, debe hacer reaccionar a los individuos, a la sociedad y a los gobiernos, para detener la destrucción de los bosques e iniciar la recuperación dentro de lo posible. Esa es una de las motivaciones del presente estudio y de la presentación de estos resultados.

¹ La información presentada en esta sección se tomó principalmente de Tosi (1974) Para más detalles y información sobre este tema, vease este documento

² Se excluye pulpa y papel por no ser aún una industria realmente forestal en Costa Rica

³ Manuel Gómez, CATIE, comunicación personal Octubre de 1990

⁴ Luis Fdo Sage, CANEFOR Comunicación personal, Octubre, 1990

⁵ También se contó con otros dos mapas del uso de la tierra para el año 1977-78 (SEPSA, 1978) y para el año 1987 (DGF, 1988) Sin embargo, estos no fueron usados debido a problemas de comparación entre mapas Por ejemplo, el de SEPSA (1978) es sumamente general y en algunos áreas del mapa solamente reconoce grandes sectores de un solo tipo, por ejemplo pasto, donde en el mapa de 1984 aparecen hasta tres usos distintos inclusive bosque primario

⁶ Es más común utilizar en este caso el precio de frontera que representa la mejor estimación del valor potencial del recurso Sin embargo, en el caso aquí considerado los datos nacionales eran mucho más confiables dado que permitían desagregación de clases de madera e incluían muchas especies de segunda calidad que no se reflejaría en datos internacionales como FAO, Anuario de productos forestales

⁷ La industria costarricense se concentra en el valle central del país, lejos de los bosques y su fuente de materia prima Flores (1985, p 96) menciona "No cabe duda de que la ubicación de la industria forestal primaria en el Valle Central significa un alto costo social para el país "

⁸ Para estimar el porcentaje con mercado en cada año t ($\%_t$), para $t > 1989$, se utilizó la función $\%_t = (\%_{t-1})^{0.98}$

⁹ Una excepción notable es la de laurel (*Cordia alliodora*) que es secundario pero que los agricultores "dejan" en los campos para luego vender las trozas

¹⁰ Se escogió el año 1984 en este estudio por razones de facilidad y disponibilidad de datos

ANEXO II-1

**EL CAPITAL DEL BOSQUE
UNA ELABORACION MATEMATICA**

El valor del bosque como capital, puede ser calculado como un recurso renovable, es decir como sistema capaz de producir por un infinito numero de años¹, o como una mina que produce cosechas determinadas hasta una fecha finita cuando se agota el recurso En el primer caso, el valor del bosque puede ser expresado

$$V_s = (Py - c(y, x)) / i \quad (1)$$

en donde

V_s = Valor de la producción sostenible del recurso

P = Precio unitario de la producción

y = Producción anual que es sostenible

c = Costos unitarios de la producción que son una función de la producción, y , y el nivel de biomasa, x , e

i = tasa de interés

Gómez-Lobo (1990) indica que la condición de explotación óptima del recurso es

$$\left(\frac{dG}{dx} \right) - \frac{\frac{dc}{dx}}{P - \frac{dc}{dy}} = i \quad (2)$$

o sea, cuando el valor neto del recurso se está aumentando exactamente a la tasa de interés El autor demuestra que bajo condiciones de el uso óptimo del recurso, el valor presente del cambio en la biomasa $(dV_s/dx)/i$, es equivalente al precio neto de este recurso, $P - \frac{dc}{dy}$

Si tratamos el recurso como una mina, el capital del bosque corresponde al valor actualizado neto de todas las cosechas hasta el año "n" cuando se acaba el recurso, o

¹ El análisis de la depreciación del valor de del recurso sostenible se basa en Gomez-Lobo (1990, pp 13-14)

$$V_m = C_0 r_0 + C_1 r_1 / (1+i)^1 + C_2 r_2 / (1+i)^2 + \dots + C_n r_n / (1+i)^n \quad (3)$$

en donde

V_m = valor del recurso como una mina

C = Cosecha anual

r = renta anual unitaria

n = número de años que dura el recurso

Si suponemos que $C_t = C$, o sea que la cosecha anual es constante, entonces

$$n = (\text{Volumen original}) / C .$$

Si se considera ahora V_m al principio del año 0, y se compara el valor esperado del bosque habiendo cosechado durante el año anterior (V_{mc}) y sin cosecha durante el año anterior (V_{ms}), se encuentra que

$$V_{mc} = C r_0 + C r_1 / (1+i)^1 + \dots + C r_{n-1} / (1+i)^{(n-1)} \quad (4)$$

$$V_{ms} = C r_0 + C r_1 / (1+i)^1 + \dots + C r_{n-1} / (1+i)^{(n-1)} + C r_n / (1+i)^n \quad (5)$$

La depreciación D_0 , que se debe a la cosecha durante el año sería

$$D_0 = V_{ms} - V_{mc} = C r_{n-1} / (1+i)^{(n-1)} \quad (6)$$

Si la renta r es constante, el valor de la depreciación se disminuye hasta niveles insignificantes si "n" es un período relativamente largo

Landefeld y Hines (1982, p 149), citando Hotelling, señalan que en equilibrio la renta de escasés o precio neto de los recursos no explotados debe subir exactamente una cantidad igual a la tasa de interés, o sea

$$r_t = r_0 (1+i)^t \quad (7)$$

Por lo tanto, reemplazando la ecuación 7 en la ecuación 6, encontramos

$$D_0 = C r_0 (1+i)^n / (1+i)^n \quad (8)$$

que se puede simplificar en

$$D_0 = C r_0, \quad (9)$$

una solución exactamente igual a la de Gómez-Lobo para el manejo óptimo del recurso

En conclusión, cuando se considera el recurso bosque como un bosque-mina sin la habilidad de recuperarse durante el tiempo, o cuando se considera el recurso bajo un uso óptimo, el valor de la depreciación es igual al precio neto del cambio neto en el volumen total. En el caso del bosque, esto implica que la depreciación se puede calcular bajo ciertas circunstancias con el valor de la madera en pie del cambio total en el volumen.

Al analizar los resultados del tronconaje de madera en Costa Rica durante el período 1970-1989, se encuentra que la renta económica subió en términos reales a una tasa media de 11.3% anual entre 1970 y 1989 y un 7.5% de la renta generada hasta madera rolliza puesta en aserradero (suponiendo 50 km distancia de transporte y 13% de utilidad sobre el capital). Se puede concluir entonces que el supuesto de la ecuación 7 se cumple para el período considerado en Costa Rica. Además, es importante destacar que no solamente en Costa Rica sino a escala mundial los bosques tropicales han sido tratados como una mina, no como un recurso renovable, demostrado por el hecho que se estima que 0.6% del área total de bosques tropicales ha sido deforestada anualmente durante la década de los 80 (WRI, 1988, p. 71).

Los valores destruidos por deforestación son aún mayores que el valor de la madera en pie, pues se está perdiendo el potencial de generar rentas en forma infinita, los valores de otros productos directos y los valores de servicios indirectos del bosque, pero en todo caso, el criterio de que la depreciación equivale al menos al valor de la madera en pie y es aceptable desde un punto de vista analítico.

ANEXO II-2**LA DETERMINACION DEL USO
DE LAS DIFERENTES CLASES DE
TIERRA EN COSTA RICA 1970 - 1989****Datos Utilizados****Mapas**

Para caracterizar las condiciones físicas de la superficie de Costa Rica, se desarrolló un mapa de unidades de tierra (UT) mediante la sobreposición de los mapas de bioclima o zonas de vida (CCT, 1990), grupos de suelos y pendientes, (Vásquez, 1989), y geología (Dirección de Geología, Minas y Petróleo, 1982) Esta sobreposición de mapas resultó en 860 combinaciones distintas, a las cuales se les denominó "unidades de tierra, (UT)" Este mapa se digitalizó con el sistema ERDAS y luego se convirtió al formato ARC/INFO por medio de un programa escrito específicamente para el proyecto (Badilla, 1990) que transforma los archivos de salida en ASCII de ERDAS a archivos de entrada para ARC/INFO

Al mapa de las UT se le superpusieron dos mapas de uso de la tierra el primero del año 1984 (IGN, 1985) y el segundo fue uno que no tenía fecha precisa (IGN, 1970) El mapa del IGN de fecha no conocida fue hecho con base en fotos aéreas de los primeros años de la década de los 60, pero se sabe que hubo algún esfuerzo para actualizarlo antes de su publicación en 1970, de lo cual surgió la duda acerca de la fecha exacta del mapa El mapa de 1984 desagregaba muchos usos diferentes y coberturas mientras que el mapa de los 60 identificaba con precisión solamente las áreas abiertas y las áreas con vegetación primaria El resultado de estas dos superposiciones fue una "Matriz de Uso" compuesta por los 860 diferentes UT dividido por el uso de cada mapa Para eliminar algunas inconsistencias que aparecieron durante el proceso de digitalización, se estandarizó el área total de cada UT para coincidir exactamente con su área anterior a la superposición, la cual a la vez había sido reducida para coincidir con el área total del mapa más "pequeño", de 1984 Todas las áreas cuyo uso se desconocía debido a errores en el proceso de automatización fueron distribuidos

proporcionalmente entre los demás usos. Estos errores eran pequeños y su corrección no habría significado una variación significativa de los resultados finales.

Datos de los Censos Agropecuarios

Se usó información de los censos agropecuarios de 1963, 1973 y 1984 (Dirección General de Estadística y Censos) para interpretar y corroborar los mapas y distribuir el área según los usos agropecuarios. Este paso fue importante dado que el mapa de 1984 a escala 1:200,000 no muestra muchas unidades pequeñas que constituyen buena parte del área de cultivos anuales a nivel nacional.

Explicación del procedimiento utilizado para determinar el uso de la tierra de Costa Rica, 1970 - 1989

1. Primeramente se ajustó el mapa de 1984 para que la distribución del área total agropecuaria entre los tres usos: cultivos anuales, cultivos perennes y pastos, coincidiera exactamente con la distribución de estas áreas en el censo. El área en pasto y cultivos permanentes se tuvieron que reducir mientras el área total de cultivos anuales tuvo que aumentarse. Dentro de la matriz de uso, se redujo el área en pastos y aumentó el área en cultivos anuales proporcionalmente dentro de aquellos UT que poseía ambos usos. De la misma manera, el área en cultivos permanentes fue reducido y se le pasó a cultivos anuales. La matriz resultante de este proceso se usó en los demás pasos.
2. Se pasaron las áreas del mapa más preciso de 1984 en coberturas poco variables como manglares (ver la sección IV de este informe), pantanos y páramos directamente al mapa de los años 60. Las inconsistencias en el área total de cada UT creadas por esta sustitución se corrigieron ajustando el área en pasto o, cuando no había pasto en la UT, se ajustó el área en bosque.
3. Se calculó el área nacional bajo bosque en 1973 y 1963 (la cual no está completa en los censos) restando del área total del país (5,133,680.7 del mapa de 1984) los usos agropecuarios de los censos y los usos poco variables (mencionados en el paso 2) del mapa de uso de 1984. El uso de la tierra en estos dos años fue

	<u>1963</u>	<u>1973</u>
Cultivos anuales	409,271	283,309
Cultivos Permanentes	200,353	207,150
Pastos	935,172	1,558,053
Bosque Primario	3,154,280	2,666,005
Bosque Secundario	299,011	283,571
Manglares	40,148	40,148
Páramos	11,551	11,551
Pantanos	74,892	74,892
Lagos	8,253	8,253
Otros	749	749
	=====	=====
Superficie Nacional	5,133,680	5,133,680

- 4 La tasa de deforestación entre 1963 y 1973 se estimó así en 48,827 5 ha por año
- 5 La fecha del mapa de IGN (1970) se determinó primero suponiendo una tasa lineal de deforestación entre 1963 y 1973. Dado que el área bajo bosque en el mapa era de 3,001,125 ha, la fecha exacta en que el área boscosa se deducía a esa cantidad era temprano en el año 1966 (1966 075). De esta manera, se definió la fecha de la segunda matriz de uso a la cual hubo que hacerle más ajustes para hacerla consistente con los otros datos.
- 6 El área total de bosque secundario en 1966, 294,262 9 ha, se determinó utilizando interpolación de línea recta entre las áreas en 1963 y 1973 presentado anteriormente. Este total se distribuyó entre los UT en tres pasos: primero se le pasó la columna de áreas en bosque secundario de la matriz de 1984 a la matriz de 1963. Segundo, se aumentó el área de bosque secundario en cada UT proporcionalmente para llegar al total. Finalmente, para que el área total de bosque secundario se mantuviera se le restó el mismo número de hectáreas que se le pasó a bosques secundarios de la columna de pastos.
- 7 Se determinó una matriz inicial para 1973 por medio de interpolaciones entre el mapa de 1966 y 1984. Dado que el mapa de 1966 no desagregaba usos agropecuarios, esta matriz preliminar para 1973 agrupaba usos agropecuarios. Dado que su importancia nacional es marginal, se supuso que el área en uso urbano en 1973 era de 0 y subía en forma lineal hasta el valor determinado por el mapa de 1984. Las áreas de uso urbano que aparecían por la interpolación, se eliminó pasándolas a cultivos anuales.
- 8 A la matriz de 1973 determinado en el paso anterior, se le ajustó para que los áreas totales coincidiera con los valores del censo demostrado en el cuadro de la siguiente manera. El área total en uso agropecuario se aumentó, reduciendo el área en bosque. Los áreas en usos agropecuarios se distribuyeron entre las UT en las mismas proporciones que en la matriz de 1984. Luego se ajustó las áreas en cada uso de la misma manera que se hizo para 1984 en el paso número 1.

- 9 De esta forma, se completaron las dos matrices de uso correspondientes a 1973 y 1984. Se hicieron interpolaciones en forma lineal a nivel de cada UT y cada uso para determinar la matriz de usos para los años de 1974 a 1983.
- 10 De 1984 en adelante se supuso que el área en uso agropecuario no cambiaba.

78
ANEXO II-3

**INFORMACION DE VOLUMEN Y
CRECIMIENTO DE ALGUNOS BOSQUES TROPICALES**

<u>Fuente</u>	<u>Volumen</u> <u>En M³/ha</u>	<u>Rango de</u> <u>Diametro</u> <u>En Cm</u>	<u>IMA</u> <u>m³/ha/año</u>	<u>Lugar</u>	<u>Observaciones</u>
CCT, 1987	186	+25	6 5	Costa Rica	Bosque Húmedo Primario
Blaser 1987	423-562	+50	-	Costa Rica	Bosque Nublado
Herrera 1990	110-359	+10	5 4-8 9	Costa Rica	Bosque Secundario De 17 A 40 Años
Marmillo 1982	46-286	+10	-	Perú	Bosque Amazónico
Stadt- mueller 1987	246-700	+10	-	General	
Sabogal 1987	399	+10	-	Perú	Bosque Amazónico
Heheisel 1976	99-819	+10	-	Venezuela	Bosque Nublado
Bockor 1977	392	+10	-	Venezuela	Bosque Nublado
	575	+10	-	Venezuela	Bosque <i>Podocarpus</i>
Malleux 1982	71-121	+40	-	Perú	Bosque Aluvial
Pnuma FAO.1980	188-796	N E	4 8-20	General	
Brown Lugo 1990	-	N.E	27 5-33 8	Costa Rica	Bosque Secundario*

* Brown y Lugo citan a Rosero que midió bosque secundario

ANEXO II-4

**COMPARACION DE RESULTADOS DEL MODELO
CON ESTUDIOS DE CASOS EN 1972, 1976 Y 1980**

1972 Costos del Maderero

	<u>Estudios de Casos</u>	<u>MODELO</u>	<u>DIFERENCIA</u>
Costo de Volteo ²	1 19	6.46	443%
Costo de Arrastre* ³	22 03	11.60	-47%
Preparación**		3 90	
Suma	23.22	21 97	-5%

* Suponiendo 90 m³/ha, 60 cm diámetro promedio, tractor de 90 hp, y una tasa de fango de 20%

** No es claro si los estudios de casos incluyen o no lo que el estudio de Sarapiquí considera Preparacion

² Rodríguez, Jorge, Un modelo de predicción del tiempo requerido para el volteo y troceo con motosierra en un bosque húmedo tropical Tesis Magister Scientiae Turrialba, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, CATIE, Departamento de Ciencias Forestales Tropicales, 1972

³ Clavijo B , Armando, Análisis de costos de arrastre en Bosque homogéneo natural de Costa Rica Tesis Magister Scientiae Turrialba, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, CATIE, Departamento de Ciencias Forestales Tropicales 1972

ANEXO II-4
(Continuado)

1976 Costos y Valor de
la Producción Maderera⁴

	EXTRACCION	TRANSPORTE	ASERRIO
	<u>POR M³</u>	<u>POR M³</u>	<u>POR M³</u>
TALA	17 33	0 00	
EQUIPO	37 09	46.20	
MANO DE OBRA	14 44	14 44	
ADMINISTRACION	8 66	0 00	
COMBUSTIBLE		11 55	
	-----	-----	-----
TOTAL	77 51	72 19	72 19

=====

COSTOS POR M³ EMR

	<u>OFIPLAN</u>	<u>MODELO*</u>
Costo/m ³ EMR Aserrada	221 89	441 6
Costo/m ³ EMR PEP	149 70	194 3

=====

PRECIO POR M³ EMR

	<u>OFIPLAN</u>	<u>MODELO</u>
Madera Aserrada	378 26	641 0
Madera Rolliza	187 69	255 0

=====

TRONCONAJE POR M³ EMR

	<u>OFIPLAN</u>	<u>MODELO</u>
En base Madera Aserrada	378 26	641 0
En base Madera Rolliza	187 69	255 0

* Calculado para una distancia de 107 km en el año 1976

⁴ Villasuso E , Juan Manuel (director del estudio), El sector Forestal y maderero en Costa Rica San Jose, Oficina de Planificacion y Política Económica de la Presidencia de la República (OFIPLAN) 1978 pp 178, 181, 197

ANEXO II-4
(Continuado)

Costos y Valor de 1982 de
la Producción de Maderera⁵

INVERSIONES	Edifi-			Total
	Equipo	caciones	Instalación	
Aprovechamiento	92,350	356,832		449,182
Transporte	3,508,989		882,375	4,391,364
Aserradero		160,000	183,261	343,261
Administración	14,860	237,764		252,624
Terreno			500,000	500,000
	=====	=====	=====	=====
	3,776,199	1,277,857	882,375	5,936,431

GASTOS DE OPERACION	OPERACION 3,624 m ³ /año				Total	%
	Silvi- cultura	Aprovecha- miento	Trans- porte	Aserra- dero		
Ganancia Normal (6 0%)					425,602	26 9%
Mano de Obra	60,866	222,200	83,692	287,008	653,766	41 3%
Administración	11,578	43,741	16,725	56,606	128,650	8 1%
Combustibles		65,325	20,075	56,100	141,500	8 9%
Mantenimiento	1,713	76,364	102,447	52,500	233,024	14 7%
	=====	=====	=====	=====	=====	
	74,157	407,630	222,939	452,214	1,582,542	
% del total	4 7%	25 8%	14 1%	28 6%		

COSTOS POR M ³ EMR	VEIMAN	MODELO
Costo/m ³ EMR Aserrada	436 7	585
Costo/m ³ EMR PEP	194 5	198

INGRESOS	-----DATOS DE VEIMAN (p 158)-----				MODELO
	Volumen (m ³)	Volumen m ³ EMR	Ingresos miles de ¢	Precio/ m ³ EMR	Precio/ m ³ EMR
Madera Aserrada	1,290	2,064	2,100	1,017.4	1,147
Madera Rolliza	399	399	120	300 8	523

TRONCONAJE POR M ³ EMR	VEIMAN	MODELO
En base madera Aserrada	580 8	562
En base madera PEP	106 3	325

⁵ Veiman Quinn, Charles S , Plan Piloto para manejo forestal de los terrenos de J A P D E V A en Costa Rica Tesis Magister Scientiae Turrialba, Costa Rica, CATIE, Departamento de Recursos Naturales Renovables 1982

ANEXO II-5

**UNIDADES DE MEDIDA EN COSTA RICA
CONVERSIONES A M³***

En la industria costarricense, la unidad de medida normal es la pulgada maderera tica (PMT), equivalente a 1 pulgada (2 54 cm) cuadrada por 4 varas (84 cm/vara) Por lo tanto, una pulgada tica es igual a 00216 m³, o, hay aproximadamente 462 pulgadas ticas en un metro cúbico Sin embargo, el volumen de madera en troza o en " tuca" se acostumbra medir la "al mecate" un sistema que descuenta del volumen real de la tuca las perdidas de procesamiento La ecuación es

$$V = (C/4 - R)^2 \quad L/4$$

en donde

V = volumen en pulgadas maderas ticas

C = circunferencia en pulgadas

R = Castigo por corteza, generalmente 1 pulgada

L = Longitud en varas

Dependiendo del tamaño de la tuca, esta medida descuenta del volumen cúbico total de una tuca entre 45% y 25% con un rendimiento de la dimensión promedio de tuca de 279 pulgadas o 60% del volumen actual (DGF, 1986)

Generalmente, los datos sobre precios se presentan en ¢/PMT, y en la mayor parte de los casos se convierte a m³ suponiendo 462 PMT/m³, sobrevalorizando la madera Por lo tanto para estimar precios por m³ en equivalentes de metro cúbico redondo, se usa lo siguiente ecuaciones

$$P_{PEP}/m^3 = P_{PEP}/PMT \quad 462 \quad F$$

$$P_{ASERR}/m^3 = P_{ASERR}/PMT \quad 462 \quad E$$

en donde F = Factor de conversión de PMT a m^3 (usamos el promedio de 0.6)

E = Eficiencia de los aserraderos, (suponemos 60%)

Los costos han sido calculados en base al estudio de Sarapiquí que proponía procesar un total de $10,000 m^3$ por año. Al dividir los costos totales para cada categoría implícitamente se presentan los valores en equivalentes de madera redonda.

Finalmente, para convertir valores en términos de madera redonda a valores en términos de volumen boscoso (antes de cortar) se tomó en cuenta un factor de eficiencia de extracción. En el caso del estudio de Sarapiquí (DGF, 1984 p. 188), se estimó que se necesitaría cortar $30 m^3$ en pie para extraer $17.55 m^3$ de madera en troza. Se aplicaba, por lo tanto, una tasa de conversión de $1.71 m^3$ madera en árbol (volumen boscoso) por m^3 de EMR.

* Fuente: Dirección General Forestal, Censo de la industria forestal 1986-1987, San José, Costa Rica 1988.

ANEXO II-6

COSTOS DE OPERACION
DEL PROYECTO FORESTAL DE SARAPIQUI
UTILIZADOS EN LOS CALCULOS DEL VALOR DE LA
MADERA EN PIE

Tipo de cambio = 43 65		Canancia Ordinaria = 13 0%		Kilometros al Aserradero = 5 26		Horas por Día = 6		GANANCIA NORMAL SOBRE INV-ERSION CAPITAL DE	
DESCRIPCION	CLASE (en años)	NUMERO	COSTO POR UNIDAD	BRUTA	TRABAJO	TOTAL			
TOTAL				40 266 424					
Ganacia Sobre el capital		26 8%			7 284 936	7 284 936			
13% sobre inversiones y capital de trabajo)					26 77%				
Camino (Construccion y Mantenimient		5 6%							
Camino Primario	I	10	1 563711 km	563 711	73282	56 371			
Camino Secundario	M		1 9 367311 km		90726	697 891			
Camino Terciarios	M		5 52772 km		34302	263 860			
Mantenimiento	M		1804 8 1510 horas		35428	272 525			
Tractor Caterpillar	I	6 66	23 1% 6010605 año	1 386 446	180238	207 967			
Cascos de Seguridad	I	2	23 1% 315 año	73	9	36			
Ripper para Tracto	I	6 66	23 1% 462690 año	106 727	13575	16 009			
Demarcacion del Area (10 KM)		0 1%							
Cuchillo	M		3 390 c/u		152	1 170			
Lima	M		1 349 c/u		45	349			
Pintura	M		1 704 c/u		92	704			
Brochas	M		2 60 c/u		16	120			
Placas Metaliscas	M		70 100 c/u		910	7 000			
Sacos	M		10 7 c/u		9	70			
Tabla	M		1 158 c/u		21	158			
Peones	I		30 304 dia		1186	9 120			
Limpieza Previa (para 223 ha)		1 0%							
Cuchillos	M		10 390 cu		507	3 900			
Hacha	M		2 458 cu		119	916			
Limas	M		5 349 cu		227	1 745			
Lima	M		4 106 cu		55	424			
Peones	L		880 304 dia		34778	267 520			
Mochilas pequeñas	I	2	2 462 año	924	120	462			
Inventario (para 31 Ha muestradas)		0 6%							
Cuchillos	M		4 390 cu		203	1 560			
Limas	M		1 349 cu		45	349			
Tablas	M		2 158 cu		41	316			
Sacos	M		15 7 cu		14	105			
Bolsas	M		1 100 paquete		13	100			
Viaticos	L		1 50000 año		6500	50 000			
Técnicos	L		60 750 dia		5850	45 000			

DESCRIPCION	VIDA UTIL		GANANCIA SOBRE INVERSION Y CAPITAL DE TRABAJO				
	CLASE (en años)	NUMERO	COSTO	POR	UNIDAD	INVERSION BRUTA	TOTAL
Técnicos	I	50	800		día		40 000
Baquanos	L	40	370		día		14 800
Peones	I	40	304		día		12 160
Cocinero	L	20	304		día		6 080
Mochilas pequeñas	I	2	3	462	año	1 386	693
Termos para comida	I	4	8	374	año	2 992	748
Cantimploras	I	3	2	770	año	1 540	513
Equipo de Cocina	I	5	1	2309	año	2 309	462
Apeo y Desrame		3 1%					
Motosierrista	L	594	380	5	día	29382	226 017
Peones	I	594	304		día	23475	180 576
Sierra ProMac700	D	594*5/	24007	5	cu	9269	71 302
Seguro	S	0 025*	24007	5	año	232	1 783
Casolina	C	1*594*	24		litro	9266	71 280
Aceite dos tiempos	C	2970/2	98		litro	1892	14 553
Aceite par Cadena	C	2 5*29	57		litro	2751	21 161
Hojas para sierra	M	2*594*	2000		cu	1544	11 880
Cadenas	M	594*5/	1127		cu	2901	22 315
Repuestos	M	594*5/	1000		paquete	10296	79 200
Imprevistos	cl	0 2	700066	6	?	18202	140 013
Control de Tala		0 0%					
Pintura	M	10	187		cu	243	1 870
Capataz	I	14	456	5	día	931	6 391
Arrastre y empacado		3 7%					
Combustible	C	318	496	85	horas	20540	157 998
Aceite y engrase	C	318	17	46	horas	722	5 552
Mantenimiento	M	318	851	17	horas	35187	270 672
Cintas Plásticas	M	15*318	0	11	horas	68	525
Perros	M	15*318	0	762666	horas	473	3 638
Equipo de Seguridad	I	1*318	1	333333	horas	55	424
Cuchillos	M	12*318	0	26	horas	129	992
Limas	M	6*318	0	232666	horas	58	444
Guarda Cabos	M	1*318	2	666666	horas	110	848
Chockers Varios	M	1*318	170	2666	horas	7039	54 145
Capataz	L	318/\$E	456	5	día	3145	24 195
Tractorista	L	318/\$E	730	5	día	5033	38 717
Peones	L	2*(318	304	3	día	4193	32 256
Tractor Foresta FM	I	5 333333	20 0%	9870138	año	1 976 660	370 624
Seguro	S	318	164	5	horas	6800	52 311
Casco de Seguridad	I	2 4*0	20	315	año	252	126
Troceo Primario de Madera		0 3%					
Cunas de Madereo	M	3	399		cu	156	1 197
Mazo	M	1	779		cu	101	779
Cabo	M	3	40		cu	16	120
Equipo de Seguridad	M	1	500		paquete	65	500
Casolina	C	300	24		litro	936	7 200
Aceite dos tiempos	C	15	98		litro	191	1 470
Aceite par Cadena	C	120	57		litro	889	6 840

DESCRIPCION	VIDA UTIL		COSTO POR UNIDAD	UNIDAD	GANANCIA SOBRE INVERSION Y CAPITAL DE TRABAJO		
	CLASE (en años)	NUMERO			INVERSION BRUTA	TRABAJO	TOTAL
Hojas para sierra	M	2	2000	cu		520	4 000
Cadenas	M	8	1127	cu		1172	9 016
Pepuestos	M	1	1000	paquete		130	1 000
Mantenimiento (sierra)	M	0 3	22700	año		885	6 810
Cinta Madrera	M	1	2300	cu		299	2 300
Motosierrista	L	60	380 5	día		2968	22 830
Peones	L	60	304 3	día		2374	18 258
Motosierra 700 (Pr)	I	2 941176 0 8824	22700	año	20 030	2604	6 810
Casco de Seguridad	I	2 0 8824	315	año	275	36	139
Equipo Reparacion	I	5 1	1000	año	1 000	130	200
Marcado y Cubicacion de Trozas		0 2%					
Brochas	M	10	59	cu		77	590
Pintura	M	25	704	cu		2288	17 600
Logger tape	M	1	2500	cu		325	2 500
Tabla de Campo	M	1	158	cu		21	158
Capataz	L	14	456 5	día		831	6 391
Peon	L	60	304 3	día		2374	18 258
Medidas de Proteccion		0 2%					
Productos Quimicos	M	1	10000	paquete		1300	10 000
Equipo de seguridad	M	1	1600	paquete		205	1 600
Solventes	M	1	10000	paquete		1300	10 000
Peon	I	60	304 3	día		2374	18 258
Bomba de Seguridad	I	2 1	2153	año	2 153	254	1 092
Carga de Madera para Aserrio		1 3%					
Perros de maderero	M	10	1144	c/u		1457	11 440
Tractor - Uso para	I	6 666666 9 7%	6010605	año	520 919	67 19	76 138
Combustible	C	19 7*1	19	litro		876	6 737
Aceites	C	18	13 1	hora		31	236
Ripper - Uso para	I	6 666666 26 0%	462690	año	120 299	15639	14 045
Mantenimiento Winch	M	1	365	año		47	
365\sh3							
Pastecas Varias	M	1	6393	Paquete		831	6 393
Construccion Pluma	M	1	10000	año		1300	10 000
Mantenimiento	M	88/100	6010605	tractor		6576	52 893
Combustible	C	19 7*8	19	litro		4282	32 938
Aceites y engrase	C	88	13 1	hora		150	1 153
Mantenimiento	M	1	10717	año		1393	10 717
Seguro Tractor	S	106	100	hora		1378	10 600
Seguro Desgarrador	S	15	12	hora		23	180
Seguro Winche	S	91	61	hora		722	5 551
Tractorista	I	18	730 5	día		1709	13 149
Peones	I	3*30+1	304 3	día		4272	32 864
Camionero Durante	I	88	700 1	día		5372	41 325
Peon (ayudante al	I		304 3	día		2335	17 962
Cascos de Seguridad	I	2 3	315	año	945	123	473
Tecla de 5 toneladas	I	5 1	22110	año	22 110	2874	4 422
Cable de acero	I	2 20	56	año	1 120	146	560
Winche para Caterp	I	7 692307 0 0867	824985	año	71 526	9295	9 298

DESCRIPCION	VIDA UTIL		COSTO POR UNIDAD	UNIDAD	GANANCIA SOBRE INVERSION Y CAPITAL DE TRABAJO		
	CIASE (en años)	NUMFRO			INVERSION BRUTA	TRABAJO	TOTAL
Transporte mayor de trozas		1 2%					
Diesel (63 lt /km	C	0 63	19	litro		4093	31 481
Lubricantes	C	1	4 19	km		1433	11 020
Mantenimiento del	D	1	22 1451	km		7571	58 242
Llantas	M	1	14 85	km		5077	39 056
Seguro Camion	S	1	2 5984	km		888	6 834
Mantenimiento Carr	M	1	4 85	km		1658	12 756
Seguro Carreta	S	1	1	km		342	2 630
Llantas (Carreta)	M	9*1/10	13500	cu		4154	31 955
Cadenas	M	1/5000	35400	100 m/km		2421	18 620
Tensores	M	7*1/50	3078	cu		1473	11,333
Camionero	L	27 761	700 1	día		2527	19 436
Peon	L	27 761	304 3	día		1098	8 448
Cabezal 300HP	I	150000 0 1967	3321765	km	653 391	84941	58 242
Cascos de Segurida	I	2 0 1967	315	año	62	8	31
Carreta 40 ton	I	100000 0 1967	969030	km	190 608	24779	25 485
Administracion		7 3%					
Mantenimiento	M	0 05	90000	edificio		585	4 500
Mantenimiento Equi	M	0 2	30000	equipo		780	6 000
Vehiculo Operacion	M	1	100000	año		13000	100 000
Vehiculo Mantenim	M	0 2	398422	año		10359	79 684
Bodega Mantenimien	M	0 1	133250	año		1732	13,325
Cisterna Mantenim	M	0 02	250000	año		650	5 000
Equipo de Taller M	M	0 05	100000	año		650	5 000
Radio Mantenimient	M	0 5*0	62620	año		407	3 131
Unidades moviles M	M	0 15*0	120676	año		1577	12 128
Walkie-Talkies Man	M	0 33	2000	año		86	660
Papeleria	M	0 5	80000	año		5200	40 000
Materiales varios	M	1	5000	paquete		650	5 000
Traslado de Bodega	M	1	3000	cu		390	3 000
Equipo Técnico Man	M	0 15	14462	año		282	2,169
Diesel	C	320*0	19	litro		498	3,830
Lubricantes	C	320	4 19	km		174	1 341
Mantenimiento	M	320	22 15	km		921	7 088
Llantas	M	320	14 85	km		618	4,752
Seguros	S	320	2 6	km		108	832
Trailer	M	320	29 39	km		1223	9 405
Seguro Pick-up	S	1	5120	año		666	5 120
Chofer	L	5	700	día		455	3 500
Peon	L	5	304 3	día		198	1 522
Técnico foresta	L	12	42960	mes		67018	515,520
Guardas	L	2*12	10740	mes		33509	257 760
Contador	L	1/4*12	28067	mes		10946	84 201
Asistente de conta	L	1/4*12	18902	mes		7372	56 706
Secretaria	L	1/8*12	14750	mes		2876	22 125
Jefe de Mantenimie	L	12	25776	mes		40211	309,312
Mecánico	L	12	17184	mes		26807	206,208
Llantas 2o año pic	M	1	23250	año		3023	23 250
Edificio de Admini	I	17	1 90000	año	90 000	11700	5 294
Equipo de oficina	I	5	1 30000	año	30 000	3900	6 000
Pick-up	I	5	1 421672	año	421 672	54817	84 334

DESCRIPCION	VIDA UTIL					GANANCIA SOBRE INVERSION Y		
	CIASE (en años)	NUMERO	COSTO	POR	UNIDAD	INVERSION	CAPITAL DE	TOTAL
						BPUTA	TRABAJO	
Bodega movil	I	10	1	133250	año	133 250	17323	13 325
Cisterna	I	10	1	250000	año	250 000	32500	25 000
Pistolas	I	10	2	52260	año	104 520	13588	10 452
Herramientas y equ	I	5	1	100000	año	100 000	13000	20 000
Base de radio	I	10	1	31325	año	31 325	4072	3 133
Unidades moviles d	I	10	1	80856	año	80 856	10511	8 056
Walkie-talkies	I	6	1	43473	año	43 473	5651	7 246
Equipo Tecnico	I	5	1	75000	año	75 000	9750	15 000
Botiquin	I	3	1	12000	año	12 000	1560	4 000
Casco de Seguridad	I	2	1	315	año	315	41	158
Industrialización		48 6%						
Mantenimiento Terr	M	0 05	6846000	año			44499	342 300
Manten Construcci	M	0 05	7767000	año			50486	358 350
Manten Maquinaria	M	0 05	5280000	año			34320	264 000
Manten Taller	M	0 05	2200000	año			14300	110 000
Electricidad	E	468	1610	mil kwh/año			97952	753 480
Diesel Cargador F	C	1500*3	71 82	galon			51818	398 601
Aceites y lubrican	C	1500	26 67	hora			5591	43 005
Reparaciones Carg	M	0 09	4785000	año			55985	430 650
Llantas Cargador F	M	1500/1	70000	c/u			42000	323 077
Personal Administr	I	8	264120 5	avg /yr			274685	2 112 964
Personal Mantenim	L	5	147016	avg /yr			95560	735 080
Personal Aseradero	L	28	130147 1	avg /yr			473736	3 644 120
Personal Servicio	L	6	95143 33	avg /yr			74212	570 860
Terreno 5ha mejora	I	17	1 7640600	interes	7 640 600		993275	449 447
Edificaciones	I	17	1 8543920	interes	8 543 920		1110710	502 584
Equipos del aserr	I	17	1 6336000	interes	6 336 000		823680	372 706
Equipo del taller	I	17	1 2640000	interes	2 640 000		343200	155 294
Equipo de los pti	I	5	1 5901000	interes	5 901 000		767130	1 180 200
Equipo del taller	I	5	1 1000000	interes	1 000 000		130000	200 000
Equipo de la admin	I	5	1 1185000	interes	1 185 000		154050	237 000

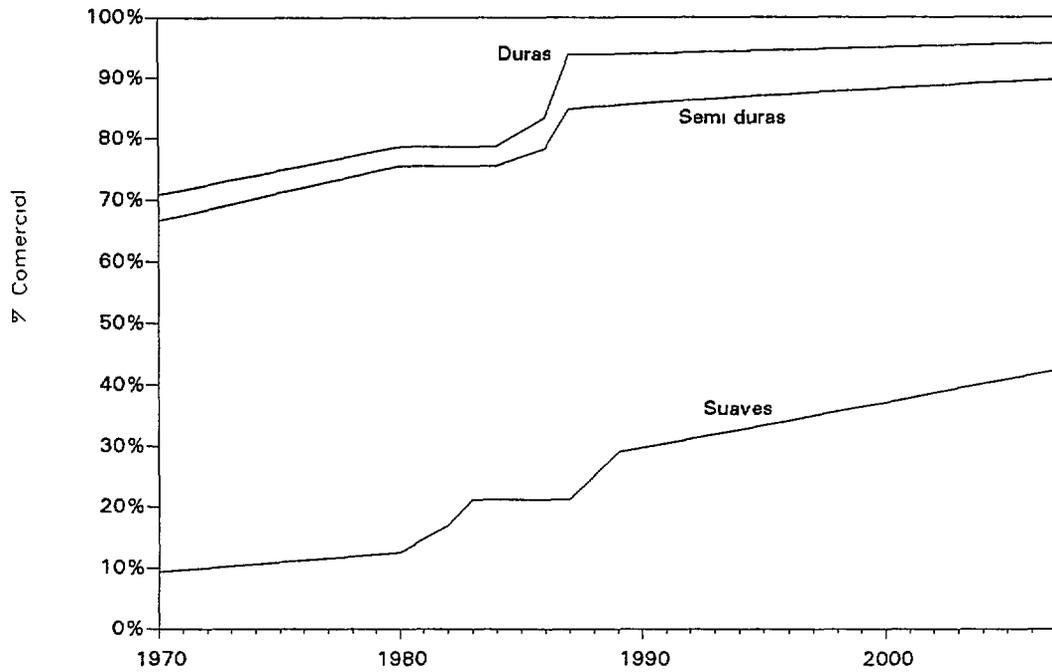
ANEXO II-7

**INDICES UTILIZADOS EN EL MODELO
DE COSTOS DE ETEI DE MADERA ASERRADA**

<u>Año</u>	<u>Combustible</u>	Tipo de Cambio Colones/ US\$	Precios al por mayor <u>General</u>	Indice de salarios Minimos <u>General</u>	Electri- cidad (1984 = 1 61) <u>(Precio/kwh)</u>
1970	0 02	6 64	0 05	0.08	0 09
71	0 03	6.64	0 06	0.09	0 09
72	0.03	6 64	0 06	0 09	0.10
73	0 03	6 65	0 07	0 10	0 10
74	0.06	7 96	0 10	0 12	0.15
1975	0 07	8 57	0 12	0 14	0 20
76	0.07	8 57	0 13	0 16	0 24
77	0 07	8 57	0 14	0 17	0 28
78	0 07	8 57	0 15	0 20	0 29
79	0 11	8 57	0 17	0 22	0 30
1980	0 38	8.57	0 21	0 26	0 34
81	0 72	21 76	0 35	0 32	0 48
82	1 00	37 41	0 74	0.56	0 81
83	1 00	41 09	0 93	0.85	1.46
84	1 00	44 53	1 00	1 00	1 61
1985	1 00	50 45	1 10	1 20	1 88
86	1 01	55 99	1 20	1 37	2 03
87	1 03	62 81	1 33	1 54	2 23
88	1.12	75 89	1.57	1 76	2 76
1989	1 14	81 58	1 80	2 11	3 32

Fuente Banco Central de Costa Rica, Seccion de cuentas nacionales departamento de indices

PORCENTAJE DE LA MADERA QUE SE ESTIMA TENDRIA MERCADO EN EL FUTURO



El Valor para el año 1990 se determinó utilizando la fórmula

$$(\%_{90}) = (\%_{89})^{0.98}$$

y para cada año siguiente de la misma manera

$$(\%_m) = (\%_{m-1})^{0.98}$$

ANEXO II-9

VALOR DE LA MADERA EN PIE EN BOSQUES SECUNDARIOS*
(colones de 1989)

<u>Item</u>		<u>Total</u>
Costos		
Costos de Operacion Por Ha		34,106
Impuestos Fondo Forestal		21,427
Costos Totales		55,533
Ingresos		
Leña	90 m ³	38,841
Madera	136 m ³	353,099
Ingresos Totales		391,940
Ingresos Netos		336,407
Valor Madera En Pie Por m³		1,488

Fuente Herrera, 1989 Cuadro 4a

BIBLIOGRAFIA

- BANCO CENTRAL DE COSTA RICA- Indice de precios al por mayor, sub-grupo materiales de construcción, sub-grupo materiales de madera
- BLASER,J 1987 Standortliche und Waldbauliche Analyse eines Eichenwolkenwaldes(*Quercus sp*) der Montanstufe in Costa Rica Gottinger Beitrage zur Land-und Forstwirtschaft in den Tropen und Subtropen Gottinger Deutschland
- BOCKOR,I 1977 Analyze von Baumartenzusammensetzung und Bestandesstrukturen eines andinen Wolkenwaldes in West Venezuela als Grundlage zur Waldtypengliederung
- BROWN,S 1984 Biomass of Tropical Forests a new Estimate Based on Forest Volumes *Science* 223, pp 1290-93, (March, 23, 1984)
- BROWN,S Lugo,A 1990 Tropical Secondary Forests *Journal of Tropical Ecology* 6 1-32
- CENTRO CIENTIFICO TROPICAL 1985 Manual para la determinacion de la capacidad de uso de las tierras de Costa Rica, J Tosi, director, San José, Costa Rica
- CENTRO CIENTIFICO TROPICAL 1987 *Estudio del plan de manejo forestal de la Hacienda Copano S A* San José, Costa Rica
- CENTRO CIENTIFICO TROPICAL, 1990 Mapa de Zonas de Vida, según el sistema Holdridge Escala 1 200,000 San Jose, Costa Rica
- CHUDNOFF, MARTIN 1974 *Influence of Climatic Life Zones on Density of Tropical Timbers* Forest Products Laboratory, Forest Service, U S Department of Agriculture
- CLAVIJO B , Armando, Análisis de costos de arrastre en bosque homogéneo natural de Costa Rica Tesis Magister Scientiae Turrialba, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, CATIE, Departamento de Ciencias Forestales Tropicales 1972
- DIRECCION GENERAL DE ESTADISTICA Y CENSOS, Censo Agropecuario, 1963, San José, Costa Rica
- DIRECCION GENERAL DE ESTADISTICA Y CENSOS, Censo Agropecuario, 1973, San José, Costa Rica
- DIRECCION GENERAL DE ESTADISTICA Y CENSOS, Censo Agropecuario, 1984, San José, Costa Rica 1985
- DIRECCION GENERAL FORESTAL (DGF), Proyecto Produccion forestal Sarapiquí, vol 1-5, 1984

- DGF, Departamento de Economía e Industria Forestal, 1982, Censo de la Industria de Aserrio, 1980, San Jose, Costa Rica
- DGF, 1988 Mapa de Cobertura Boscosa de Costa Rica Escala 1 200,000 San Jose, Costa Rica
- DGF, Censo de la industria forestal San José, Costa Rica, 1988
- DGF, 1989 Informe Parcial de Actividades comisión técnica sobre el certificado abono forestal (CAF) para manejo bosque natural, San José, Costa Rica
- DIRECCION DE GEOLOGÍA, MINAS Y PETROLEO 1982, Mapa Geologico de Costa Rica, escala 1 200,000
- FINEGAN, B y C Sabogal 1988 El desarrollo de sistemas de producción sostenible en bosques tropicales húmedos de bajura un estudio de caso en Costa Rica *El Chasqui* 6(17) 3-24, CATIE Turrialba, Costa Rica
- FINEGAN, B y C Sabogal 1988 El desarrollo de sistemas de producción sostenible en bosques tropicales húmedos de bajura un estudio de caso en Costa Rica *El Chasqui* 6(18) 16-24, CATIE Turrialba, Costa Rica
- GOMEZ-LOBO, A "Desarrollo sustentable del sector pequeño chileno en los años 80" Unpublished Paper, CIEPLAN, Santiago, Chile
- LANDEFELD J S AND HINES, R , "Valuing Non-Renewable Natural Resources The Mining Industries, in Measuring Non-Market Economic Activity BEA Working Papers, Bureau of Economic Analyses 1982
- GOMEZ-LOBO, ANDRES "Desarrollo Sustentable del sector pesquero chileno en los años 80" informe no publicado, Corporación de Investigaciones Económicas para Latinoamérica" 1990
- GREGORY, R 1972 Forest Resource Economics New York, John Wiley & Sons, Inc
- HENDRISON, J 1990 Damage-Controlled Logging in Managed Tropical Rain Forest in Suriname Wageningen Agricultural University
- HERRERA, R 1990 Evaluación financiera del manejo del bosque natural secundario en 5 sitios en Costa Rica Tesis CATIE Turrialba
- HOHEISEL, H 1976 Struktur u8ns Waldtypengliederung in Primaren Wolkenwald "San Eusebio" in der Nordkordillere der venezolanischen Anden Dissertatuon U Gottingen
- HOLDRIDGE, L R 1967 *Life Zone Ecology* Tropical Science Center, San Jose, Costa Rica

- HOLDRIDGE, L R *et al* 1971 *Forest Environments in Tropical Life Zones A Pilot Study* Pergamon Press, Oxford, New York, Toronto, Sydney, Braunschweig
- HUTCHINSON, I Comunicacion personal sobre pérdidas de madera en la extracción CATIE, Turrialba
- INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL, 1985 Mapa Preliminar de Uso de la Tierra Escala 1 200,000 San Jose, Costa Rica
- MALLEUX, J 1982 Inventarios Forestales en Bosques Tropicales UNA La Molina 1982
- MARMILLOD, D 1982 Methodik und Ergebnisse von Untersuchungen uber Zusammensetzung und Aufbau eines Terrassenwaldes in peruanischen Amazonien Dissertation U Gottingen
- NACIONES UNIDAS, 1970 Estudios de Métodos Un Sistema de Cuentas Nacionales Serie F, No 2, Rev 3 Nueva York
- RODRIGUEZ, J , Un modelo de predicción del tiempo requerido para el volteo y troceo con motosierra en un bosque humedo tropical Tesis Magister Scientiae Turrialba, Instituto Interamericano de Ciencias Agricolas de la OEA, CATIE, Departamento de Ciencias Forestales Tropicales, 1972
- ROSENZWEIG, MICHAEL L 1968 Net primary productivity of terrestrial communities prediction from climatological data *The American Naturalist* Vol 102, No 923 pp 67-73
- SABOGAL, C 1987 Struktur und Entwicklungs Dynamik eines amazonischen Naturwaldes bei Pucallpa Perú Gottingen Dissertation
- SANDNER, G 1972 *La Colonización Agrícola de Costa Rica* Instituto Geografico de Costa Rica, Ministerio de Obras Públicas y Transportes, San Jose
- SECRETARIA EJECUTIVA DE PLANIFICACION SECTORIAL 1977 Mapa de Uso Actual 1977-1978 San Jose, Costa Rica
- SWEDFOREST CONSULTING AB 1977 *Talamanca forest project, Costa Rica* JAPDEVA, San Jose, Costa Rica
- THIEL, S A 1902 Monografía de la población de Costa Rica en el siglo XIX *Revista de Costa Rica en el Siglo XIX* San José
- TOSI, J 1974 Los Recursos Forestales de Costa Rica *Acta Final Primer Congreso Nacional sobre Conservacion de Recursos Naturales Renovables* (pp 89-107) Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica San José

- TOSI, J A , Jr 1980 *Life Zones, Land Use, and Forest Vegetation in the Tropical and Subtropical Regions* Tropical Science Center, San Jose, Costa Rica Manuscript for Publication under the Same Title in S Brown, A E Lugo, and B Liegel (Eds) 1980 The Role of Tropical Forests in the World Carbon Cycle, pp 44- 64 U S Dept of Energy, CONF-800350, Nat Tech Inf Serv , Springfield, Virginia, U S A (Only the pre- publication manuscript includes formulation cited)
- UNESCO/FAO/PNUMA 1980 Ecosistemas de los Bosques Tropicales Investigaciones sobre Recursos Naturales XIV UNESCO CIFCA
- VASQUEZ, A 1989 Cartografía y clasificación de suelos de Costa Rica (escala 1 200,000) Proyecto "Apoyo al servicio nacional de conservación de suelos y Aguas" (GCP-COS-009-ITA) Organizacion de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación Roma, Italia (en prensa)
- VEILLON, JEAN P *et al* ,1983 *El Crecimiento de Algunos Bosques Naturales de Venezuela en Relación con los Parametros del Medio Ambiente* Instituto de Silvicultura, Universidad de los Andes, Merida, Venezuela
- VEIMAN QUINN, CHARLES S , Plan Piloto para manejo forestal de los terrenos de J A P D E V A en Costa Rica Tesis Magister Scientiae Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigacion y Enseñanza (CATIE), Departamento de Recursos Naturales Renovables 1982
- VILLASUSO E , Juan Manuel (director del estudio), El sector Forestal y maderero en Costa Rica San Jose, Oficina de Planificación y Política Económica de la Presidencia de la Republica (OFIPLAN) 1978
- WORLD RESOURCES INSTITUTE World Resources 1988-89, Washington D Basic Books, 1988

III CUENTAS DE SUELOS

A Análisis de la Situación Histórica del Uso Agrícola de la tierra en Costa Rica y las Implicaciones por Erosión en la Productividad del Suelo

Desde el siglo pasado, Costa Rica ha tenido una economía basada principalmente en la producción agrícola. La distribución de los recursos naturales del país facilitó la producción de café, banano, cacao, caña de azúcar, ganado y otros productos agrícolas y forestales, que constituyen el sustento de la economía nacional. Como se presenta en el Cuadro III-1, en 1984, el sector generó directamente alrededor de un 30% del Producto Interno Bruto, proveyó cerca de un 33% del empleo nacional, y aportó un 54.5% de las divisas totales por exportaciones. Estas cifras demuestran que el vínculo entre la economía nacional y el recurso suelo es de suma importancia.

Las características de los distintos modelos de manejo económico del país adoptados en los últimos 40 años, de corte eminentemente desarrollista estimularon por un lado el surgimiento de importantes actividades productivas, pero por otro, un avance no controlado de la frontera agrícola. Este crecimiento provocó un deterioro significativo de los recursos de tierra, agua y bosques, especialmente con el fomento y práctica de la ganadería en grandes áreas de suelos de vocación forestal.

Los resultados presentados en el Cuadro III-2 demuestran que la expansión del área agrícola ha ocurrido principalmente en terrenos dedicados a la ganadería. En la sección de Bosques de este estudio, se demuestra que una gran parte del avance de la frontera agrícola ha ocurrido en zonas con aptitud solamente para usos forestales de protección.

CUADRO III-1
VALORES DEL SECTOR AGRICOLA
EN COSTA RICA, 1984
(millones)

<u>Contribución Económica*</u>	<u>¢'s</u>	<u>US\$'s</u>
Producto Interno Bruto Nacional	163,011	3,660
Producto Interno Agrícola *	48,195	1,082
%	29.6%	29.6%
Producto Industrial Basado en Agricultura ****	8,266	186
Contribución Total de la Agricultura	56,461	1,268
%	34.6%	34.6%
<u>Exportaciones</u>		
Exportaciones Total		1,006
Exportaciones Agrícolas		548
%		54.5%
<u>Empleo</u>		<u>Miles</u>
Total de personas Activos		403.4
Trabajadores Activos en el Sector Agrícola		134.0
%		33.2%

* Fuente Datos del Banco Central de Costa Rica

** Incluye Agricultura, Silvicultura, Caza y Pesca

*** Calculado de Estadísticas del Sector Industrial
Manufacturero 1978-1987, 1989 Incluye actividades
industriales relacionadas con los alimentos que dependen
directamente de la producción nacional (Clasificación
Industrial Internacional Uniforme, CIIU, categorías 31 menos
3114, 3115, 3117, 3121, 3122, y 313)

**** Fuente Principales estadísticas sobre las transacciones de
Costa Rica con el extranjero, Banco Central, 1985

***** Fuente Censo de la Población, 1984, Dirección General de Estadística y Censos, San
José, Costa Rica

El sobreuso de la tierra que provoca el deterioro de su capacidad productiva, es
ampliamente reconocido Según Hartshorn et al (1982, p 82 a 85), un 24.4% de los suelos
del país presentan erosión ligera a moderada y un 17.7% tiene erosión severa a extrema

CUADRO III-2

**EVOLUCION DEL USO DE LA TIERRA SEGUN LOS
CENSOS AGROPECUARIOS DE 1950, 1955, Y 1963,
Y DATOS DE ESTE ESTUDIO 1973 Y 1984**
(superficie en miles de ha)

<u>Categorías de uso</u>	<u>Años</u>				
	<u>1950</u>	<u>1955</u>	<u>1963</u>	<u>1973</u>	<u>1984</u>
Cultivos anuales	111.7	114.8	158 2	360 2	412 8
Cultivos perennes	99 2	124.8	195 6	233.6	252 2
Pastos	625 1	907 3	937 2	1,396.5	1,770 2
Bosques*	576 9	541 6	818.9	2,738 2	2,315 8
Otra tierras	254 4	150 2	302.9	405 1	382.6
Total*	1,667.3	1,838.8	2,412.7	5,133 6	5,133 6

* La superficie total del país es 51 1 mil Km², incluyendo islas el área de los censos representan el total del área censada que no incluye la mayoría de los áreas boscosas

Indudablemente, la actividad con mas tierras en sobreuso es la ganaderia, en donde la productividad a nivel nacional es baja, con sólo 0 9 cabezas por hectarea (SEPSA, 1990) Esta actividad ha tenido una tasa negativa de crecimiento en la última década, que ha llevado al abandono de extensas áreas de pastizales por disminución de su productividad, lo que explica el crecimiento de la superficie de bosques secundarios En muchos casos la ganaderia extensiva ha substituido a cultivos en limpio, en áreas de pendientes inclinadas, donde la erosión ha reducido sensiblemente la productividad de esas tierras Ejemplo de ello es la zona de Puriscal, en otro momento zona productora muy importante de granos basicos, como maiz y frijol La erosión en esta zona causó una disminución fuerte de la capacidad productiva de las tierras, obligando el cambio del uso a actividades menos intensivas como la ganadería

B Qué es la Depreciación del Recurso Suelo? Discusión de los Alternativas para la Valorización de la Erosión

El potencial productivo de un suelo depende de su fertilidad, pendiente de la parcela, limitaciones del suelo, la precipitación, temperatura, y de otros factores físicos y ecológicos. Si el uso que se da al suelo no supera su potencial, la fertilidad del mismo se puede mantener indefinidamente. Por el contrario, si se supera el potencial, el valor productivo y económico del suelo disminuye en un proceso que puede llevar al abandono indefinido de la tierra y a la pérdida completa de su valor económico. Los efectos del mal manejo se manifiestan de diferentes maneras

- Pérdida de productividad a través del tiempo, utilizando la misma tecnología e intensidad de uso de insumos
- Necesidad de aumentar la intensidad de uso de insumos con el objeto de mantener la producción por unidad de superficie
- Cambio de uso del suelo a cultivos menos intensivos y menos rentables por pérdida de fertilidad ¹

Todos estos efectos se deben a la pérdida de nutrientes y de condiciones físicas del suelo, como disminución del contenido de materia orgánica y cambio de estructura. La manifestación de deterioro permite expresar la depreciación al menos de dos maneras fundamentales a saber

- Directamente por la pérdida de productividad
- O indirectamente por el valor de la pérdida de características físicas del suelo, específicamente los nutrientes, debido a la erosión

1 Depreciación en términos de productividad.

La erosión es el resultado de una combinación de factores que están fuera del control del hombre, como el clima, y factores bajo su control como el cultivo o manejo del suelo. Por lo tanto, aunque no se puede predecir con precisión la cantidad de tierra que se perderá en una parcela particular, el riesgo de erosión continúa en un nivel determinado a no ser que se cambie el uso de la tierra o bien que se apliquen técnicas de cultivo que corrijan ciertas

variables que contribuyen a la erosión. Si un suelo continúa por varios años bajo un uso inadecuado, cada año pierde nutrientes y se afectan las características físicas y químicas de ese suelo, teniendo como resultado una pérdida de productividad.

Como un activo normal, el valor del suelo es igual al valor presente de la producción potencial. La depreciación real del recurso es igual a la reducción en este valor por cambios en la capacidad productiva del suelo. Como la pérdida de productividad es permanente, la depreciación del suelo (VDS) se aumenta anualmente como una disminución en la producción, que implica una disminución en los ingresos y en los costos que son variables con la producción. Suponiendo precios constantes, el valor presente de esta pérdida se puede escribir

$$VDS = (R p_R - C p_C) / i, \quad (1)$$

en donde

R = ingresos original de un suelo

p_R = pérdida porcentual en los ingresos por efecto de la erosión,

C = costos de operación,

p_C = cambio en los costos de operación, y

i = tasa de interés ²

La cuantificación de un criterio de pérdida de productividad es ambicioso en información

- Necesita tener información de pérdida física del suelo
- Requiere relacionar la pérdida de suelos con la productividad de los cultivos usuales en el tipo de suelo bajo análisis. Este conocimiento debe estar basado en investigaciones o modelos generales de productividad, que normalmente son muy ambiciosos en información. Por ejemplo, para el caso de la cuenca del Río Urachiche en Venezuela se

utilizó un modelo agronomico que relaciona la pérdida del suelo con pérdida de productividad debida a la pérdida de Nitrogeno y a la pérdida de capacidad de retención de humedad (CIDIAT, CONARE, 1981, pag 12)

- Se requiere información sobre la economía de los cultivos, es decir las cantidades de mano de obra, de insumos, de equipos, el volumen de las cosechas y los precios de todos los insumos y productos

La verificación de la relación entre la erosión y la productividad del suelo se complica porque las tecnologías no son permanentes a través del tiempo, de manera que a pesar de la erosión, la productividad de un cultivo puede aumentar debido a cambios de tecnología y/o, mayor intensidad de uso de insumos agrícolas. Como ha demostrado Magrath (1989), pérdidas reales pueden existir a pesar de aumentos en la producción debido a disminuciones en el potencial del suelo

2 Depreciación en términos de nutrimentos.

Una de las características más importantes de un suelo es su contenido de nutrimentos necesarios para el crecimiento de cultivos. Cuando la erosión ocurre, se traduce físicamente en pérdida de volúmenes de suelo que puede variar en severidad de algunos milímetros o varios centímetros. Con la pérdida de suelo se lava un contenido de nutrimentos, de los cuales, los principales son Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K). Si se deseara recuperar la fertilidad del suelo y por lo tanto su capacidad de producción, sería necesario añadir los nutrimentos perdidos a través de la fertilización (Yost, *et al* 1985 pp 248-261)

La depreciación se puede expresar, por lo tanto, como el valor de los fertilizantes comerciales aplicados al suelo necesarios para recuperar los elementos básicos perdidos por efecto de la erosión³. En forma resumida, este valor sería

$$VDS = (CN_{tot} - CN_{tol}) (f_a)^{103} (P_f + C_f), \quad (2)$$

en donde

CN_{tot} = cantidad total de nutrimentos perdidos

CN_{tol} = cantidad tolerable de pérdidas

f_a = factor de aprovechamiento de fertilizantes

P_f = precio de los fertilizantes

C_f = costo de aplicación de una unidad de fertilizante

La metodología es relativamente simple, pero se enfrenta con algunos inconvenientes

- El contenido de nutrimentos normalmente es más alto en los horizontes superiores del suelo, de manera que no se pierde la misma cantidad de nutrimentos en el primer centímetro que en el centímetro veinte, por ejemplo. Sin embargo, a no ser que se esté midiendo directamente la pérdida de profundidad del suelo, no hay forma de saber que parte del horizonte es la que se está perdiendo. Es necesario en éste caso suponer que todos los centímetros de profundidad son iguales, es decir que tienen la misma cantidad de nutrimentos por unidad de volumen de suelo.
- Un suelo no puede perder profundidad en forma indefinida. Llega un momento en que a partir de cierta profundidad perdida, no sólo se pierden nutrimentos, sino que se pierde totalmente la capacidad productiva de ese suelo para la mayor parte de los cultivos (nivel de irreversibilidad, Gregersen et al , 1988 pag 45). Si no se conoce cuanto de la productividad efectiva del suelo ya se ha perdido antes, no es posible saber en que momento se perderá totalmente el suelo.
- El suelo en general tiene una cierta capacidad de recuperación, de manera que hay un nivel de erosión y pérdida de profundidad que es tolerable (Bennett, 1939, Lombardi y Bertoni, 1975). A objeto de no sobreestimar la pérdida de suelos y la pérdida de

nutrimentos, ésta se hace equivalente a la diferencia entre los nutrientes perdidos por la erosión tolerable y la erosión real

3 Comparación de los diferentes criterios para la estimación de la depreciación del suelo

a Valdez económica.

El criterio de cálculo, usando el costo de reponer la pérdida de nutrientes, puede subestimar o sobreestimar la depreciación real, pero nunca va a ser un criterio preciso. Para cultivos muy rentables es probable que el valor de la pérdida de nutrientes sea subvalorado, mientras que para cultivos poco rentables el valor de la pérdida de los suelos sea sobrevalorado. El método de pérdida de productividad, al contrario, es más preciso desde un punto de vista teórico, y en la medida que se cuente con un modelo agronómico que permita establecer la relación entre pérdida de suelo y productividad, ese tipo de modelo puede estimar bastante bien el valor de la pérdida de renta de la tierra.

b Confiabilidad

Ambos modelos tienen limitaciones que pueden ser serias. La primera limitación es el método de partida. Para ambos métodos hay que estimar primero erosión, para traducirla en pérdida de nutrientes o en pérdida de productividad.

La forma ideal de cálculo sería la determinación de la pérdida de suelos por medición en el campo a partir de parcelas de escorrentía y pérdida de suelos bajo diferentes coberturas en diferentes zonas de vida. El mismo tipo de parcelas, o parcelas de ensayo de cultivos asociadas a las anteriores, se requieren para rendir información adicional sobre productividad a través del tiempo para los diferentes cultivos y condiciones. Sin embargo en Costa Rica se dispone de muy pocas parcelas de escorrentía y muchas de ellas son recientes, de manera que el suelo aún no se estabiliza y no rinden todavía información útil. En el futuro la situación será mejor cuando las parcelas instaladas, produzcan datos confiables.

Ante la imposibilidad de determinar la pérdida de suelo en base a mediciones directas, es posible hacerlo aplicando fórmulas que toman en cuenta diferentes variables y determinan la pérdida de suelo en toneladas por ha por año. La fórmula de mayor uso es la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE, Wischmeier and Smith, 1961). Calibrada originalmente para zonas templadas, se hace necesario entonces calibrar las fórmulas para su aplicación en los trópicos. La fórmula USLE ha sido utilizada y calibrada en muchos países con varios grados de precisión. El modelo de la ecuación USLE no ha sido calibrado para las condiciones de Costa Rica. No obstante, este método ya ha sido utilizado anteriormente en varios estudios en el país. Con el propósito de estimar el riesgo de erosión a nivel nacional, FAO/MAG (1989) calculó la erosión en cada zona del país. Con base en estudios preliminares realizados en algunas zonas, como Puriscal (CORENA/MAG, 1984), los resultados del estudio MAG/FAO parecen un poco subestimados. Tosi (1980, pp 2-34 a 2-39) también ha utilizado la ecuación USLE para estimar erosión en la cuenca del río Arenal, resultados que, se han juzgado ligeramente sobreestimados ⁴

Luego de tener estimaciones de la pérdida física del suelo, existen las limitaciones de los modelos de distribución de nutrientes tanto como en los modelos agronómicos que hacen referencia a la pérdida de productividad. Se está consciente de las limitaciones de la información, pero ello no invalida la investigación. Será luego necesario hacer énfasis en cómo mejorar esta información en futuros trabajos.

El método de la valoración de la pérdida de nutrientes requiere estimados de la cantidad de nutrientes por tonelada de suelo perdido. El grado de confiabilidad de este dato varía con la cantidad de información disponible y la magnitud del estudio. Cruz y colaboradores (1988), clasificaron varios tipos de suelo por profundidad, para dos cuencas en las Filipinas. Stocking (1988), al contrario, usa cuatro grupos grandes de suelos para cuantificar el impacto de la erosión a nivel nacional en Zimbawe, a través del método de la pérdida de nutrientes.

Por su importancia económica y científica, ha habido muchos intentos de asociar la erosión con la pérdida de productividad, la mayoría de los cuales resultan de muy difícil aplicación en países del Tercer Mundo, como Costa Rica, por la insuficiencia de información para alimentarlos. Aunque cada estudio mencionado aquí es único, tienen en común la necesidad de una gran cantidad de información, haciendo sumamente difícil el análisis a nivel nacional.

- Pierce et al (1983) proponen un modelo denominado el Calculador del Índice de Erosión y Productividad (EPIC) mediante el cual se determina el potencial relativo de productividad de los suelos por métodos numéricos.
- Larson et al (1985) basan su Índice de Productividad (PI) en la variación de atributos no sustituibles del suelo, que a largo plazo dependen de características del subsuelo.
- El método de Onstad y Young (1988) se fundamenta en la subdivisión del terreno en celdas, a las cuales se les calculan índices de productividad y, con base en modelos de erosión-productividad, se evalúan los efectos de la erosión en un punto dado. Este método también demanda gran cantidad de estadísticas edáficas y agronómicas del área a estudiar.
- Magrath and Arens (1989) estiman el impacto económico de la erosión en Indonesia estableciendo la reducción en los rendimientos en varios tipos de cultivos según el grado de erosión calculado usando la USLE. Sin embargo, las relaciones entre la erosión y la productividad son específicas de la isla de Java y no se podría extrapolar a otro país.
- Biot (1988) basa su método en el uso de índices de productividad obtenidos por la pérdida de capacidad de retención de humedad del suelo. Se relaciona directamente las ganancias por formación de suelos y pérdidas por erosión de la capacidad de almacenamiento de humedad. Aunque el método parece razonable, los periodos de pérdida total de

productividad en Botswana parecen exagerados, por lo que para su posible aplicación en este estudio pareciera necesario calibrarlo

En resumen, ni el método de pérdida de nutrientes ni el de la pérdida de productividad es ideal para Costa Rica. Mientras el modelo del valor de los nutrientes erosionados le falta precisión económica, los modelos de pérdida de productividad requieren estudios agronómicos y una base de datos mucho más completa que la que existe actualmente. Por lo tanto, se ha decidido analizar la erosión a nivel nacional por medio de la pérdida de nutrientes. Un análisis preliminar de la depreciación potencial en términos de la productividad se presenta en el Anexo III-1

C La Valorización de la Pérdida del Suelo por su contenido de Nutrientes

1 Metodología - Cuentas Físicas

a La Ecuación Universal de Pérdidas De Suelo - USLE

La Ecuación Universal de Pérdidas De Suelo (USLE, Wischmeier y Smith, 1978) es un modelo paramétrico que permite la evaluación de las pérdidas de suelo por erosión laminar y en surcos mediante la expresión

$$A = R K L S C P, \quad (3)$$

en donde

A = pérdida de suelo por unidad de superficie,

R = factor de erosividad de la lluvia,

K = factor de erosionabilidad del suelo,

L = factor de longitud de la pendiente,

S = factor para el grado de la pendiente,

C = factor de cultivo, y

P = factor de prácticas de conservación del suelo

Dimensionalmente, A viene dado en toneladas por hectárea, cuando las unidades que se emplean para ponderar R, K y L son métricas

b Discusión de Datos Utilizados en las Cuentas Físicas

En el presente estudio, los valores de K, L y S fueron derivados de un mapa desarrollado para el estudio de suelos de Costa Rica a 1 200,000 (Vásquez, 1989) El factor K, la erosionabilidad del suelo, se relaciona fuertemente con la textura del suelo y su contenido de arcilla mineral Los factores de pendiente el largo del pendiente, S y L respectivamente, se derivan del mapa topográfico nacional Estos tres factores se agruparon en 22 clases de suelos, (descritas en el Anexo III-2) y sus respectivos valores de erosividad se presentan en el Cuadro III-3 El factor R se obtuvo de un mapa elaborado por Vahrson (1989) en los cuales se calibra la erosividad de la lluvia de Costa Rica a una escala 1 1,000,000 Para facilitar el análisis se determinó el factor R promedio para cada una de los 857 Unidades de Tierra (UT) utilizados por el sector de bosques El factor C depende del uso o cobertura actual de la tierra El uso en cada año se determino utilizando mapas de uso de la tierra para dos años, 1966 (IGN, 1970) y 1984 (IGN, 1985) y los censos agropecuarios de 1963, 1973 y 1984 ⁵ Los valores numéricos para cada clase de cobertura se determinaron de Lopez *et al* (1987) Finalmente, por el escaso desarrollo de prácticas de conservación de suelos en el país, el factor P se asumió con un valor de 1 0

CUADRO III-3

VALORES DE K L S DE LOS TIPOS DE TIERRA

<u>Unidad De Tierra</u> *	<u>Factor Ls</u>	<u>Factor K</u>
A1	0 35	0 28
A2	0.35	0.19
A3	0 35	0 08
B1	0.35	0 26
B2	0 35	0 36
C1	2 11	0 25
C2	2 11	0 18
D1	5 62	0.24
D2	5.62	0.16
E1	11.79	0 12
E2	11 79	0 12
F1	8 71	0 20
F2.1	0 35	0 30
F2 2	0 35	0 18
F2 3	3.86	0 35
F2 4	3 86	0 20
F2 5	11 79	0 29
F2.6	11 79	0 38
G1	15 00	0.20
G2	15.00	0 25
G3	15 00	0 22
G4	15.00	0 25

* Una discusión técnica de las características de los tipos de suelos se encuentra en el Anexo III-2

Con propósitos demostrativos, el Cuadro III-4 presenta el rango de tasas de erosión que se estimaría para un suelo en condiciones de un factor R de 425, correspondiente a una zona con moderada erosividad de la lluvia

110
CUADRO III-4

EROSION POR HA EN CADA TIPO DE
SUELO SUPONIENDO EL FACTOR R DE 425
(toneladas por ha por año)

Factor-C	K L S	Bosque	Pastos	Cultivos Perennes	Cultivos Anuales
		0 003	0 04	0 086	0.34
A-1	0 10	0 1	1 6	3 6	14 2
A-2	0.07	0 1	1.2	2 4	9 6
A-3	0 03	0 0	0 4	1 0	4 0
B-1	0 09	0 1	1 6	3 3	13 1
B-2	0 13	0 2	2 0	4 6	18 2
C-1	0 53	0 7	8 8	19 3	76 2
C-2	0 38	0.5	6 4	13 9	54 9
D-1	1 35	1 7	22 8	49 3	194 9
D-2	0 90	1 1	15 2	32 9	129 9
E-1	1 41	1 8	24 0	51 7	204.4
E-2	1 41	1 8	24 0	51 7	204 4
F-1	1 74	2 2	29 6	63 7	251 7
F 2-1	0 11	0 1	1 6	3.8	15.2
F 2-2	0 06	0 1	1 2	2 3	9 1
F 2-3	1 35	1 7	22 8	49 4	195 2
F 2-4	0 77	1 0	13 2	28 2	111 6
F 2-5	3 42	4 4	58 0	125 0	494 1
F 2-6	4 48	5 7	76 0	163 8	647 4
G-1	3 00	3 8	51 2	109 7	433 5
G-2	3 75	4 8	63 6	137 1	541 9
G-3	3 30	4 2	56 0	120.6	476 9
G-4	3 75	4 8	63 6	137.1	541.9

De la erosión total se debe descontar la erosión tolerable para estimar la erosión no sostenible que implica depreciación del suelo. Para estimar la erosión tolerable (A_{tol}) para cada suelo se estimó la práctica de manejo que se necesitaría usar para cada tipo de uso en forma sostenida⁶. Luego, con base en Lopez et al (1987), se estimó el valor numérico del factor P que corresponde a la práctica de manejo que permitiría uso sostenido de cada tipo de uso. Se consideró entonces cada combinación de los factores C y P que permitirían uso sostenido del suelo, y aquella combinación con el producto mayor se tomó como el uso máximo sostenido del suelo. Luego, se calculó la erosión potencial bajo el uso máximo

sostenido (A_{tol}) para los 22 clases de suelo en cada uno de los nueve diferentes valores del factor R. Los resultados se presentan en el Cuadro III-5

Tomando como ejemplo un suelo en el cual se podría cultivar cultivos anuales (factor C 0 34) en forma sostenida con terrazas, (factor P 0 14), o cultivos perennes (factor C 0 86) con manejo menos intensivo, (factor P 0 6), o en pasto (factor C 0 04) sin prácticas de manejo, (factor P 1 0), el producto sostenible de los factores CP para cultivos anuales en este suelo tendría un valor de 0 476, para cultivos perennes un CP de 0 516 y para pasto de 0 04. Con el producto mayor de las tres combinaciones, cultivos perennes representa el uso sostenido más intensivo, y se usaría para calcular A_{tol} para este suelo en cada zona.

Aplicando el CP máximo sostenido para cada suelo en cada una de las nueve clases de factor R, se calculó la erosión máxima sostenida en toneladas por ha por año como se presenta en el cuadro III-5. Multiplicando A_{tol} por el contenido de nutrimentos en cada suelo, se calculó los nutrimentos que se podría perder sin disminuir la productividad del suelo, CN_{tol} en la ecuación (2). La erosión no-sostenible o no-tolerable se calcula entonces restando de la erosión total la erosión sostenible presentados en el Cuadro III-5.

112
CUADRO III-5

EROSION TOLERABLE PARA CADA
TIPO DE SUELO Y CONDICION CLIMATICA
(en toneladas/ha/año)

Suelo	P*	C*	-----Factor R-----																				
			Max	Max	85	155	255	425	595	765	935	1105	1275	1445									
A-1	0	60	CA	1	7	3	1	5	1	8	5	11	9	15	3	18	7	22	1	25	5	28	9
A-2	0	60	CA	1	2	2	1	3	5	5	8	8	1	10	4	12	7	15	0	17	3	19	6
A-3	0	60	CA	0	5	0	9	1	5	2	4	3	4	4	4	5	3	6	3	7	3	8	3
B-1	0	60	CA	1	6	2	9	4	7	7	9	11	0	14	2	17	4	20	5	23	7	26	8
B-2	0	60	CA	2	2	4	0	6	6	10	9	15	3	19	7	24	0	28	4	32	8	37	1
C-1	0	10	CA	1	5	2	8	4	6	7	6	10	7	13	7	16	8	19	8	22	9	25	9
C-2	0	10	CA	1	1	2	0	3	3	5	5	7	7	9	9	12	1	14	3	16	5	18	7
D-1	0	80	PA	3	7	6	7	11	0	18	3	25	7	33	0	40	4	47	7	55	0	62	4
D-2	0	80	PA	2	4	4	5	7	3	12	2	17	1	22	0	26	9	31	8	36	7	41	6
E-1	0	06	CP	0	6	1	1	1	9	3	1	4	3	5	6	6	8	8	1	9	3	10	5
E-2	0	06	CP	0	6	1	1	1	9	3	1	4	3	5	6	6	8	8	1	9	3	10	5
F-1	0	06	CP	0	8	1	4	2	3	3	8	5	3	6	9	8	4	9	9	11	5	13	0
F-21	0	60	CA	1	8	3	3	5	5	9	1	12	7	16	4	20	0	23	7	27	3	31	0
F-22	0	60	CA	1	1	2	0	3	3	5	5	7	6	9	8	12	0	14	2	16	4	18	6
F-23	0	14	CA	5	5	10	0	16	4	27	3	38	3	49	2	60	1	71	1	82	0	92	9
F-24	0	14	CA	3	1	5	7	9	4	15	6	21	9	28	1	34	4	40	6	46	9	53	1
F-25	0	90	PA	0	5	19	1	31	4	52	3	73	2	94	2	115	1	136	0	156	9	177	9
F-26	0	90	PA	3	7	25	0	41	1	68	5	96	0	123	4	150	8	178	2	205	6	233	1
G-1	1	00	BO	0	8	1	4	2	3	3	8	5	4	6	9	8	4	9	9	11	5	13	0
G-2	1	00	BO	1	0	1	7	2	9	4	8	6	7	8	6	10	5	12	4	14	3	16	3
G-3	1	00	BO	0	8	1	5	2	5	4	2	5	9	7	6	9	3	10	9	12	6	14	3
G-4	1	00	BO	1	0	1	7	2	9	4	8	6	7	8	6	10	5	12	4	14	3	16	3

* C y P Máximo describen en forma numerica el uso que produciría la mayor erosion pero que todavía es sostenible. Los codigos de uso se refieren a los usos y valores siguientes: CA = Cultivos Anuales, 0 34, CP = Cultivos Perennes, 0 86, PA = Pasto, 0 04, BO = Bosque, 0 003

Se consideró la pérdida principal como el equivalente de los nutrimentos más importantes (nitrógeno N, fósforo P y potasio K) disponibles. El cálculo de los contenidos de cada tipo de suelo se basó en Bertsch (1987) y en datos de SENACSA (Servicio Nacional de Conservación de Suelos). En general la metodología aquí utilizada coincide con Cruz et al (1988), pero se propone un cálculo diferente de los nutrimentos perdidos, que según se estima corresponde más a las pérdidas reales que ocurren en el país. Una discusión técnica de los niveles de N, P y K utilizados se encuentra en el Anexo III-3

CUADRO III-6

**CONTENIDO DE NUTRIMENTOS
DISPONIBLE A LA PLANTA EN CADA TIPO DE SUELO**
(gramos/tonelada métrica)

Tipo de Suelo*	<u>Nitrógeno</u>	<u>Fósforo</u>	<u>Potasio</u>
A-1	195	15	9 75
A-2	156	10	7.8
A-3	117	10	3 12
B-1	390	20	2 34
B-2	292 5	12	1 56
C-1	234	2	1 95
C-2	292 5	2	1 56
D-1	156	10	1.56
D-2	234	10	1.56
E-1	156	6	1.56
E-2	312	5	0.78
F-1	175 5	10	1 95
F-2 1	117	10	1 56
F-2 2	117	10	1 56
F-2 3	234	15	2 34
F-2.4	140.4	5	1 95
F-2 5	117	5	1 95
F-2 6	175 5	5	1 95
G-1	312	10	1 17
G-2	292 5	10	1 17
G-3	46 8	30	3 9
G-4	234	5	1 56

* Las características de las clases de suelos se presentan en el Apéndice III-4. Contenidos de NPK de los distintos suelos fueron obtenidos principalmente del manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica (Bertsch, 1987), complementados con datos analíticos de los archivos de SENACSA para suelos montañosos.

En el caso de nitrógeno, un porcentaje pequeño del nitrógeno total se mineraliza cada año. Para la mayor parte de los suelos, este porcentaje es aproximadamente 5%, mientras para suelos volcánicos se estima apenas la tercera parte de este nivel. En otras palabras, al perder un kilo de nitrógeno total, se pierde 5 gramos de nitrógeno mineralizado en el primer año, y 5 gramos en cada año siguiente hasta que, por medio de obras de conservación de suelos y la regeneración natural del suelo, el agricultor logra reponer el material orgánico perdido. Utilizando un supuesto conservador, en este trabajo se supone que la pérdida de nitrógeno disponible permanecerá por dos años hasta que el suelo se podría recuperar. Por lo tanto, los

gramos de nitrógeno por tonelada de suelo en el Cuadro III-6 representan dos veces el nitrógeno mineralizado anualmente

En los casos de Potasio y Fósforo se supone que los valores de nutrimento intercambiable, disponible a la planta, pueden ser repuestos directamente con fertilizantes. Por lo tanto, los valores de P y K en el Cuadro III-6 representan valores de los nutrimentos disponibles, solo una parte del contenido total de los nutrimentos

Finalmente, se necesitaba convertir las pérdidas de nutrimentos a su equivalente en fertilizante comercial con valor económico directo. El nitrógeno se expresa en términos de Urea, el Fósforo en términos de Super-Fosfato Triple y el Potasio en términos de Muriato de Potasio. Luego de corregir por el contenido del elemento puro en el fertilizante, se tomó en cuenta la eficiencia de aplicación de los mismos, dadas las condiciones y prácticas prevalecientes en Costa Rica (ver al Cuadro III-7)

CUADRO III-7

VALORES USADOS PARA CONVERTIR PERDIDAS DE NUTRIMENTOS PUROS A FERTILIZANTES COMERCIALES*

<u>Elemento</u>	<u>Fertilizante</u>	<u>% de Elemento Puro</u>	<u>% de Eficiencia del Fert</u>	<u>Kgs de Fert Por kg de Elemento Perdido</u>
Nitrógeno	Urea	46%	50%	4.35
Potasio	Muriato de Potasio	52%	80%	2.40
Fósforo	Triple Super- Fosfato	46%	25%	8.70

* Elemer Bornemisza, comunicación personal

c Supuestos del trabajo

Entre los supuestos de mayor consideración en el transcurso del estudio de la depreciación de los suelos de Costa Rica por medio del valor de los nutrientes perdidos, es importante destacar los siguientes

- Se asume que todas las pérdidas de NPK que ocurren por efecto de la erosión deberán ser repuestas por los agricultores
- El presente enfoque evalúa los nutrientes que habrá que reponer inmediatamente. Globalmente, estas pérdidas son el mínimo que se esperaría, ya que no incluyen otros elementos perdidos como calcio, magnesio, azufre y oligoelementos, cuya pérdida puede ser igual a la del potasio para el calcio y el magnesio, y a la del fósforo para el azufre. Tampoco se mide el deterioro físico del suelo, difícil de cuantificar, pero esencial para su manejo
- Se asume que la erosión que ocurre en áreas bajo bosque es sostenible, por lo que no se computa la pérdida de nutrientes que se produce bajo este uso
- Los resultados están limitados por la escala del trabajo, que obliga a resumir los distintos tipos de uso de la tierra en solo cuatro categorías, con los correspondientes índices de factor C, que deberán considerarse como promedios de distintas formas de uso de la tierra. Asimismo, el cálculo del factor R se hizo sobre un mapa a escala 1:1,000,000, lo que limita la precisión de los resultados

2 Metodología - Cuentas Económicas

Una vez estimado el volumen de suelo perdido debido a la erosión en términos de fertilizantes, la estimación del valor de este es bastante directa y depende del costo para el productor de reponer estos fertilizantes. Este valor debe incluir el costo de los fertilizantes en el mercado, el costo de transportarlos, el costo de aplicarlos, y el costo del capital necesario en el proceso. En el presente trabajo se excluyó el costo del transporte dado que su inclusión en el análisis nacional implicaría que el suelo en fincas muy alejadas vale más que el suelo en áreas cerca de poblaciones. Tal resultado obviamente no tendría sentido económico y representaría una sobrevaloración artificial de la depreciación real. Además no se tomó en cuenta el valor del capital necesario para la aplicación de fertilizantes debido a que este representa un

porcentaje menor del costo total en operaciones como la fertilización que no tarda mucho tiempo de la compra a la aplicación

CUADRO III-8

VALORES DE FERTILIZANTES Y MANO DE OBRA AGRICOLA (valores en monedas de 1984)

	Urea (tonelada)		Super-Fosfato Triple (tonelada)		Muriato de Potasio (tonelada)		Mano De Obra (un día)	
	¢	US\$	¢	US\$	¢	US\$	¢	US\$
1970	11,940	268 1	12,350	277 3	9,126	204 9	428	9 6
1971	11,032	247 7	11,411	256 2	8,432	189 4	437	9 8
1972	11,420	256 4	11,812	265 2	8,729	196 0	427	9 6
1973	11,758	264 0	12,161	273 1	8,987	201 8	401	9 0
1974	18,203	408 8	18,828	422 8	13,913	312 4	360	8 1
1975	16,369	367 6	16,931	380 2	12,512	281 0	352	7 9
1976	13,069	293.5	13,517	303 5	9,989	224 3	370	8 3
1977	12,648	284 0	13,082	293 8	9,667	217 1	384	8 6
1978	10,911	245 0	12,801	287 5	9,460	212.4	410	9 2
1979	13,682	307 2	13,433	301 6	9,927	222.9	392	8 8
1980	14,064	315 8	14,943	335 6	11,043	248 0	375	8 4
1981	12,645	283 9	14,985	336 5	11,073	248 7	278	6 3
1982	13,881	311.7	14,619	328.3	10,803	242 6	237	5 3
1983	12,272	275 6	11,916	267 6	8,805	197 7	279	6 3
1984	12,407	278.6	12,833	288 2	9,483	212 9	304	6 8
1985	13,351	299.8	13,950	313.2	10,308	231 5	332	7 5
1986	9,671	217 2	12,798	287.4	9,457	212 4	352	7 9
1987	8,743	196.3	11,570	259.8	8,549	192.0	360	8 1
1988	10,324	231.8	12,444	279 4	8,827	198.2	345	7 7
1989	10,715	240.6	12,610	283 2	8,945	200 9	371	8 3

Fuente Precios de Muriato de Potasio y Super Fosfato Triple para los años 1985-1988 y para UREA de 1978 a 1988, basado en Jorge Campos, FERTICA, comunicación personal. Lo demás años se determinaron con base en el índice de precios de abonos al por mayor. El costo de mano de obra se basó en el costo de un jornal en 1989 y extrapolado a lo demás años con base en el índice de salarios mínimos agropecuarias.

Los precios de la mano de obra y los fertilizantes mismos representan costos legítimos en la reposición los nutrientes perdidos. Se estima que se necesita cuatro jornales para la aplicación de una tonelada de fertilizante (A. Vásquez, comunicación personal). El costo unitario de la mano de obra se determinó con base en el salario mínimo para mano de obra.

agrícola Este valor se estimó para el año 1989 y se extrapoló para el resto del periodo utilizando el índice de salarios mínimos agropecuarios (Banco Central)

En el caso de los fertilizantes, se obtuvo de la compañía FERTICA S A (comunicación personal, Jorge Orózco) el precio de venta al consumidor para los tres fertilizantes de 1978 hasta 1989 Para años en que el precio cambió se usó un promedio ponderado con base en el tiempo de vigencia de cada precio Los precios para años antes de 1978 se estimaba por extrapolaciones con base en el índices de precios al por mayor para abonos Es importante notar que los precios usados por FERTICA son fijados por ley a nivel nacional y no necesariamente son suficiente para cubrir el costo de producir el fertilizante Los precios por tonelada de los tres fertilizantes y el costo por jornal para la aplicación del fertilizante se presentan en el Cuadro III-8

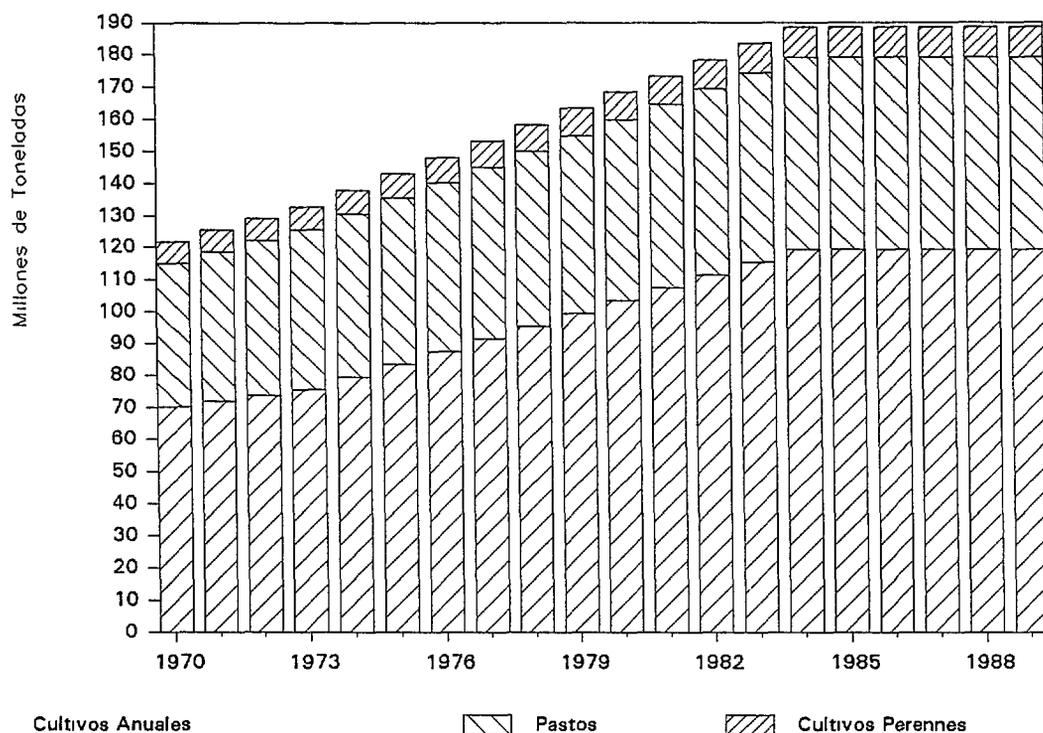
3 Resultados - Cuentas Físicas

Las cuentas físicas de suelos se derivan a partir de la erosión total menos la erosión geológica o tolerable, en el sentido que la dinámica de formación de suelos permite recuperar parte de las pérdidas El resultado es lo que se ha denominado erosión no tolerable o no sostenible Esa erosión no sostenible es la que resulta finalmente en pérdida de nutrientes disponibles y en pérdida de productividad

La Figura III-1 presenta la estimación de la erosión no tolerable que se ha lavado anualmente durante los últimos 20 años Comparando las tendencias de aumento de la erosión nacional con el cambio en el uso de la tierra presentado en el Cuadro III-2 se ve claramente que la expansión agrícola ha ido acompañada por volúmenes cada vez mayores de suelo perdido

FIGURA III-1

TONELADAS DE SUELO PERDIDO DEBIDO A LA EROSION



Aunque la ganadería representa el uso agropecuario más extensivo en el país, su contribución es secundaria respecto a cultivos anuales. Como se demuestra en el Cuadro III-9, los áreas en pastos se han erosionado a una tasa promedio de 33.8 toneladas/ha/año, comparado con 289.0 y 37.3 toneladas por ha por año en cultivos anuales y cultivos perennes respectivamente. Esto no implica que los pastos no representan un uso inapropiado del suelo en muchas zonas del país. Primero, se debe considerar que los valores utilizados en la ecuación USLE son muy conservadores y se ha reportado en otros estudios erosión mucho más severa que los valores estimados aquí.⁷ Segundo, la ecuación USLE no toma en cuenta otras formas de degradación del suelo tal como es la compactación y percolación, las cuales son frecuentes en suelos costarricenses.

CUADRO III-9

**RESUMEN DE LA MAGNITUD
DE LA EROSION EN COSTA RICA**
(valores de 1984)

	<u>Cultivos Anuales</u>	<u>Cultivos Perennes</u>	<u>Ganaderia (Pastos)</u>	<u>Total o Promedio</u>
Erosión total (millones de toneladas)	125 5	14 2	84 4	224 1
Erosión no-sostenible (millones de toneladas)	119 3	9 4	59 9	188 6
Area total (miles de hectareas)	412 8	252.2	1,770 2	2,435.3
Erosion total/ha (toneladas)	304 0	56 3	47 6	92 0
Erosion no-sostenible/ha (toneladas)	289 0	37 3	33 8	77 4

Fuente Datos del presente estudio

El Cuadro III-10 muestra las pérdidas no-sostenibles de suelo, desde 1970 a 1989, para los usos principales de la tierra en el país. Se estima que a nivel nacional la erosión excesiva lavó de terrenos agrícolas por aproximadamente 2,200 millones de toneladas de suelo desde 1970 a 1989 suficientes para tapar la ciudad de San José con sedimentos hasta 12 mts de altura. El volumen principal de erosión, 61% del total durante el período, fue en tierras bajo cultivos anuales, el 33.8% en tierras en pastos y solamente 5.1% en las áreas con cultivos perennes.

120
CUADRO III-10

**TONELADAS DE EROSION POR
 USO TIPO DE USO**
 (millones de toneladas)

	<u>Anuales</u>	<u>Perennes</u>	<u>Pastos</u>	<u>Total</u>
1970	70 2	6 8	44 8	121 8
1971	72 0	6 9	46 6	125 5
1972	73 8	7 0	48 4	129 2
1973	75 6	7 2	50 1	132.9
1974	79 6	7 4	51 0	137.9
1975	83 5	7 6	51 9	143 0
1976	87 5	7 8	52 8	148 1
1977	91 5	8 0	53 7	153.1
1978	95 5	8 2	54 6	158 2
1979	99 4	8 4	55.4	163.3
1980	103 4	8 6	56 3	168 3
1981	107 4	8 8	57 2	173 4
1982	111 4	9 0	58.1	178 5
1983	115 3	9 2	59 0	183 5
1984	119 3	9 4	59 9	188 6
1985	119 3	9 4	59 9	188 6
1986	119 3	9 4	59 9	188 6
1987	119 3	9 4	59 9	188 6
1988	119 3	9 4	59 9	188 6
1989	119 3	9 4	59 9	188 6

4 Resultados - Cuentas Económicas

El Cuadro III-11 muestra el valor de las pérdidas por ha en los tres usos considerados. La tendencia de pérdida de valor por ha es decreciente a través del tiempo (en moneda constante de 1984) debido a que los precios reales de los fertilizantes han disminuído (ver Cuadro III-8)

CUADRO III-11

**DEPRECIACION
PRO MEDIO POR HA**
(colones de 1984 por ha)

	<u>Cultivos Anuales</u>	<u>Cultivos Permanentes</u>	<u>Pasto</u>	<u>Total</u>
1970	1,086.5	100 1	753 3	1,939 9
1971	1,045 0	95 5	734 1	1,874.5
1972	1,102 1	99 9	783 8	1,985 8
1973	1,150 7	103.5	827.9	2,082 2
1974	1,784 0	156.4	1,239 7	3,180 1
1975	1,697.7	145 3	1,142 1	2,985 1
1976	1,457.5	122 0	951 3	2,530.8
1977	1,487 4	121 9	943 6	2,553.0
1978	1,384 3	111 4	854 8	2,350 5
1979	1,737 7	137 2	1,046 8	2,921 7
1980	1,853.5	143 9	1,090 2	3,087 7
1981	1,714 0	131 1	985 4	2,830.6
1982	1,904 5	143 4	1,072 2	3,120.1
1983	1,774 5	131 7	979 2	2,885 4
1984	1,875 4	137.4	1,015 1	3,027 9
1985	2,022 1	148 1	1,094 5	3,264 7
1986	1,546 8	113 5	836 7	2,497 0
1987	1,421.6	104 3	769 0	2,294 8
1988	1,624 5	119 1	879 0	2,622 5
1989	1,594 5	116 0	865 1	2,575 6

La mayor pérdida por ha es la de los cultivos anuales, los cuales no solamente han sufrido la mayor erosión sino también son los suelos con los contenidos más altos de los nutrimentos valorizados. Sin embargo, los totales nacionales demuestran que los pastos también causan pérdidas económicas importantes anuales en el sector. Los cultivos perennes, dominados por café y caña de azúcar, no han sido una fuente importante de la depreciación del recurso del suelo a nivel nacional, dado que ocurrió en estas tierras solamente 4.7% de la pérdida total durante el período.

CUADRO III-12

**VALOR DE LA PERDIDA DE
NUTRIMENTOS POR LA EROSION DEL SUELO**
(millones de colones de 1984)

	<u>Cultivos Anuales</u>	<u>Cultivos Permanentes</u>	<u>Pastos</u>	<u>Total</u>
1970	1,086 5	100 1	753 3	1,939 9
1971	1,045 0	95 5	734 1	1,874.5
1972	1,102 1	99.9	783 8	1,985.8
1973	1,150 7	103 5	827 9	2,082 2
1974	1,784 0	156 4	1,239 7	3,180 1
1975	1,697 7	145 3	1,142 1	2,985 1
1976	1,457 5	122 0	951 3	2,530 8
1977	1,487 4	121 9	943 6	2,553 0
1978	1,384 3	111 4	854 8	2,350 5
1979	1,737 7	137 2	1,046 8	2,921 7
1980	1,853 5	143 9	1,090 2	3,087 7
1981	1,714 0	131 1	985 4	2,830 6
1982	1,904 5	143 4	1,072 2	3,120 1
1983	1,774 5	131 7	979 2	2,885 4
1984	1,875 4	137 4	1,015 1	3,027 9
1985	2,022 1	148 1	1,094 5	3,264 7
1986	1,546 8	113 5	836 7	2,497 0
1987	1,421 6	104 3	769 0	2,294 8
1988	1,624 5	119 1	879 0	2,622 5
1989	1,594 5	116 0	865 1	2,575 6

Evaluando la pérdida económica en términos de las contribuciones económicas de los diferentes usos, se encuentra que cultivos perennes representan el uso mas "eficiente" en términos de su producto por cantidad de suelo erosionado, (ver Cuadro III-13) En promedio nacional, se estima que este uso pierde apenas 0.3 toneladas de suelo por cada mil colones de producto económico. Cultivos anuales y pastos, al contrario, causan pérdidas económicas fuertes durante el proceso productivo. Por cada mil colones de producto generado de los pastos en 1984, por ejemplo, el país pierde 8.1 toneladas de suelo con un valor de 136.5 colones. En otras palabras, se lava anualmente suelo con un valor equivalente a 13% del producto de estas tierras.

CUADRO III-13

**DEPRECIACION DEL RECURSO SUELO
EN TERMINOS DE PRODUCTIVIDAD ECONOMICA**
(valores de 1984)

	<u>Cultivos Anuales</u>	<u>Cultivos Perennes</u>	<u>Pastos</u>	<u>Total</u>
Erosión no-sostenible/ha (toneladas)	289 0	37.3	33.8	77.4
Valor de la pérdida/ha (colones de 1984)	4,542 9	544 7	573 4	1,243 4
Producción Económica/ha* (miles de colones de 1984)	26 3	123 6	4 2	15.8
Toneladas de Erosión por mil colones de producto económico	11 0	0 3	8 1	4 9
Depreciación por mil colones de producto económico (colones de 1984)	172.7	4 4	136 5	78 7

* Calculado por dividir el valor total de la producción (Banco Central, 1989) por el área bajo los cultivos apropiados de acuerdo con el censo agropecuario (Dirección General de Estadística y censos, 1987)

El producto agropecuario neto, entonces, es el producto bruto menos la depreciación del recurso suelo. En el Cuadro III-14 se muestran el valor del producto agropecuario (que incluye también silvicultura, caza y pesca), y el producto agrícola neto de la depreciación del recurso suelo.

CUADRO III-14

**PRODUCTO AGRICOLA BRUTA
Y NETO DE LA DEPRECIACION DEL VALOR DEL SUELO**
(millones de ¢ de 1984)

	Producto Agrícola <u>Bruto</u>	Depreciación del Recurso <u>Suelo</u>	Producto Agrícola <u>Neto</u>	Depreciación como % del <u>Prod Bruto</u>
1970	21,044	1,940	19,104	9 2%
1971	19,277	1,875	17,403	9 7%
1972	20,278	1,986	18,292	9 8%
1973	23,570	2,082	21,488	8 8%
1974	23,835	3,180	20,655	13 3%
1975	25,503	2,985	22,518	11 7%
1976	26,960	2,531	24,429	9 4%
1977	31,513	2,553	28,960	8 1%
1978	31,258	2,350	28,908	7 5%
1979	29,713	2,922	26,792	9 8%
1980	28,668	3,088	25,580	10 8%
1981	36,804	2,831	33,973	7 7%
1982	35,220	3,120	32,100	8 9%
1983	33,679	2,885	30,794	8 6%
1984	34,540	3,028	31,512	8 8%
1985	31,879	3,265	28,614	10 2%
1986	37,057	2,497	34,560	6.7%
1987	33,615	2,295	31,320	6 8%
1988	37,309	2,623	34,687	7 0%
1989	39,459	2,576	36,883	6 5%

Durante el periodo estudiado, la erosión y pérdida de nutrientes representó entre un 6.5% y un 13.3% del producto interno bruto de la agricultura, un porcentaje no despreciable del producto de la agricultura. A pesar de aumentos en pesticidas y fertilizantes, y mejoras en la tecnología, la productividad nacional no puede aumentarse tan rápido como debe debido a la deterioración paulatina del recurso del suelo.

Además, es necesario destacar que la pérdida de valor de nutrientes no es el único efecto negativo de la erosión. Hay otros efectos como el deterioro de sistemas de riego y de generación de energía que aparecen en las cuentas nacionales como producto y no como depreciación, y la pérdida de potencial de riego y de generación de energía de las cuencas

hidrográficas no incluidos en las cuentas nacionales Esa depreciación no fue posible de calcular en el presente estudio pero se contempla en la siguiente sección

D Depreciación económica debido a efectos ex-situ de la erosión

1 Discusión general sobre la relación entre la erosión y la disminución de la productividad de plantas hidroeléctricas y sistemas de riego.

La erosión tiene efectos in-situ y ex-situ Los efectos in-situ se producen en el mismo suelo que se está erosionando, ya se hizo referencia a ellos como la pérdida de nutrientes del suelo y la pérdida de su capacidad productiva bajo un mismo uso

Los efectos ex-situ de la erosión se producen por la sedimentación de los materiales de erosión y por las modificaciones en el ciclo hídrico de la cuenca afectada Algunos de los efectos ex-situ que pueden mencionarse son los siguientes (Gregersen, et al , 1988, pag 16)

i) El aumento de la sedimentación provoca

- Aumento de la productividad de la tierra por creación de depósitos y tierras en los llanos aluviales
- Disminución de la capacidad de los canales, lo que afecta la capacidad de transporte (navegación) y aumenta la frecuencia de las inundaciones, esto a su vez se traduce en pérdidas principalmente en llanos aluviales bajo uso
- Disminución de la capacidad de las represas afecta la potencial producción de peces, disminuye la capacidad de la presa de absorber el efecto de inundaciones y disminuye los flujos de agua en los periodos críticos

ii) La modificación del régimen hídrico

- Disminución de la disponibilidad de agua en los periodos críticos, lo que disminuye a su vez la capacidad de riego, la capacidad de transporte, la capacidad de producción de hidroenergía, perjudica las pesquerías de agua dulce y en general disminuye la disponibilidad de agua

iii) El cambio de la calidad del agua

- Disminución de la productividad del agua y por lo tanto, aumento de los costos de producción Además se producen costos sanitarios por la mala calidad del agua

Cuando estos efectos aparecen en las cuentas nacionales, lo hacen generalmente con signo positivo, pues representan gastos en sueldos, salarios, uso de maquinarias y por lo tanto se reflejan en el producto interno bruto. Sin embargo, los efectos a largo plazo y los efectos permanentes como la pérdida de vida útil de las obras, o la disminución de área para la producción no queda reflejado en las cuentas nacionales a pesar del alto valor de estos activos.

2 Revisión de la literatura sobre valorización de efectos fuera del sitio.

Beattie (1977, pag 33) valoró los beneficios del manejo de la cuenca del río Lar en Irán en términos de tres valores del agua: para consumo en los centros urbanos, para la generación de energía eléctrica y para el riego. En los casos del agua para consumo y para la generación de energía se usó el costo de oportunidad del agua. La valorización del agua para consumo se midió con el costo de fuentes de agua subterránea o el tratamiento y reciclaje de agua usada. El valor del poder energético del agua se calculó usando el costo de la producción de energía en plantas térmicas. El agua para riego se valorizó como equivalente al valor del aumento de productividad que el riego produce, comparando arroz (con riego) con el cultivo de secano de algodón (tierras planas) y trigo (tierras en pendiente).

Southgate (1986) aplicó un modelo de optimización dinámica para calcular los beneficios de la disminución de la sedimentación en la cuenca del Río Paute en el Ecuador. El modelo utiliza costos de dragado de sedimentos y costos de oportunidad de producción de energía para determinar los costos de la sedimentación o los beneficios de evitar o disminuir la carga de sedimentos. El estudio analiza la situación sin manejo de la cuenca con tres modelos de manejo de la cuenca.

Brooks et al (1988) establecen una metodología para la evaluación económica de proyectos de cuencas y ponen como ejemplo el caso del río Loukkos en Marruecos (Babau, 1976 y Lahlou, 1979). Para valorar los efectos ex-situ de sedimentación en la cuenca, calculan primero la erosión con la Ecuación Universal de la Pérdida de Suelo, y luego determinan la razón de arrastre para establecer la cantidad de sedimentos en la represa.

Posteriormente se calcula el efecto de la sedimentación en el embalse en la disponibilidad de agua de riego y se estima su valor según las pérdidas que se producen en cultivos con riego debido a severas deficiencias de agua durante los períodos secos críticos

Southgate (1986) identifica efectos positivos y negativos del traslado de sedimentos de manera similar a Gregersen. Además, reconoce que los efectos son mucho más amplios e interrelacionados. Por ejemplo, la erosión y la correspondiente pérdida de productividad del suelo induce a la migración de campesinos que deben abandonar sus deterioradas tierras e irse a la ciudad. Esta migración aumenta la presión sobre los servicios, que se traduce en costos por pérdida en la calidad de vida, saturación de servicios municipales, inversiones en vivienda, educación y otros costos sociales. El mismo autor sostiene que si bien la asignación de valores económicos a los impactos aguas abajo se puede hacer por análisis de equilibrio parcial de los costos asociados con cada efecto (colmatación de canales de riego, pérdida de venta de energía, etc.), el método no toma en cuenta las oportunidades de sustitución que existen en la economía (por ejemplo generación térmica en lugar de generación hidroeléctrica). Southgate propone como un método más preciso la comparación del máximo bienestar social neto bajo diferentes supuestos con relación a la erosión y la sedimentación. Por ejemplo propone la comparación de los costos marginales de aliviar sedimentos de la represa con los beneficios marginales de dicho alivio en términos de bienes y servicios.

Magrath y Arens (1989) calculan los efectos de la erosión en los sistemas de riego, en los puertos y en las represas en Java. El efecto sobre los sistemas de riego se mide por la proporción de los costos de operación y mantenimiento relacionados con la sedimentación. En los puertos, los efectos de la sedimentación se miden a través de los costos de dragado de mantenimiento, que intenta mantener los puertos en el mismo nivel en forma permanente. Para calcular los efectos de sedimentación en los depósitos de agua, estima primero la pérdida de capacidad de éstos y lo que ello implica en pérdida de producción de electricidad y luego en pérdida de renta de riego por comparación de cultivos con o sin riego.

Veloz *et al* (1985) hacen una evaluación de los beneficios de la conservación en la represa de Valdesia en República Dominicana y determinan los costos de la sedimentación según el efecto de los sedimentos sobre la vida útil de la represa y, por lo tanto, en los costos de producción de energía

Por lo general, la valoración de los efectos fuera del sitio se ha hecho en el contexto de proyectos en que se trata de evaluar efectos positivos. En el caso presente se trata de evaluar el efecto negativo de la erosión *ex-situ* como consecuencia de la deforestación y ulterior mal manejo de los suelos

3 Metodología para la Evaluación de la Depreciación de Infraestructura debida a la Erosión.

a. Efectos sobre plantas hidroeléctricas y embalses en general

Los efectos de la erosión sobre la disminución de la productividad de plantas hidroeléctricas y sistemas de riego no están convenientemente considerados en la actualidad en las cuentas nacionales. La erosión puede tener al menos dos efectos sobre la generación de energía hidroeléctrica. El primero es la disminución de la vida útil de sistemas existentes de generación. En este caso, el costo de la sedimentación es igual a la diferencia entre el valor de la vida útil real del sistema (tomando en cuenta la sedimentación real) y el valor de la vida útil de diseño (que generalmente no considera la erosión o no le da importancia)

El segundo impacto de la erosión es la disminución del potencial de generación de electricidad en una cuenca donde hasta el momento no existen proyectos de energía eléctrica. Las cuencas con potencial energético se deterioran por la erosión y por el cambio del régimen hídrico debido al cambio de cobertura vegetal y a la deposición de sedimentos en el cauce. Aunque el potencial está disponible y aun no utilizado se puede aproximar el valor de la siguiente manera

$$DPPE_u = \frac{PPE_u - VRE_u}{1 + i}^m$$

En donde

$DPPE_u$ = Depreciación por pérdida del potencial de generación de energía debida a la erosión en el año u

PPE_u = pérdida del potencial de generación de energía debida a la erosión en el año u,

VRE_u = valor de la renta por unidad de energía en el año u,

i = tasa de interés, y

m = año en que se habría iniciado el uso de la energía

b. Efectos sobre sistemas de riego

Sistemas de riego en operación utilizan totalmente o parcialmente el potencial de riego de una cuenca pero también hay cuencas con potencial de riego que aún no están habilitadas. El potencial de riego nacional puede ser considerado casi como un recurso que poco a poco se va utilizando en la medida que la presión por producción debido al aumento de la población, necesidades de alimentos, etc., lo va exigiendo. Por su impacto sobre el régimen hídrico, la erosión afecta el potencial futuro de riego de una zona. Si se puede proyectar tasas anuales de disminución del potencial de riego, se puede estimar la pérdida de rentas futuras de las tierras que ya no podrán ser regadas.

La depreciación por pérdida de capacidad de potencial de riego es igual al valor actualizado de la diferencia de la renta de la tierra agrícola con y sin riego, basándose en cultivos típicos en la región para riego y para secano. Sin embargo, el potencial perdido no sería utilizado inmediatamente sino que en un período futuro. Por lo tanto la depreciación sería

$$DPCR_u = \frac{SPC_{Ru} \cdot DRT}{1 + (1+i)^n}$$

En donde.

DPCR_u = depreciación por pérdida de capacidad de riego en el año u

SPCR_u = superficie de pérdida de capacidad de riego en el año u

DRT = diferencia de renta de la tierra con y sin riego

n = año en que se habría puesto bajo riego la superficie

La dificultad principal en contra de la inclusión de estos valores en los cálculos de la depreciación resulta de la dificultad de estimar el área regable perdida que se debe a la erosión. Sin embargo, dado que el potencial agrícola de muchas zonas depende de su accesibilidad a riego, este valor podría resultar importante.

4 Análisis de la pérdida de productividad de las plantas hidroeléctricas en Costa Rica Estudio de caso el proyecto hidroeléctrico de Cachí

a Discusión General

Costa Rica depende en un 99% de la energía hídrica para sus necesidades de electricidad. Por las razones apuntadas anteriormente, la deforestación y erosión tienen consecuencias económicas evidentes en los sistemas de generación de energía eléctrica (Leonard, 1986). A pesar de ello los proyectos hidroeléctricos no incorporan en su diseño, el manejo adecuado de los recursos naturales que eviten la deforestación y la consiguiente erosión, sedimentación y variación de caudales (Rodríguez, 1989). El costo verdadero de la erosión queda entonces oculto a los ojos de los políticos que guían el desarrollo del país. No solamente en cuanto les hace imposible determinar el manejo óptimo de cuencas en particular, sino también porque no pueden evaluar bien el desarrollo económico nacional. Es entonces importante tratar de evaluar las pérdidas económicas debidas a la erosión en los sistemas de

generación de electricidad y comparar dichos costos con lo que cuesta evitarlos a través del manejo integral de la cuenca respectiva

Como caso para analizar los efectos de la deforestación y la erosión en el régimen hídrico y en la sedimentación de la capacidad de un embalse, se tomó el estudio de Rodríguez (1989) sobre la cuenca superior del río Reventazón y el embalse de Cachí. El proyecto hidroeléctrico de Cachí tiene un embalse de regulación de 323 6 ha y una capacidad de 54 millones de m³. El manejo del embalse se hace de manera de que al inicio de la estación seca el embalse se encuentre en su máxima capacidad para que la planta genere energía durante toda la época a plena capacidad.

El proyecto hidroeléctrico está ubicado en la cuenca y aprovecha las aguas de la cuenca superior del río Reventazón. Esta cuenca tiene una superficie total de 795 6 km² con un 78% de la superficie con pendientes superiores al 30%. La planta generadora inició su operación en 1966 y tiene una capacidad instalada de 100 800 Kw después de dos ampliaciones sobre la capacidad original, produciendo entre 1984 y 1986, un promedio de 578 mil Mwh por año (Rodríguez, 1989 p 96). Esta producción anual, utilizando los costos de energía hidroeléctrica nacional, tiene un valor de ₡110 7 millones ó \$2 2 millones⁸, y representa un 15% de la energía eléctrica del país.

Rodríguez (1989) realizó un estudio de los impactos del uso de la tierra en la alteración del régimen de caudales y la sedimentación, pues los antecedentes señalaron que la cuenca está considerablemente afectada y además en la misma existía información para hacer el análisis. Por ejemplo, entre 1956 y 1984 se estima una deforestación de 166 Km² habiéndose disminuído la superficie boscosa del 60 2 al 43 1% del área total de la cuenca. Además las áreas destinadas a ganadería aumentaron en el mismo período de un 20 a un 33 6% de la superficie, con una consecuencia de sobreuso del 15 8% de la cuenca (Rodríguez, 1989). El mismo autor determinó además que un 25% del área de la cuenca presenta diferentes grados de erosión.

b Metodología Utilizada

El enfoque metodológico general del estudio es comparar la situación de la cuenca superior del río Reventazon en un periodo con baja condición de sobreuso en que ocurrieron alteraciones sustanciales en el uso de la tierra, que corresponde al período 1953-69, con un período de sobreuso mas intenso pero con menos modificaciones de la cobertura vegetal del área, que corresponde al período 1970-86. El segundo periodo coincide con la creación de la Reserva Forestal de Río Macho que dio mayor protección al área. Para los períodos señalados se determinó el efecto del uso de la tierra sobre el régimen de caudales y sobre la sedimentación del embalse y luego se determino el valor económico de los efectos mencionados.

Para determinar el efecto del uso de la tierra en el régimen de caudales se partió del modelo de Schultz (1980) que establece que el caudal máximo es dependiente de la capacidad de infiltración y de la precipitación. Se aisló el efecto de la precipitación y se determinó el efecto del uso de la tierra en los caudales máximos. Para determinar el efecto del uso de la tierra en los caudales medios, se aplicó el modelo de Clarke (1973) para explicar la tendencia del régimen de éstos, eliminando la estacionalidad como variable. El caudal mínimo se considera una variable, respuesta de la recarga de acuíferos cuyas propiedades hidrogeológicas han sido alteradas por el uso de la tierra y para los mismos existían observaciones.

Conocidos los caudales máximos, mínimos y medios, se procedió a determinar la sedimentación en el embalse con base en el transporte de sedimentos del río Reventazon a través de observaciones en el tiempo de las estaciones ubicadas a lo largo de la cuenca bajo estudio. El transporte de sedimentos en el cauce permitió, a través de las características del embalse y de los flujos del río, determinar por el método de Brune (Linsley, et al, 1977) (Mahamood, 1987) los depósitos de sedimentos en el embalse. Las variables que intervienen son el peso específico de los sedimentos, características del embalse y la distribución espacial de los sedimentos.

Para la evaluación económica del efecto de la sedimentación, se determinó la disminución de la energía disponible en el embalse por ese efecto y el costo de reemplazo de esa energía con fuentes de generación alternativas, en este caso energía térmica e importación de energía eléctrica

c. Resultados

Los efectos del cambio de uso de la tierra sobre la cuenca del Reventazón y el embalse de Cachí se pueden resumir de la siguiente manera

- Desde 1953 a 1986 el comportamiento de los caudales máximos muestra primero una tendencia creciente hasta 1966 en que los caudales se hicieron máximos y a partir de ese momento, los caudales han mostrado una tendencia permanente al decrecimiento
- Al igual que con los caudales máximos, los caudales medios fueron crecientes hasta 1968, fecha en que alcanzaron un máximo y después empezaron a decrecer. El comportamiento de los caudales, primero crecientes hasta alcanzar un máximo y luego decrecientes es típico de áreas que sufren un proceso de alteración de su vegetación (Hamilton y King, 1983)
- Los caudales mínimos no mostraron ninguna variación significativa a través del tiempo entre los dos periodos, durante y después de las alteraciones de cobertura. Sin embargo, la variabilidad de los caudales mínimos aumentó del primer al segundo periodo

Comparando los dos periodos considerados, se determinaron los siguientes costos

- La pérdida que se atribuye a la reducción de energía firme debida a la disminución de volumen del embalse, se estima en ¢1 91 millones/año, valorando los costos alternativos de producción térmica o importación de energía eléctrica,
- El costo de paralización de la planta en los días que no hay energía (15 días al año) se valoró a ¢3 77 millones por año, y
- El aumento de costos en las faenas de mantenimiento causado por la sedimentación se estimó en ¢8 48 millones

Las pérdidas anuales que se puede atribuir a la erosión suman a ¢14 15 millones ó \$94 6 mil, 13% del valor total de la producción anual. Claramente, la expansión de la ganadería y agricultura en la cuenca del Río Reventazón ha causado una depreciación en el valor productivo de la planta hidroeléctrica de Cachí. Esta depreciación no se reflejó en las

cuentas nacionales cuando la deforestación ocurrió y los sedimentos aumentaron, sino que aparece hoy día en la forma de ingresos menores y costos mayores

E. Análisis de los Resultados y sus implicaciones

Las cuentas económicas de depreciación demuestran una serie de hechos

- El valor de los nutrientes perdidos representa una proporción no despreciable del producto interno bruto de la agricultura y aún pequeñas disminuciones en la capacidad productiva del suelo implica una depreciación importante en el valor del recurso
- Los efectos sobre los suelos que provoca la ganadería en suelos de vocación forestal tienen implicaciones no incluidas en este estudio, como por ejemplo la pérdida de productividad por compactación
- Aún quedan muchos efectos de la erosión no contemplados en este estudio y no contemplados o considerados erróneamente en el sistema de cuentas nacionales. Entre estos, el deterioro de la infraestructura de riego y generación de energía, la pérdida de potencial de riego y generación de energía, y el valor de los daños de las inundaciones y avenidas por modificación de los cauces

Ante lo señalado, es necesario

- Fomentar prácticas complementarias de protección y conservación de suelos
- Limitar estrictamente la habilitación de nuevas áreas con fines agropecuarios, pues el potencial de transformación está agotado y cualquier cambio de uso futuro es desde bosques
- Los aumentos necesarios de producción agropecuarias para la alimentación y las exportaciones deben hacerse con la intensificación de la agricultura y la ganadería en suelos aptos para estos usos y acompañados por las prácticas de manejo necesarias para asegurar la producción sostenible
- La habilitación de suelos forestales para la agricultura hace fundamental mejorar la sostenibilidad de los sistemas de cultivo actuales. Dicho mejoramiento debe ser a través de obras de conservación de suelos y mejorando la cobertura con la incorporación de árboles en fincas
- Mejorar los sistemas de información sobre pérdidas de suelos y control de productividad bajo diferentes sistemas de cultivos. La red de puntos de control de escorrentía y erosión en diferentes tipos de suelo y de prácticas agrícolas y cultivos es muy incipiente y necesita ser mejorada para el fortalecimiento de las cuentas de recursos naturales

- También es necesario el desarrollo de modelos agronomicos para poder establecer relaciones sólidas entre erosión y pérdida de productividad en diferentes suelos, prácticas agronómicas y cultivos
- Revisión de los proyectos de cuencas hidrográficas en funcionamiento e incorporar aguas arriba las practicas de conservación de suelos y manejo de la vegetación arborea, a objeto de evitar no sólo las pérdidas de productividad y nutrimentos, sino que los demas costos indirectos de las malas prácticas agrícolas

Finalmente, la movilización de las instituciones responsables por el manejo del recurso más importante del país es urgente. Es posible encontrar muchas areas en Costa Rica donde el suelo ha perdido completamente su capacidad productiva. Aún en aquellas areas con suelos ricos y profundos, el país no puede permitir que el recurso se lave paulatinamente hacia el mar porque eventualmente se lavaría todo el suelo, dejando suelos poco profundos deteriorados, incapaces de proveer alimentación e ingresos a futuras generaciones.

¹ En Magrath and Arens, 1989, se presenta una discusión de las varias maneras que la depreciación del suelo por la erosión se puede manifestar

² Se supone en este documento que el valor de VDS es positivo, o sea depreciación. Sin embargo, si $-C_{opc}$ es mayor que R_{pR} , o si Ingresos menos Costos es negativo la pérdida de producción aumenta el valor de la tierra. Sin embargo, estos casos no son probables dado que en los dos casos rentas de la tierra serían maximizadas por disminuir o detener la producción

³ Este es un criterio necesario pero no suficiente. La pérdida de capacidad productiva se debe a varios factores que incluye no solamente el contenido del suelo sino también su densidad, capacidad de soportar la planta, etc. Por lo tanto, el valor de los nutrimentos es una estimación mínima de la depreciación del suelo

⁴ Observación personal, A. Vásquez

⁵ Una explicación detallada del proceso para la determinación del uso de la tierra en cada año durante el período se presenta en el anexo II-2

⁶ Tipos de uso que no podían ser utilizados en forma sostenible en un suelo no se tomaron en cuenta

⁷ Holdridge *et al* (1982) estiman que "la erosión por causas hidrológicas y fónicas en combinación, sobre pastos en condiciones climáticas de las zonas de vida *bosque muy húmedo* podría ser de entre 400 y 800 toneladas métricas/ha/año (p. 82)

⁸ Valor unitario por Kwh = ¢0 191 utilizando el costo promedio de plantas hidroeléctricas nacionales (Rodríguez, p. 110). Utilizando los costos de energía térmica, el valor unitario es de ¢2 74/Kwh

**ANALISIS DE LA DEPRECIACION DEL RECURSO
SUELO EN TERMINOS DEL CAMBIO EN LA
CAPACIDAD PRODUCTIVA DEL SUELO**

Las estimaciones de las pérdidas de nutrimentos del suelo, aunque son accesibles, fácilmente entendidas y directamente valorizadas, no representan la totalidad de la verdadera depreciación económica. Al lavarse el suelo, el efecto directo económico se demuestra por medio de disminuciones en la productividad agrícola de la tierra, hoy y en el futuro. Además, Lal plantea que

en suelos tropicales con subsuelos edafológicamente inferiores y escasa profundidad efectiva los fertilizantes no pueden compensar la pérdida del horizonte superior del suelo. El mal manejo del suelo puede causar degradación irreversible y la pérdida de la base natural del recurso (1985, p. 235)

En casos como estos, el valor de los nutrimentos no puede ser una estimación completa de la depreciación económica de la erosión.

Sin embargo, la cuantificación de la relación entre la erosión y la productividad es difícil por la falta de una base de estudios empíricos sobre la misma y debido a la gran diversidad de los suelos tropicales. Lal (1987, p. 333) menciona estudios en Nigeria (Mbagwu, 1984 y Lal, s. f.), Camarún (Rehm, 1978), Malasia (Siew, 1976) y Hawaii (Yost, 1985) en que pérdidas de pocos centímetros del horizonte superior han causado notables reducciones en la productividad de la tierra. En todo caso, la diversidad de suelos, condiciones, prácticas y cultivos hace imposible la extrapolación de resultados de un país o de una región a otra. Aún bajo condiciones muy similares, los factores que afectan la productividad del suelo son tantos que el impacto de la erosión en un lugar puede ser muy distinto a otro.

En la página 106 se revisa varios de los estudios que han relacionado la pérdida de productividad con la erosión. Se ha usado uno de estos modelos, el modelo EPIC, para hacer una corroboración preliminar de la validez de los valores estimados a través de la pérdida de nutrimentos.

a Discusión del Modelo EPIC

En reacción al Acta de Conservación de Recursos de los Estados Unidos, Williams et al (1985) desarrollaron el Calculador del Índice de Erosion y Productividad (EPIC) para el análisis de erosion, el crecimiento de plantas y sus implicaciones economicas EPIC utiliza un modelo de programación lineal escrito en FORTRAN y una base de datos que incluye miles de observaciones sobre el clima, el suelo y las practicas de manejo El modelo genera matemáticamente el clima diario para un sitio determinado, y luego simula el crecimiento de los cultivos y la erosión anual

Aunque fue desarrollado en los EEUU para suelos locales, el detalle de la informacion permite su aplicacion en cualquier lugar que cuente con la información necesaria Sin embargo, factores que afectan considerablemente la productividad en suelos tropicales, tales como el papel de las microbacterias y la compactación del suelo por ganadería, no se incorporan en el modelo (A Jones, comunicacion personal) Además la complejidad del modelo requiere de ayuda experimentada para la aplicación completa Debido a las limitaciones mencionadas, los resultados que aqui se presentan, deben ser interpretados como preliminares y tentativos

En Costa Rica, existen pocos sitios donde se cuenta con los datos necesarios para aplicar EPIC Dado que un análisis nacional con EPIC resulta imposible, se aplico el modelo para comparar los estimados de depreciación por la perdidas de nutrimentos con pérdidas de productividad Coordinando con el Agricultural Experiment Station en Temple Texas, el modelo fue ajustado parcialmente para las condiciones de Costa Rica, aunque las debilidades mencionados anteriormente no fueron superadas y no se disponía de toda la información necesaria para un análisis definitivo Para estudiar más a fondo las relaciones entre la productividad y la erosion se necesita dedicar significativamente más recursos y tiempo de los que se disponia dentro de las limitaciones del estudio Sin embargo, se hizo una análisis preliminar de cuatro sitios donde existían datos y tres cultivos típicos de Costa Rica, para

corroborar los resultados del análisis de pérdidas de nutrimentos y evaluar el valor potencial del modelo

b Metodología y resultados

Las características principales de los sitios escogidos para el análisis de EPIC se presentan en el Cuadro III-A-1. Coincidentemente, el valor de la erosividad de la lluvia, R, es igual a 425 para todos los sitios.

CUADRO III-A-1

**SITIOS UTILIZADOS PARA EL ANALISIS DE
LA DEPRECIACION DEL SUELO EN TERMINOS
DE LA PERDIDA DE PRODUCTIVIDAD**

<u>Sitio</u>	<u>Cultivo</u>	<u>Precipitación/año</u>	<u>Tipo de Suelo</u>	<u>Pendiente</u>	<u>Profundidad del Suelo</u>
La Suiza de Turrialba	Pasto	2,605	D-2	4%	1 2
La Suiza de Turrialba	Maiz	2,605	D-2	4%	1 2
Tierra Blanca de Cartago	Papa	2,313	F-2-4	15%	2 0
Fabio Baudrit - Alajuela	Maiz	1,951	C-1	3%	1 51
El Alto, Tres Rios de Cartago	Pasto	2,770	F-2-4	4%	1 65

Utilizando datos de varias fuentes, particularmente los estudios de suelos de A Vasquez, se alimentó el modelo con la información necesaria para simular la producción en cada sitio. Con una simulación de 20 años sin erosión, se estimó la productividad del suelo en cada caso en las condiciones existentes. En el Cuadro III-A-2 se presentan los rendimientos estimados por el modelo para la condición original del suelo y observaciones del campo para sitios parecidos en Costa Rica. Se nota en particular que los rendimientos estimados por el modelo varían mucho de los resultados experimentados en el campo. Se cree que sería posible

ajustar el modelo adecuadamente para obtener resultados más realistas Sin embargo, este tipo de manipulación del modelo requiere consultas técnicas adicionales que escapan de los alcances del estudio

CUADRO III-A-2

PRODUCCION DE LA TIERRA ANTES DE SUFRIR EROSION COMPARACION ENTRE ESTIMADOS DEL MODELO EPIC Y ESTUDIOS DE CAMPO

<u>Sitio</u>	<u>Cultivo</u>	<u>Rendimiento Estimado por EPIC^a</u>	<u>Rendimiento medido en el campo</u>
La Suiza de Turrialba	Pasto	0 40	2 7 ^b
La Suiza de Turrialba	Maiz	6 75	1 5 ^c
Tierra Blanca de Cartago	Papa	7 83	16 4 ^d
Fabio Baudrit - Alajuela	Maiz	8 34	1.5 ^b
El Alto, Tres Rios de Cartago	Pasto	0 54	2 7 ^c

a Promedio durante período de 20 años sin erosión en el suelo actual original

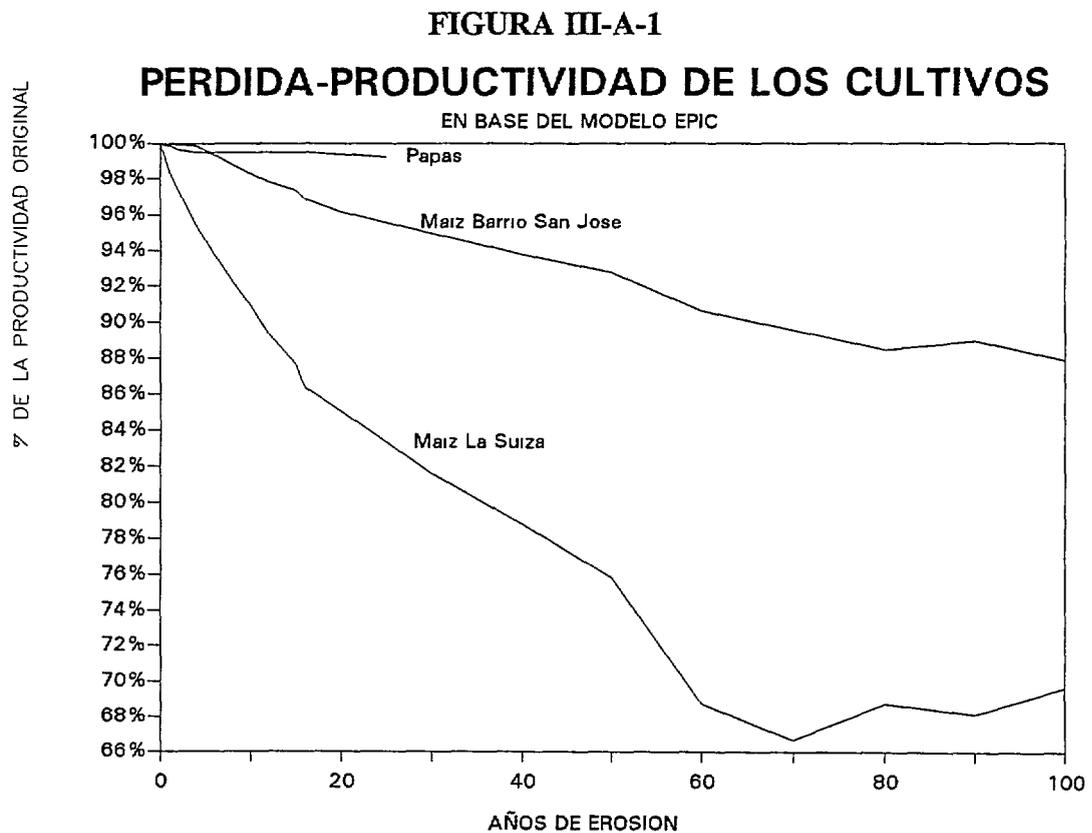
b Departamento de Producción Vegetal- CATIE "Alternativa de manejo para el sistema maíz-maíz (Pococi-Guácimo, Costa Rica)

c Miles de litros de leche por ha, Rockenbach, Osvaldo C "Análisis dinámico de dos sistemas de finca predominantes en el Cantón de Turrialba, Costa Rica" Tesis de Maestría, CATIE, 1981, pp 54, 59

d Hernández C , Irma, "Eficiencia económica del uso de plaguicidas en papa en la época de verano en la zona Norte de la Provincia de Cartago, Costa Rica" Tesis de Maestría, CATIE, 1988, p 51

Luego, de estimar la producción original, el impacto de la erosión se estimó con el modelo en varios momentos durante un largo período El modelo permite simular un episodio

de erosión y luego parar la erosión para estimar la producción promedio durante un período de 20 años sin erosión. En la Figura III-A-1 se demuestra el deterioro en la productividad de los cultivos durante un período de 100 años. En los dos casos de pasto, el modelo no estimó ninguna pérdida durante el periodo. En uno de los casos, este resultado es consistente con el análisis de la pérdida de nutrientes dado que el uso de ganadería en la zona de Tres Ríos causa erosión menor que el máximo sostenible presentado en el Cuadro III-5. En el caso de La Suiza, se supone que la inconsistencia se debe a que, primero, el uso de ganadería en las tierras de La Suiza no es un fuerte sobre uso de la tierra, y segundo, que el modelo no contempla algunos de los problemas típicos de la ganadería en Costa Rica que causan la depreciación del suelo.



EPIC tiene un componente económico muy fuerte que permite calcular la rentabilidad neta de la tierra en diferentes períodos de tiempo. Sin embargo, las operaciones incluidas en

EPIC son mecanizadas, lo que dificulta su interpretación en Costa Rica, donde la mayor parte de las actividades agrícolas se hacen manualmente. Se espera que en estudios futuros que se pueda aprovechar este aspecto del modelo.

La erosión causa disminución permanente en el valor de la tierra que se presenta en la ecuación (1) en la página 101. En términos de las cuentas nacionales, una reducción en la productividad de un cultivo, produce una pérdida en el valor agregado a la economía nacional, igual al cambio en el valor de la producción menos los insumos variables de la producción. En los cultivos estudiados, si se parte del valor del producto vendido en la finca¹, el único costo que variaría con la productividad sería la cosecha, que es 100% mano de obra en estos cultivos. Por lo tanto, una pérdida de 1% de productividad, produce pérdidas en el VA y PIB del valor de este 1%. En el año que ocurre la erosión, esta reducción se refleja en las cuentas por medio de los cambios normales en el producto agrícola. Sin embargo, la pérdida es permanente, y por lo tanto el valor del capital del suelo se ha depreciado.

En el Cuadro III-A-3 se presentan los valores estimados de la pérdida porcentual de la producción de cada suelo, el valor unitario de la producción y las pérdidas económicas que esto implica. Se ve que el valor de las pérdidas es muy sensitivo al valor inicial de la tierra. Pérdidas porcentuales muy pequeños resultan muy importantes en tierras de alto valor económico, si se comparan con pérdidas mayores en cultivos menos valiosos.

¹ No se debe tomar en cuenta la pérdida del valor agregado hasta la venta final dado que la pérdida del producto de la comercialización no depende de la disponibilidad de productos domésticos.

CUADRO III-A-3
VALOR DE LA PERDIDA
EN PRODUCTIVIDAD DEL SUELO
 (estimados en base de un
 análisis preliminar del modelo EPIC)

Crop/ Site	% Pérdida en productividad en primer año <u>de erosion</u>	Rendi- miento Por ha (t/ha/yr) ^a	Valor Unitario '84¢/t ^b	Pérdida Anual ¢'84	Depre- ciación Total ¢'84 ^c
Pasto La Suiza	0 0%	2 7	12,480	0 0	0 0
Maiz/ La Suiza	1 63%	1 5	9,624	235 3	3,920 9
Papas Tierra Blanca	0 13%	16 4	16,216	339 6	5,660 8
Maiz/ Bo Sn J	0 03%	1 5	9,624	4 3	72 1
Pasto/El Alto, Tres Rios, Cartago	0 0%	2 7	12,480	0.0	0 0

a Tomados del Cuadro III-A-2

b El producto agrícola promedio de cada cultivo en 1984, calculado de, Banco Central de Costa Rica, "Cifras Sobre Producción Agropecuaria 1978-1987", 1989

c Igual al valor anual capitalizado a una tasa de descuento de 6%

c Análisis de las implicaciones y sugerencias para futuras estudios de la pérdida de productividad

En el Cuadro III-A-4 se comparan las estimaciones de la depreciación de las tierras en base de la pérdida de productividad con estimaciones para las mismas tierras aplicando el método de pérdida de nutrientes. Se encuentra que en dos de los cinco casos la metodología de pérdida de nutrientes resultó más conservadora que la depreciación estimada en el modelo EPIC y en dos casos lo contrario. En un caso, los dos modelos no estimaron alguna pérdida durante el período.

En la última columna se presenta el porcentaje de pérdida en productividad que implicaría la misma pérdida que el método de la pérdida de nutrientes. Por ejemplo, en el

caso de la Suiza, se estima una pérdida de nutrimentos con un valor de ₡1 9 miles de colones, una pérdida de productividad de 0 797% implicaría una depreciación de la misma magnitud. Se nota que cuando es visto de esta forma, los valores de la pérdida de nutrimentos parecen bastante conservadores, en el sentido de que en ningún caso el valor de la pérdida de nutrimento excede del valor de una pérdida de 1% en la productividad.

CUADRO III-A-4

COMPARACION DE LOS ESTIMADOS DE LA DEPRECIACION DETERMINADA POR MEDIO DEL MODELO EPIC^a Y EL VALOR DE LOS NUTRIMENTOS PERDIDOS (en colones de 1984)

Cultivo/ <u>Sitio</u>	Valores Estimados con EPIC ^b	Estimados de la depre- ciación basados en los Nutri- <u>mentos Perdidos^c</u>	Equivalencia en pérdida de pro- <u>ductividad</u>
Pasto La Suiza	0 0	10 9	0 0019%
Maíz/ La Suiza	3,920 9	1,917 9	0 797%
PapasTierra Blanca	5,660 8	861 3	0 019%
Maíz/ Fabio Baudrit	72 1	971 3	0 404%
Pasto El Alto, Tres Rios de Cartago	0 0	0 0	0 0%

a Williams et al , 1990

b Datos del Cuadro III-A-3

c Calculados para los sitios específicos utilizando la metodología descrita en la sección III-C

El Modelo PI

Los resultados de EPIC demuestran que el uso de modelos de productividad pueden ser muy importantes en el análisis de la depreciación del suelo. Sin embargo, a nivel nacional es básicamente imposible aplicar este modelo al momento, por su complejidad y su uso es limitado a corroborar estimaciones de modelos. En comparación con el modelo EPIC, el Índice de Productividad (PI) (Larson et al , 1985) utiliza relativamente poca información para calcular los impactos irreversibles a largo plazo en el suelo. El PI varía de cero a uno, indicando el potencial productivo del suelo. Para la interpretación del impacto de la erosión, se usa PI para indicar el cambio en la capacidad productiva de un suelo dado debido a la erosión. Este valor es de sumo interés para la evaluación de la depreciación económica, pues permitiría estimaciones directas del porcentaje de pérdida potencial, lo cual podría ser fácilmente interpretado para el análisis económico.

Como EPIC y USLE, PI se desarrolló en los EEUU y, por lo tanto tiene las mismas limitaciones de estos otros modelos. Aunque en su forma final, PI depende de apenas cuatro variables para cada nivel de la tierra, se necesita una gran cantidad de información para el cálculo de cada uno de estos valores (Pierce et al , 1983). PI ha tenido éxito en su aplicación en suelos fuera de los Estados Unidos (Rijaberman, 1985) pero para sus aplicaciones en suelos tropicales ha sido necesario ajustar una de las variables (en Hawaii) y en India, el índice no ha producido resultados relevantes en el campo. Además, para medir el impacto de la erosión hay que poder calcular el PI antes y después, lo que se puede hacer por medio de la comparación de sitios parecidos.

Dado que el resultado final es más directo y menos confuso que los resultados de EPIC, sería valioso el desarrollo del PI para suelos costarricenses. Si se pudieran establecer resultados para una variedad de suelos, el PI promedio nacional podría ser considerado como una parte del capital productivo y los cambios en su valor podrían ser evaluados utilizando análisis de presupuesto. Idealmente, los PI podrían ser estimados para todos los suelos del país.

y actualizados anualmente. Unos pocos casos representativos serian valiosos como un punto de partida para determinar el valor económico de los suelos

LEYENDA DE LOS TIPOS DE UNIDADES DE TIERRA

Las unidades de tierras aquí descritas se presentan como agrupaciones de diversas unidades cartográficas del mapa de suelos del año 1989 a escala 1 200,000, que propuso Vásquez, A para el Proyecto MAG-FAO de Conservación de Suelos. Se han agrupado suelos que, a pesar de corresponder taxonómicamente a unidades distintas, presentan características químicas, físicas y morfológicas que los hacen muy semejantes, respondiendo por tanto en forma similar a distintas prácticas de manejo y conservación, así como a las diversas formas de uso de la tierra. Por consiguiente, se mantienen las agrupaciones de relieve consignadas en el mapa de la referencia. Se hacen asimismo tres grandes divisiones climatológicas, que determinan diferencias en el uso de los suelos. Se pretende en esta forma simplificar la información edafológica de dicho mapa, presentando unidades homogéneas, a las cuales se les determinará erosión y consiguiente pérdida de nutrimentos, contando para ello con perfiles de suelos representativos para cada unidad, tanto de estudios realizados por el mismo autor, como de otros estudios confiables existentes.

Las agrupaciones son las siguientes

A. TIERRAS ALUVIALES DEL TROPICO SECO

Son tierras de relieve plano, profundas, fértiles, de texturas medias a moderadamente pesadas o pesadas, aptas para la mayoría de los cultivos de la región. En estas tierras, la precipitación es normalmente inferior a 2,000 mm anuales, aunque con una marcada estación seca de 3 a 6 meses de duración, además, la temperatura media anual es superior a los 18°C.

Según sus características de drenaje, se subdividen así

A-1: TIERRAS BIEN A MODERADAMENTE DRENADAS

Son tierras de relieve plano, de suelos profundos, moderadamente fértiles a fértiles, de texturas medias a moderadamente pesadas, aptas para la mayoría de los cultivos de esta región.

De acuerdo con el mapa 1 200,000 de Vásquez, se incluye principalmente los siguientes suelos: Ustropepts, Haplustolls y Haplustalfs planos.

A-2 TIERRAS MAL DRENADAS

Son tierras de relieve plano a plano-cóncavo, moderadamente profundas a profundas, fértiles, de texturas moderadamente pesadas a pesadas, poco permeables, mal drenadas.

Incluyen suelos como Tropaquepts y Tropaquents planos.

A-3 TIERRAS DE TEXTURAS MUY PESADAS

En esta unidad se incluyen los vertisoles del país, que son profundos, moderadamente drenados, muy arcillosos, poco estructurados, lentamente permeables

Incluye principalmente Pellusterts y Pelluderts

B TIERRAS ALUVIALES DEL TROPICO HUMEDO

Son de relieve plano, moderadamente fértiles a fértiles, de profundidad variable dependiente principalmente del drenaje, de texturas moderadamente finas a pesadas. En estas tierras, se presentan promedios termicos mensuales superiores a 22°C, con una precipitación media anual mayor a los 2,000 mm, en donde ésta se distribuye a través de todo el año

Según su drenaje, se subdividen así

B 1 TIERRAS BIEN A MODERADAMENTE DRENADAS

En estas tierras, los suelos son profundos, bien estructurados, fértiles a moderadamente fértiles, aunque con bajos a moderados tenores de materia orgánica

De acuerdo con el mapa de suelos 1:200,000, este tipo de tierras incluye Dystropepts, Eutropepts, Humitropepts y Tropofluvents planos

B 2 TIERRAS MAL DRENADAS

Presentan suelos poco a moderadamente profundos, de texturas finas a moderadamente finas, fértiles, con bajos a moderados tenores de materia orgánica. Usualmente, los problemas de profundidad efectiva están asociados a fenómenos de gleización y nivel freático elevado, que en muchos casos se presenta incluso sobre la superficie del terreno

Según el mapa de suelos 1:200,000, integran esta unidad suelos como Troposaprists, Tropaquepts y Tropaquepts

C TIERRAS DE PIEDEMONTES Y TERRAZAS SUAVEMENTE ONDULADAS DEL CUATERNARIO

Estas tierras están formadas por suelos de relieve suavemente ondulado, en pendientes del 2 al 15%. Se distribuyen tanto en el tropico húmedo como en el seco, así

C 1 TIERRAS DE PIEDEMONTE Y TERRAZAS DEL CUATERNARIO SUAVEMENTE ONDULADAS, DEL TROPICO SECO

Presentan suelos profundos, bien estructurados, de color parduzco a pardo rojizo, con moderados a bajos tenores de materia orgánica, de texturas moderadamente pesadas a pesadas, aunque bien drenados. Ocasionalmente, pueden presentar ligeros a moderados contenidos de piedras superficiales y en el perfil. Sus características climatológicas son las ya descritas para trópico seco.

En el mapa de suelos 1:200,000, esta categoría incluye los siguientes suelos: Ustropepts, Haplustolls, Haplustalfs, Palehumults y Haplustults suavemente ondulados.

C 2. TIERRAS DE PIEDEMONTE Y TERRAZAS DEL CUATERNARIO SUAVEMENTE ONDULADAS, DEL TROPICO HUMEDO

En estas tierras, los suelos son moderadamente profundos a profundos, de color parduzco a pardo fuerte, de texturas pesadas, bien estructurados, bien drenados, aunque ligeramente menos fértiles que los de trópico seco, por tener mayor lixiviación de nutrientes. A veces pueden presentar ligeros a moderados contenidos de piedra.

Esta categoría incluye los siguientes tipos de suelos, según el mapa 1:200,000: Dystrypepts, Eutropepts, Humitropepts, Tropohumults, Palehumults y Tropoudults suavemente ondulados.

D LOMERIOS Y TERRAZAS DEL CUATERNARIO MODERADAMENTE ONDULADOS

En esta categoría, se definen suelos residuales y terrazas del cuaternario, en relieve moderadamente ondulado, con pendientes del 15 al 30%.

Se distinguen aquí también las tierras correspondientes al trópico seco y húmedo, así:

D 1 TIERRAS DEL TROPICO SECO

En estas tierras, los suelos son profundos, bien estructurados, de texturas moderadamente pesadas a pesadas, bien drenados, de colores parduzco a pardo rojizo, fértiles a moderadamente fértiles, aunque con ligeros a moderados problemas de erosión. Esta categoría incluye los siguientes suelos: Ustropepts, Haplustalfs, Palehumults y Haplustults Moderadamente ondulados.

D 2 TIERRAS DEL TROPICO HUMEDO

Aquí, los suelos son profundos, bien drenados, bien estructurados, de colores pardo amarillento a rojizo, muy lixiviados, poco a moderadamente fértiles, ligera a moderadamente erosionados. Se incluyen en esta categoría los siguientes suelos: Dystropepts, Humitropepts, Tropohumults y Tropudults moderadamente ondulados.

E. SUELOS RESIDUALES FUERTEMENTE ONDULADOS.

En esta categoría se definen aquellos suelos del territorio nacional de desarrollo in-situ, de relieve fuertemente ondulado, con pendientes del 30 al 60%

Como en las anteriores categorías, se diferencian entre los desarrollados en el trópico seco y en el trópico húmedo, así:

E.1 SUELOS RESIDUALES FUERTEMENTE ONDULADOS DEL TROPICO SECO

Estos son suelos poco profundos a profundos, de texturas pesadas, bien estructurados, de colores rojizos, donde es usual encontrar en ellos fuertes síntomas de erosión. Son medianamente fértiles, y su drenaje externo es excesivo, en especial cuando son sometidos a usos agropecuarios.

A esta categoría, corresponden los siguientes suelos: Ustropepts, Haplustalfs y Haplustults fuertemente ondulados.

E 2 SUELOS RESIDUALES FUERTEMENTE ONDULADOS DEL TROPICO HUMEDO

Son similares a los del trópico seco, aunque de colores rojizo amarillento, más lixiviados y menos fértiles, presentando menores problemas de erosión actual que aquellos, aunque son muy susceptibles a ella.

Los siguientes suelos pertenecen a este grupo: Dystropepts, Humitropepts, Tropohumults y Tropudults fuertemente ondulados.

F SUELOS DERIVADOS DE CENIZAS VOLCANICAS (PIROCLASTOS)

Los suelos derivados de cenizas volcánicas o piroclastos se distribuyen sobre las cordilleras de Guanacaste y Central, Valle Central, zona de Coto Brus y alrededores y en las partes proximal y media de las llanuras del Atlántico y del Norte, entre los ríos Guacimo y Sarapiquí.

Se pueden subdividir en función de algunas de sus características físicas y el relieve, así

F.1. CON ARCILLAS DE SECADO IRREVERSIBLE

Estos suelos se desarrollan sobre y en las faldas de las cordilleras volcánicas citadas, en condiciones de clima templado y permanentemente lluvioso. Son de relieve moderado a fuertemente ondulado, con pendientes de 15 a 60%. Son profundos, oscuros, ricos en materia orgánica, moderadamente fértiles y bien drenados. Aunque poseen buena estructura, la misma es muy frágil, ya que la presencia de arcillas irreversibles en estos suelos hacen que el mismo, cuando es disturbado, con solo la ocurrencia de cortos períodos sin lluvias, los agregados del suelo se secan irreversiblemente, lo que hace que las arcillas se transformen en pequeñas partículas del tamaño del limo y las arenas y se comportan como tales. Esto provoca entonces la destrucción de la estructura del suelo y su compactación, lo que promueve su degradación por erosión. Por lo tanto, estos suelos solo deben usarse con bosque o con cultivos permanentes, bajo cuidadosas prácticas de manejo.

En esta categoría se incluyen suelos con dos clases principales de relieve, ya que sus limitaciones son comunes, por lo que su aptitud de uso es similar. Los suelos así definidos son Hydrandepts moderada y fuertemente ondulados.

F.2 SIN ARCILLAS IRREVERSIBLES

Los suelos derivados de cenizas volcánicas que no presentan arcillas irreversibles, o que solo las tienen en cantidades no significativas, se distribuyen en áreas climatológicas con una marcada estación seca (Valle Central) o en condiciones lluviosas pero de clima tropical (faldas meridionales y occidentales de las cordilleras de Guanacaste y Central, zona de Coto Brus, partes proximal y media de las llanuras del Atlántico y del Norte entre los ríos Guacimo y Sarapiquí). Son profundos, de texturas medias, porosos, bien drenados, bien estructurados, de color pardo oscuro a oscuro, moderadamente fértiles, aunque muy productivos. Presentan, no obstante, una alta fijación de fosfatos, lo que obliga a un manejo especial de las prácticas de fertilización.

Por las condiciones del relieve y el clima, se subdividen en las siguientes categorías:

F 2.1 SUELOS PLANOS DE TROPICO HUMEDO

Se distribuyen, como ya se indicó, en las llanuras de la zona Atlántica y Norte, entre Guácimo y Puerto Viejo de Sarapiquí. Presentan pendientes inferiores al 2%. Incluye principalmente Dystrandeps (Hapludands) planos de la zona Atlántica y Norte del país.

F 2 2 SUELOS PLANOS DE TROPICO SECO

Se le encuentra en el Valle Central y en pequeñas áreas del Pacífico Norte. Tienen pendientes inferiores al 2%. Incluye Dystrandepts planos del Valle Central y Pacífico Norte.

F 2.3 SUELOS SUAVE A MODERADAMENTE ONDULADOS DE TROPICO HUMEDO

Se distribuyen sobre las faldas septentrionales y orientales de las cordilleras Central y de Guanacaste, respectivamente, así como en la zona de Coto Brus, con pendientes del 2 al 30%, por lo que están representados por las categorías de Dystrandepts suave y moderadamente ondulados, en esa condición climática.

F 2 4 SUELOS SUAVE A MODERADAMENTE ONDULADOS DE TROPICO SECO

Se encuentran en las faldas meridionales y occidentales de las cordilleras Central y de Guanacaste, respectivamente, así como en el Valle Central, con pendientes del 2 al 30%. En esas zonas, los representan Dystrandepts suave y moderadamente ondulados.

F 2 5 SUELOS FUERTEMENTE ONDULADOS DE TROPICO HUMEDO

Se encuentran asociados a los suave y moderadamente ondulados, en las mismas regiones en que estos aparecen, aunque con pendientes de 30 a 60%, estando ahí representados por Dystrandepts fuertemente ondulados.

F 2 6 SUELOS FUERTEMENTE ONDULADOS DE TROPICO SECO

Se encuentran también asociados a los suave y moderadamente ondulados, en condiciones de trópico seco, en las mismas regiones en que aparecen estos. Tienen pendientes del 30 al 60%, y los representan Dystrandepts fuertemente ondulados.

G TIERRAS DE PROTECCION

Estas tierras están formadas por suelos de relieve escarpado, en pendientes superiores al 60%, o por terrenos en donde el suelo ha sido fuertemente degradado, por lo que la roca madre aflora en muchas de estas áreas. Estas tierras no tienen ninguna capacidad de uso agropecuario o forestal, debiendo destinarse a protección o recreación.

Estas tierras se subdividen en las siguientes categorías:

G-1 SUELOS RESIDUALES, PROFUNDOS

Incluye Dystropepts, Haplustalfs, Tropohumults y Haplustults escarpados

G-2. SUELOS VOLCANICOS DE TEXTURAS MEDIAS

Esta categoría está formada por Dystrandeps e Hydrandeps escarpados

G-3. SUELOS VOLCANICOS DE TEXTURAS LIVIANAS.

En esta categoría, el suelo principal es el Vitrandept escarpado

G-4 SUELOS SUPERFICIALES

Esta clase está formada por Ustorthents y Troorthents escarpados

**DISCUSION TECNICA DE LOS NIVELES DE
N, P Y K UTILIZADOS EN LOS ESTIMADOS DE NUTRIMENTOS
PERDIDOS POR LA EROSION EN COSTA RICA**

Dr Elemer Bornemisza*

El procedimiento mas adecuado para poner valores económicos a la pérdida de suelos en Costa Rica partió de la idea de considerar la pérdida principal como el equivalente de los nutrimentos mas importantes (nitrógeno, fosforo y potasio) disponibles, que contiene el suelo perdido

Este enfoque fue posible debido que existen mapas sobre niveles de nutrimentos disponibles en los suelos de Costa Rica en Bertsch (1987) Este volumen, basado en millares de análisis de suelos realizados por el MAG, has sido la base de la evaluación de P y K La evaluacion de nitrogeno se realizo en base de los cálculos siguientes, usando datos de materia organica provenientes del proyecto de mapa de suelos 1 200,000 de Costa Rica y otra informacion en archivos de Ing Alexis Vasquez

En base de los datos de contenido de materia organica indicados para diferentes suelos representativos y se transformo el valor de la materia orgánica (MO) en carbono organico (CO), considerando el factor de 0 58 como se indica en los textos de ciencia del suelo (por ejemplo en Donahue, et al , 1977) La relación entre CO y Nitrogeno total (CO/N_{tot}) varia entre 20 y 10 Utilizando un promedio de 15, se calcula

$$N_{tot} = (MO \cdot 0.58) / 15 = MO \cdot 0.039$$

Segun los autores antes mencionados, del N total, 3 a 5% se mineraliza al año resultando en que el nitrógeno disponible (N_{dis}) representa 0 195% de la materia orgánica Por lo tanto, se estima que la pérdida de 100 toneladas de un suelo con un contenido de materia orgánica de 5%, implicaría una pérdida de 9 75 kilos de N_{dis}

Un caso especial lo representan los suelos volcanicos, donde la mineralizacion de la materia organica es mas lenta y se estima en 1/3 de la mineralización común

Para los niveles de P perdidos, se usaron los resultados de Bertsch (1987), calculando la pérdida de P disponible multiplicando los ug/ml de P extraido con la solución de Olsen convertido a kg/tonelada de suelo Este medida de P disponible, que es mucho menor que P total, es la guia de abonamiento aceptada en el país Como ejemplo, se convierte ug/ml a pérdida por tonelada de suelo en lo siguiente manera,

$$\mu\text{g/ml} = \text{mg/kg} = \text{g/t}$$

Similarmente para el cálculo de la pérdida de K, se partió de K intercambiable que en general se considera como la fuente principal de la forma disponible del elemento. Aquí también se usaron los resultados de Bertsch (1987). Valores de K en Meq/ml son convertidos a g/t en la siguiente manera

$$\text{meq/100 ml} = 10 \text{ meq/kg} = 390 \text{ mg/kg} = 3.9 \text{ g/t}.$$

- * Adaptado de Bornemisza, Elemer, informe dirigido a Raúl Solórzano, 6 de septiembre, 1990

BIBLIOGRAFIA

- BERTSCH, F 1987 Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica Escuela de Fitotecnia, Universidad de Costa Rica 2a ed 80 pp
- BIOT, Y J 1988 Modelling Productivity Losses Caused by Erosion In Proceedings of the Fifth International Soil Conservation Conference 18-19 January 1988 Bangkok, Thailand Department of Land Development, Ministry of Agriculture and Cooperatives Bangkok, Bangkok 10900 pp 177-196
- CENTRO CIENTIFICO TROPICAL 1984 Perfil Ambiental de Costa Rica San Jose, Costa Rica
- CLARKE, R T 1973 Mathematical models in hydrology FAO Irrigation and drainage paper no 19 281 p
- CRUZ, W *et al* 1988 The on-site and downstream costs of soil erosion in the Magath and Pantabangan watersheds Journal of Philippine Development No 26, Vol XV, No 1
- JEFFREY, P , DERKSEN, P Y SONNENVELD, B 1989 Evaluación de la erosión en Costa Rica, Proyecto MAG-FAO (GCP-COS-009-ITA) Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Roma, Italia (en prensa)
- HARTSHORN G 1982 Costa Rica Perfil Ambiental, Centro Científico Tropical, San Jose, Costa Rica
- LAL, R "Soil erosion and its relation to productivity in tropical soils" in S A El-Swaify *et al* (eds) Soil Erosion and Conservation Ankeney, Iowa, Soil Conservation Society of America, 1985a
- LAL, RATTAN, "Effects of soil erosion on crop productivity CRC Critical Reviews in Plant Sciences Vol 5 issue 4 303-368 1987
- LARSON, W E , F J PIERCE Y R H DOWDY, Loss in long-term productivity from soil erosion in the United States, in S A El-Swaify *et al* (eds) Soil Erosion and Conservation Ankeney, Iowa, Soil Conservation Society of America, 1985
- LEONARD, H I 1986 Recursos naturales y desarrollo económico en América Central un perfil ambiental regional Trad G Budowski y T Maldonado San José, C R CATIE 268 p
- LINSLEY, R K , Kohler, M A y Paulos, J L H 1977 Hidrología para ingenieros 2 ed Trad A Deeb, J Ordóñez y F Catrillón Bogotá, Colombia Mac Graw Hill 386 p

- LOPEZ CADENAS, F , *et al* Mapas de estados erosivos cuenca hidrografica del Tajo, Instituto Nacional Para La conservacion de la Naturaleza, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentacion, España, 1987
- LORAN, T M , ZINCK, J A AND BEEK, K J 1988 Management, Conservation and Erosion Data Base In Proceedings of the Fifth International Soil Conservation Conference 18-19 January 1988 Bangkok, Thailand Department of Land Development, Ministry of Agriculture and Cooperatives Bangkok, Bangkok 10900 pp 37-62
- MAGRATH, W AND ARENS, P The costs of soil erosion on Java A natural resource accounting approach Enviromental Department Working Paper No 18 The World Bank
- MAHAMOOD, K 1987 Reservoir sedimentation Washington, EEUU World Bank Technical Paper no 71 118 pp
- MBAGWU, J S C , LAL, R , AND SCOTT, T W , Effects of desurfacing of Alfisols and Ultisols in Southern Nigeria I Crop Performance Soil Sci Soc Am J 48, 828, 1984
- MINISTERIO DE RECURSOS NATURALES, ENERGÍA Y MINAS 1990 Plan de Accion Forestal de Costa Rica, Documento Base San José, Costa Rica
- ONSTAD, C A AND YOUNG, R A 1988 System Analysis for Erosion Evaluation and Prediction In Proceedings of the Fifth International Soil Conservation Conference 18-19 January 1988 Bangkok, Thailand Department of Land Development, Ministry of Agriculture and Cooperatives Bangkok, Bangkok 10900 pp 23-35
- PIERCE, F J *et al* 1983 Productivity of soils Assesing long-term changes due to erosion J Soil and Water Conservation 38 39-44
- REHM, S , Land development in the humid tropics, in Intl Symp Agra-Mechanisierung der DLG, Frankfurt, 1978 ,
- RODRIGUEZ, R 1989 Impactos del uso de la tierra en la alteracion del regimen de caudales, la erosion y sedimentación de la cuenca superior del rio Reventazon y los efectos economicos en el proyecto hidroelectrico de Cachi Costa Rica Tesis de Maestría CATIE Turrialba, Costa Rica 138 p
- SEPSA-FAO 1986 El Sector Agropecuario Diagnostico Doc -SEPSA-107 San José, Costa Rica
- SHARPLEY, A N , AND J R WILLIAMS, eds 1990 EPIC--Erosion/Productivity Impact Calculator - User Manual U S Department of Agriculture Technical Bulletin No 1768

- SIEW, T K AND FATT, C , Effects of simulated erosion on performance of Maize (*Zea mays*) grown on Durian series, Soil Conservation Reclamation Report No 3, Ministry of Agriculture, Kuala Lumpur, Malaysia, 1976
- STOCKING, M 1988 Quantifying the On-site Impact of Soil Erosion In Proceedings of the Fifth International Soil Conservation Conference 18-19 January 1988 Bangkok, Thailand Department of Land Development, Ministry of Agriculture and Cooperatives Bangkok, Bangkok pp 137-161
- VAHRSON, W G 1989 Mapa preliminar de la erosividad pluvial anual en Costa Rica, escala 1:1,000,000 Proyecto Morfoclimatología aplicada, y dinámica exógena (MAI) Escuela ciencias geográficas, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica
- VÁSQUEZ M , A 1989 Cartografía y clasificación de suelos de Costa Rica (escala 1:200,000) Proyecto "Apoyo al Servicio Nacional de Conservación de Suelos y Aguas" (GCP-COS-009-ITA) Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Roma, Italia (en prensa)
- WILLIAMS, J R , et al, EPIC Erosion/Productivity Index Calculator, U S Department of Agriculture Technical, 1990
- WILLIAMS, J R , y K G RNEARD, Assessments of soil erosion and crop productivity with Process Models (EPIC), in R F Follett and B A Steward, ed , Soil Erosion and crop productivity, 1985
- WISCHMEIER, W H 1976, Jan -Feb Use and misuse of the Universal Soil Loss Equation Journal of Soil and Water Conservation
- WISCHMEIER, W H AND SMITH, D D 1978 Predicting Rainfall Erosion Losses USDA Handbook 537 Washington, D C 58 pp

IV DEPRECIACION DEL RECURSO PESQUERO COSTARRICENSE

A. Historia y Situación Actual del Sector Pesquero

Los recursos pesqueros de Costa Rica se caracterizan por una alta diversidad de especies y una flota con un alto grado de heterogeneidad, orientada estructuralmente hacia mercados locales. Las industrias pesqueras y de enlatado son de poca importancia económica a nivel nacional, pero a niveles locales y regionales son fuentes primarias de empleo. La extracción en muchas de estas áreas se considera demasiado alta, lo cual ocasiona la sobrepesca y la amenaza de la estabilidad de la industria local.

1 Desarrollo Histórico del Sector

Con el descubrimiento de depósitos de caparzones, se vio que los mariscos eran una fuente de proteína tradicional para las comunidades de subsistencia de las costas del país, especialmente en el litoral pacífico donde se encontraba una mayor abundancia de recursos marinos y ecosistemas favorables (Villalobos et al , 1984, p 8)

La pesca continuaba como una actividad de subsistencia hasta la segunda mitad del siglo XIX, cuando se transformó en una actividad económica, especialmente en el Golfo de Nicoya. Originalmente, se empleaba botes de madera a remo, arpones y cuerdas para proveer pescado a los mercados locales. En 1920 se inició la pesca de camarón utilizando redes operadas desde tierra. Debido que el producto es perecedero y por la falta de transporte adecuado, poco del pescado llegaba a las poblaciones más grandes concentradas en el Valle Central.

La industrialización de la pesca costarricense se inició en la mitad del siglo con la llegada de inmigrantes españoles, quienes introdujeron nuevas tecnologías las cuales resultaron en un mejoramiento de la productividad. En la década de los años 40 se inició el procesamiento de pescado capturado por botes extranjeros. A finales de los años 70, en la

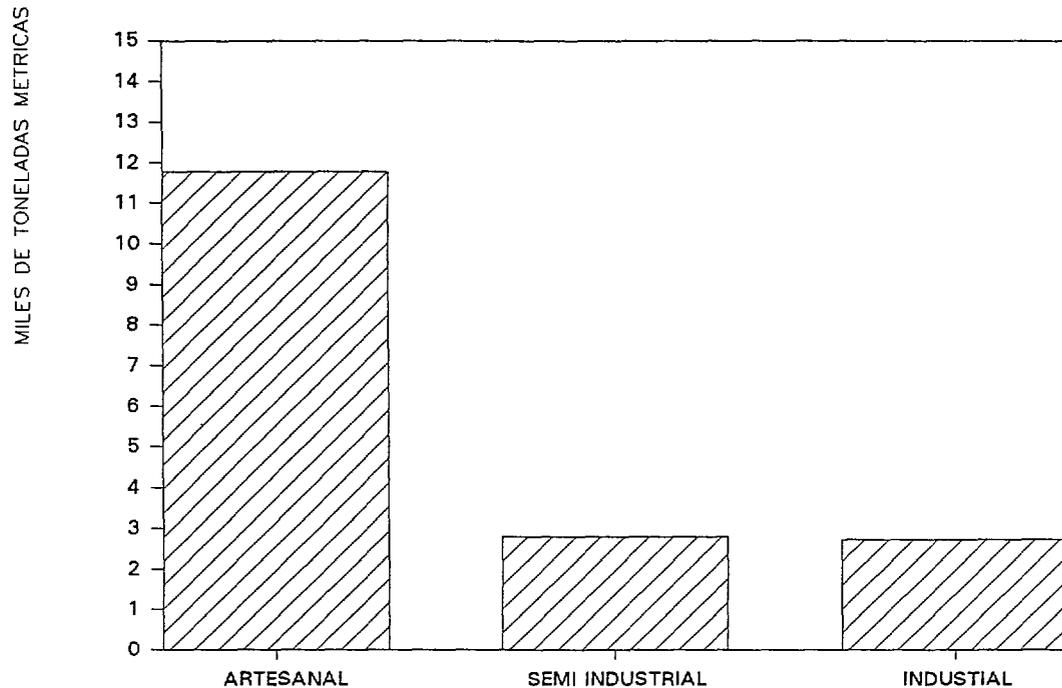
costa pacifica habia tres empresas de conserva operando, principalmente con el producto de la flota domestica de sardina

2 La Situación Actual

La flota de pesca costarricense consiste en tres niveles tecnologicos, artesanal, semi-industrial e industrial. Los pescadores artesanales operan con una variedad bastante amplia de tipos de barcas, que varian desde botes sencillos de remo hasta mas avanzados con autonomia de entre 10 y 15 dias. En total, en 1987 existían en el pais 6,600 pescadores, operando unos 2,200 botes artesanales (NORAD/FAO/OLDEPESCA, 1990, p 75). La flota semi-artesanal consiste en embarcaciones camaroneras, 90 en total, que proveen empleo a unos 800 pescadores. Finalmente, la flota industrial provee las materias primas a las empacadoras nacionales y la exportacion de pescado fresco y congelado. Actualmente, la flota industrial domestica es basicamente in-existente, puesto que todos los botes industriales que operan bajo bandera costarricense pertenecen a empresas extranjeras. La producción en 1987 de cada uno de estos niveles tecnologicos se presenta en Figura IV-1

FIGURA IV-1

COSECHA DE 1987 DE LAS CLASES DE EMBARCACIONES QUE OPERAN EN AGUAS COSTARRICENSES



Fuente Datos no publicados de la DGRP

Aunque las dimensiones del Sector Pesquero costarricense han aumentado considerablemente en décadas recientes, su importancia en la economía nacional continua siendo marginal. En 1987 la pesca contribuyó solamente en 0.79% del Producto Interno Bruto del país, y solamente 3.15% del Producto Agrícola, pero estos valores eran cinco y seis veces más que en 1970, respectivamente (ver Cuadro IV-1). Políticas diseñadas para transformar la pesca en una actividad económica mayor, como la exoneración de impuestos para suministros de pesca (1970), un precio preferencial para el combustible y los Certificados de Abono Tributario (CAT, 1984), no han sido un éxito total. Además como se mostrara en la sección IV-C, estas políticas aparentemente han sido contra-productivas.

CUADRO IV-1

**PORCENTAJE DE LA PRODUCCION PESQUERA EN EL
PRODUCTO INTERNO BRUTO
Y EL PRODUCTO AGROPECUARIO**

Año	Millon	Millon	Pescado	Pescado
	1984	1984	como % de	como % de
	<u>Colones</u>	<u>US \$</u>	<u>PIB</u>	<u>Prod Agric</u>
1970	117 5	2 6	0 13%	0 56%
1971	138 5	3 1	0 15%	0 72%
1972	138 2	3 1	0 14%	0 68%
1973	162 6	3 7	0 14%	0 69%
1974	196 7	4 4	0 16%	0 83%
1975	196 2	4 4	0 16%	0 77%
1976	243 6	5 5	0 18%	0 90%
1977	218 6	4 9	0 15%	0 69%
1978	567 0	12 7	0 37%	1 81%
1979	763 0	17 1	0 48%	1 90%
1980	640 8	14 4	0 40%	1 63%
1981	652 3	14 6	0 41%	1 33%
1982	751 3	16 9	0 51%	1 59%
1983	585 7	13 2	0 38%	1 26%
1984	865 3	19 4	0 53%	1 80%
1985	1,268 2	28 5	0 75%	2 85%
1986	1,225 4	27 5	0 69%	2 48%
1987	1,465 9	32 9	0 79%	3 15%

Fuente: Estadísticas del Banco Central

Aunque resulta relativamente de poca importancia en la economía a nivel nacional, en ciertas zonas como en la ciudad de Puntarenas y varios pueblos distribuidos en el interior del Golfo de Nicoya, la pesca ha constituido una de las actividades más importantes. La industria asociada con la pesca, incluyendo empacadoras, procesadoras de camarones y fabricas de hielo contribuyen con empleo para unos 6 000 trabajadores, 0 8% de la población ocupada del país (Villalobos *et al* 1984, p 103). Según el censo de la población en 1984, los pescadores representaban un 0 4% de la población ocupada, y el 3% de la fuerza laboral de la Provincia de Puntarenas.

3 El Mercado Nacional

El Cuadro IV-2 muestra el consumo aparente de productos pesqueros en Costa Rica entre los años 1980 y 1987. La importancia del consumo nacional de algunos pescados, mariscos, y aceite de hígado bacalao es similar a la exportación nacional total.

CUADRO IV-2
CONSUMO APARENTE DE PRODUCTOS PESQUEROS
EN COSTA RICA
(toneladas métricas)

<u>Año</u>	<u>Producción</u>	<u>Importaciones</u>	<u>Exportaciones</u>	<u>Consumo Aparente</u>
1980	14,506	7,278	4,254	17,530
1981	12,157	2,865	6,434	8,588
1982	10,447	1,630	5,061	7,016
1983	8,717	4,533	9,661	3,589
1984	11,501	7,476	8,265	10,712
1985	14,356	7,180	8,825	12,711
1986	16,244	4,930	8,561	12,613
1987	11,789	5,183	6,786	10,186

FUENTE Diagnóstico de la actividad pesquera en Costa Rica, NORAD/FAO/OLDEPESCA, 1989

El consumo nacional de pescado se abastece de la producción interna, la que cuenta con una amplia red de distribución compuesta por intermediarios y transportistas. Medidas de control de la calidad son deficientes, y usualmente no aseguran condiciones sanitarias adecuadas. El consumo promedio en el país es solamente de cuatro a cinco kg/año. Niveles de consumo tan bajo reflejan el hecho de que el consumidor costarricense considera alto el precio del pescado y prefiere pescado empacado por razones de facilidad de almacenaje y tradición culinaria (NORAD/FAO/OLDEPESCA, 1990).

4 El Mercado de Comercio Exterior

El mercado de comercio exterior está dominado por el interés en productos frescos de alta calidad con controles estrictos sobre el contenido de contaminantes. La exportación de productos marinos, como porcentaje del total nacional, ha oscilado entre 0.6 y 1.2% del total y entre 1 y 4% de todos los productos agrícolas. La mayoría de esas exportaciones (78% en

1986 y 72% en 1987) esta compuesta de pescado fresco y congelado para exportar a Los Estados Unidos

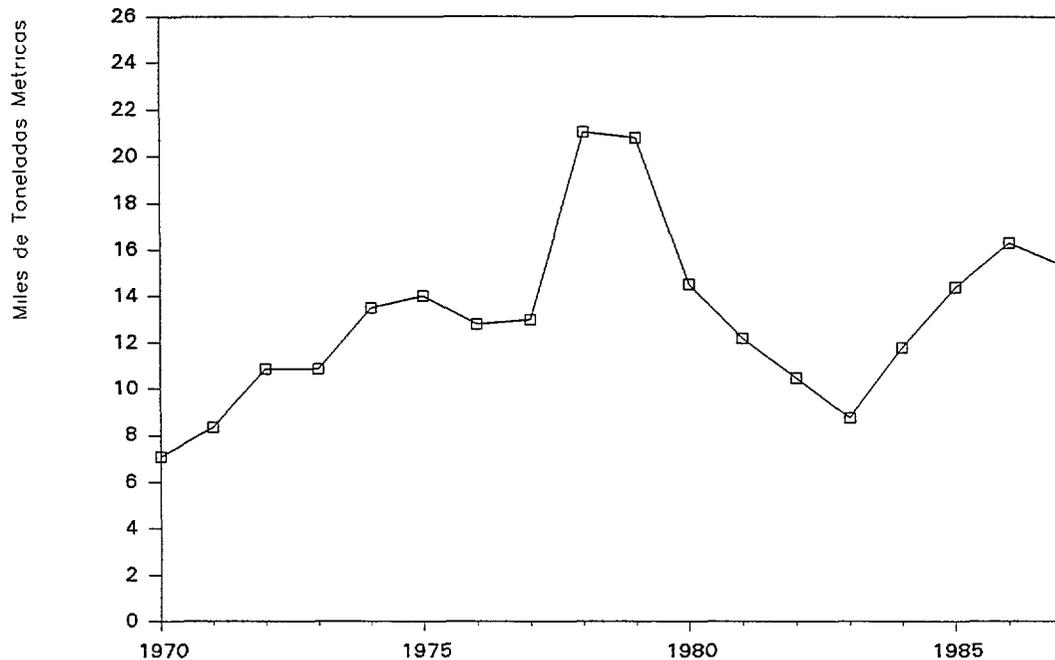
5 Indicadores del Deterioro del Recurso

Durante las décadas de los años 50 y 60 la pesca se aumentó lentamente en Costa Rica, con un promedio de solamente 3,466 toneladas métricas anuales. Sin embargo, como se ve en la Figura IV-2, en los años 70 se dio un aumento abrupto en producción de pescado, subiendo de 7,000 toneladas métricas en 1970 hasta 21,000 en 1978. Luego, la producción total cayó al final de la década, y en 1983 la producción total fue menos de la mitad del nivel de 1978. Desde 1983 las capturas se han recuperado gradualmente, y en 1986 lograron 16 mil toneladas métricas.

Cuando se evalúan especies individuales, los problemas se presentan más claramente. Las capturas de los valiosos camarones blancos y fideles, por ejemplo, se desmejoraron en 70 y 90 por ciento respectivamente entre 1985 y 1988. La producción de sardinas logró su pináculo en 1975 con 7 500 toneladas antes de caer a 507 toneladas en 1987. Además, la producción de pescado de Primer Grado Grande ha disminuido desde un promedio de 360 mil toneladas entre 1982 y 1984 hasta 236 mil toneladas entre 1985 y 1987.

FIGURA IV-2

PRODUCCION NACIONAL DE PESCADO Y MARISCOS



Mientras la captura ha variado dramáticamente durante los últimos 20 años, la flota pesquera ha crecido más o menos constantemente en volumen y tecnología¹. Esta combinación de una captura que disminuye y el número de embarcaciones que aumenta es un síntoma común de sobrepesca.

Dos estudios específicos de especies han confirmado la presencia de sobrepesca en el Golfo de Nicoya. Madrigal (1985) utilizó Análisis de Frecuencia de Longitud Electrónica (ELEFAN) para analizar tres especies de corvina (*Scianidae*) dentro de los años 1979 y 1982. Mientras ELEFAN no permite determinar directamente los niveles de la población ni el nivel máximo sostenible de la captura, sí provee indicadores importantes y útiles sobre los pescadores. La proporción explotable, igual a la mortalidad pesquera capturas/biomasa,

dividido por la mortalidad total (captura más la muerte natural), puede indicar si el pescado se están capturando más allá del nivel de reemplazo o no. En el caso de la corvina, Madrigal descubrió que para dos de las tres especies estudiadas, corvina aguada y corvina agria, la proporción subió de 0.48 y 0.41 en 1979 a 0.55 y 0.51 en 1982. Según Pauly (1980, p. 30), se asume que una proporción de explotación de 0.5 es óptima. Cuando la mortalidad pesquera supera mortalidades naturales, forzando la proporción sobre 0.5 la población probablemente está siendo sobre explotada.

Stevenson y Carranza (1981) realizaron un análisis de las capturas de sardinas (*Opisthonema Spp*) en el Golfo de Nicoya por unidad de esfuerzo. Con la utilización de un modelo exponencial de excedente de producción, los autores demostraron que durante la alza de la industria de sardina en la segunda mitad de los años 70, se superó el nivel máximo sostenible de esfuerzo en tres años. Cuando los rendimientos declinaron, también lo hizo la ganancia económica de la flota y del esfuerzo, y como resultado la producción declinó dramáticamente.²

Se encuentran tres indicadores del deterioro y agotamiento del recurso pesquero: la declinación en productividad total de algunas especies, el deterioro aislado de ciertas especies de alto valor, y el aumento de embarcaciones que operan en el área. También se cree que la contaminación en las aguas costeras, particularmente en el golfo de Nicoya, ha sido perjudicial para la industria pesquera, y ha estado conectado a la disminución de capturas de camarón en el área.³ Actualmente la cuantificación de este efecto no ha sido posible por falta de estudios acerca del grado de la contaminación y su relación con el ciclo biológico.

B Depreciación de Recursos Pesqueros

La productividad de la pesquería está sujeta a una variedad de presiones naturales. El clima determina no solamente la mezcla de especies sino el crecimiento y la tasa de reproducción de cada pesquería. Las corrientes, el ecosistema periférico y una multitud de otros fenómenos naturales pueden causar fluctuaciones drásticas en las capturas anuales. La

dinámica de la pesca se complica significativamente con la intervención de las comunidades pesqueras. A niveles bajos de extracción, la velocidad de reproducción de la biomasa existente en realidad sube, mientras a niveles extremadamente altos de capturas es posible sobrepescar y exterminar la población. La presencia de seres humanos también afecta la productividad de los peces al alterar la calidad del agua, destruir ecosistemas costeros, y romper las cadenas alimenticias ⁴

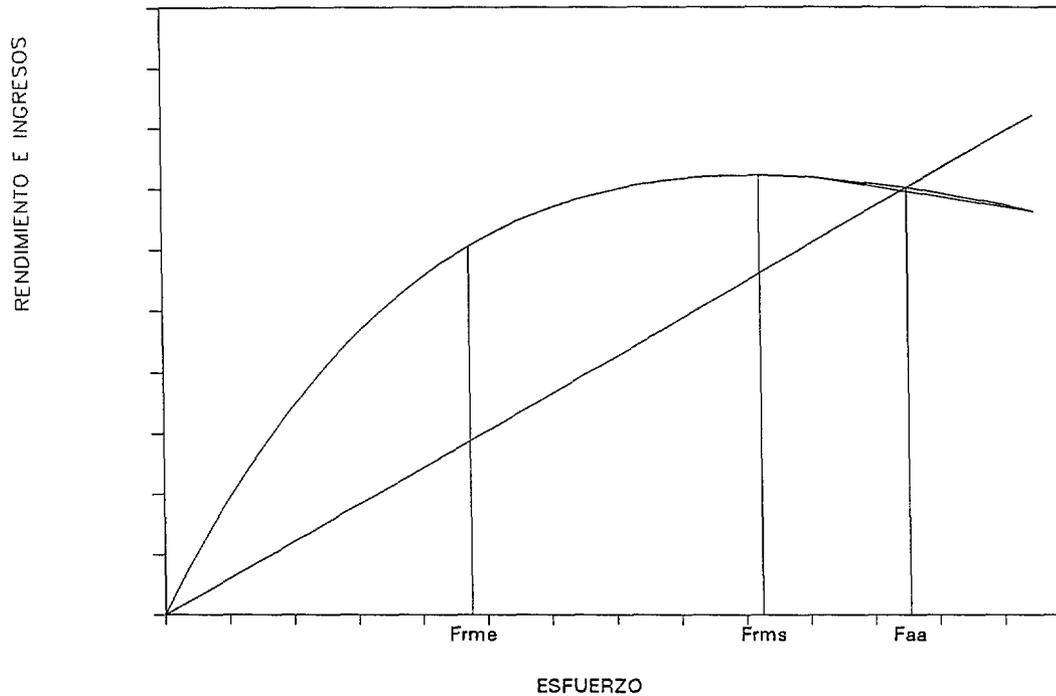
A diferencia de los árboles, no se puede contar cada pez directamente, sino que la evaluación de poblaciones se realiza generalmente por medio de modelos matemáticos los cuales son intensivos en el uso de datos. Estos modelos dependen del hecho que, si todos otros los factores se mantienen, la biomasa de la pesquería disminuirá por aumentos en el esfuerzo.

La relación entre esfuerzo pesquero y el rendimiento sostenible de las pesquerías tropicales, generalmente toman la forma demostrada en la Figura IV-3 ⁵. A niveles bajos de esfuerzo pesquero, la disminución en la biomasa libera un crecimiento mayor, lo cual permite cosechas sostenibles mayores. Esta relación continúa hasta que el esfuerzo alcanza el nivel denominado f_{RMS} , cuando la pesquería produce el rendimiento máximo sostenible (RMS). Una vez que el esfuerzo ha logrado f_{RMS} , aumentos adicionales en el esfuerzo pesquero reducen el nivel de rendimiento que se puede sostener. Esto ocurre, porque el aumento en la explotación conduce a la captura de peces antes de que logren su tamaño óptimo. Si la sobrepesca es extrema, puede ocurrir la captura de peces antes de lograr la edad reproductiva, lo que puede resultar en el colapso total de la pesquería.

El óptimo económico se encuentra en el punto donde la renta generada por la captura se llega al máximo ⁶. Si se asume que los costos son variables en forma lineal con el esfuerzo y que el precio es constante, igual a uno, la curva de producción en Figura IV-3 se convierte en una curva de ingresos, y los costos totales se puede representar como una línea recta desde el origen. El nivel sostenible de renta económica generado en cada nivel de esfuerzo es igual a la distancia vertical entre las curvas por este nivel de esfuerzo. El punto en que se obtenga la máxima renta económica sostenible (RME) se llama f_{RME} .

FIGURA IV-3

CURVA DE RENDIMIENTOS E INGRESOS SOSTENIBLES



Una pesquería, como cualquier otra inversión, se puede valorar como el valor presente de las rentas futuras potenciales, es decir, el valor descontado del flujo de todos los ingresos futuros menos todos los costos. El modelo descrito demuestra la relación entre un nivel de esfuerzo, las capturas sostenibles y los costos de producción. En un modelo estático, donde se asume que el esfuerzo se mantiene constante al nivel q , el valor capital del recurso pesquero, V_{rp} , sería simplemente el valor capitalizado de las rentas sostenibles generadas por dicho esfuerzo. Se puede expresar así

$$V_{rp} = (I_q - C_q) / i,$$

en que I_q y C_q son ingresos y costos (constantes en moneda real e incluyendo el costo de capital) atribuibles a un nivel dado de esfuerzo, e i es la tasa de descuento predominante.

En un modelo dinámico sencillo, el valor del capital sería igual a las rentas que se podría generar *ad infinitum* con el esfuerzo ajustándose para maximizar las rentas. Si el esfuerzo del año cero fuera menor que f_{RME} , entonces el esfuerzo subiría hasta llegar al máximo nivel económico sostenible, mientras si el esfuerzo inicial fuera más que f_{RME} , el comportamiento racional conduciría la flota (actuando en conjunto) a disminuir su esfuerzo. En este sencillo modelo dinámico, el valor del capital para cualquier nivel de esfuerzo que no sea f_{RME} será mayor que el valor de capital calculado en el modelo estático, y se acercaría a $(Renta a f_{RME})/i$ en cuanto aumenta la velocidad de adaptación del esfuerzo.

Ni el modelo dinámico ni el modelo estático explican verdaderamente el comportamiento actual de los niveles de esfuerzo en la mayoría de las pesquerías de acceso abierto. Análisis de pesquerías de acceso abierto han mostrado que los niveles extras de esfuerzo tienden a ser mayores que el nivel RME. Esto es porque, mientras las rentas económicas globales llegan al máximo en f_{RME} , las rentas para pescadores individuales existen hasta f_{AA} , cuando los ingresos totales igualen a los costos totales. Mientras las opciones de sustento sean limitadas, el esfuerzo pesquero tenderá a aumentar, conduciéndose hacia el nivel de esfuerzo f_{AA} , donde todas las rentas económicas se disipan.⁷

C Estimación de la depreciación del recurso pesquero del Golfo de Nicoya

Localizado en el noroeste del país, el Golfo de Nicoya es el área donde se pesca con mayor intensidad en Costa Rica, con 64% del número total de embarcaciones⁸ y 32% del volumen total de pescado⁹. La pesca en el Golfo se hace principalmente en viajes de un día, por eso la mayoría de las barcas son relativamente pequeñas. De hecho, dentro del Golfo no se permite que operen barcas de más de 10 metros de longitud.

Se pescan camarones, sardinas, y una variedad amplia de especies demersales en el Golfo y sus alrededores. Una lista de las principales especies de pescado capturados se presentan en el Anexo IV-1. Como se muestra en el Cuadro IV-3, la flota artesanal representa la fuente principal de presión sobre los grupos comerciales de pescado y tiburón.

CUADRO IV-3

**PRODUCCION REPORTADA DEL GOLFO DE
NICOYA (EN TONELADAS) Y EL PORCENTAJE
COSECHADO POR LA FLOTA ARTETESNAL**

AÑO	PESCADO		TIBURON		CAMARON*		SARDINA*	
	CAPTURA TOTAL	%	CAPTURA TOTAL	%	CAPTURA TOTAL	%	CAPTURA TOTAL	%
1970	732	89 0%	102	47 5%	795	NA	1,883	NA
1971	971	61 3%	100	80 8%	1,007	NA	1,662	NA
1972	1,074	52 6%	89	71 7%	790	NA	2,912	NA
1973	1,362	78 4%	152	95 0%	838	NA	2,926	NA
1974	1,775	83 4%	209	100 2%**	841	NA	4,313	NA
1975	1,736	88 8%	247	108 1%**	808	NA	4,492	NA
1976	1,872	87 9%	192	79 1%	784	NA	3,798	NA
1977	2,019	81 9%	211	75 8%	376	NA	3,212	NA
1978	2,387	67 0%	238	79 4%	371	NA	2,876	NA
1979	2,170	75 6%	256	86 1%	626	NA	2,190	NA
1980	2,422	81 6%	187	76 3%	595	NA	2,183	NA
1981	1,863	76 5%	203	99 8%	660	NA	734	NA
1982	2,439	71 4%	162	84 4%	818	NA	627	NA
1983	2,821	70 6%	206	89 0%	442	NA	729	NA
1984	2,490	92 0%	156	71 1%	913	NA	1,569	NA
1985	2,671	88 0%	179	88 3%	2,051	NA	815	NA
1986	2,904	93 7%	128	81 4%	1,309	NA	1,307	NA
1987	2,444	122 1%**	179	99 0%	1,230	NA	425	NA
1988	1,899	68 3%	125	91 1%	786	7 3%	553	4 5%

* Datos sobre la captura artesanal están disponibles solamente para el año 1988

** Como resultado de la presencia de valores de mas que 100%, se considera los datos de produccion artesanal no confiables y no se toman en cuenta en el análisis estadístico

Fuente Datos no publicados obtenidos de la Direccion General de Recursos Pesqueros y Acuicultura, San Jose, Costa Rica

1 Fuentes de Datos y Estimaciones

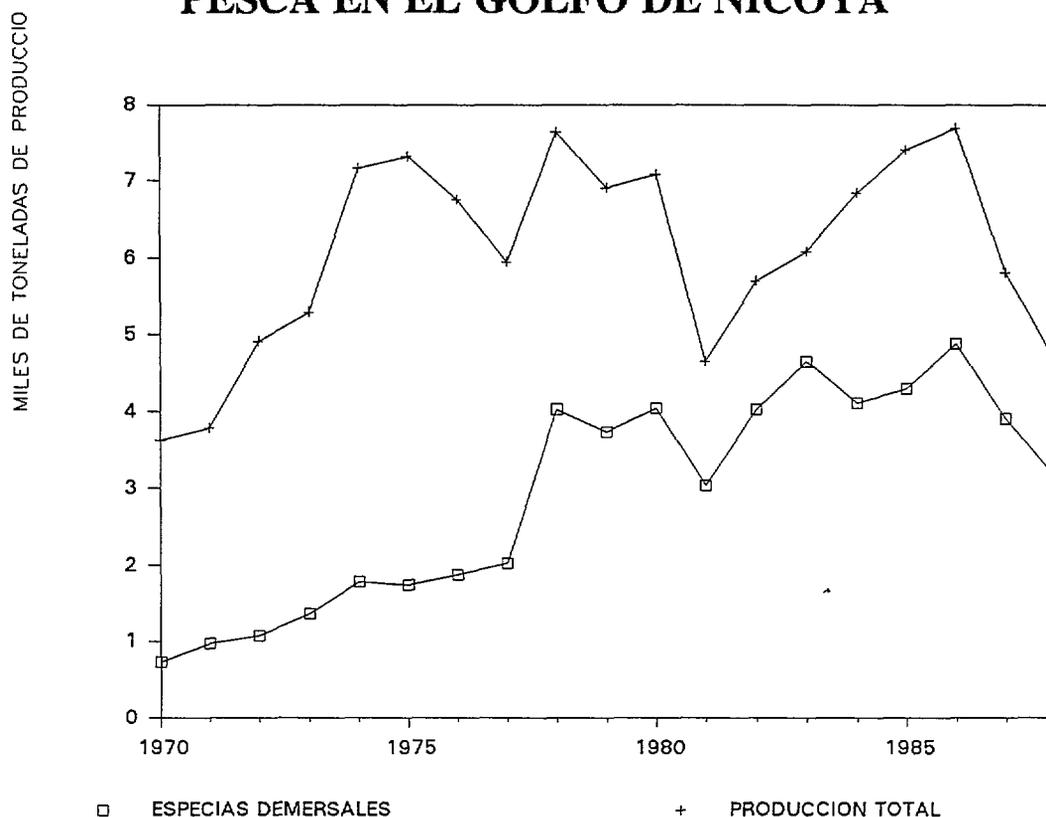
El primer paso en la valoracion de un recurso pesquero es estimar el rendimiento sostenido del recurso. Con base en el trabajo de Fox (1970) y Silvestre y Pauly (1986) se calculó la curva de rendimientos para la población del Golfo de Nicoya, utilizando la función

$$Y/f = e^{a+bf} \quad (1)$$

donde Y es el rendimiento anual y f es una estimacion de esfuerzo

FIGURA IV-4

PRODUCCION TOTAL DE LA PESCA EN EL GOLFO DE NICOYA



Datos sobre los cosechas anuales se han recopilado por la Direccion General de Recursos Pesqueros y Acuicultura (DGRP), desde los años 50. Como se ve en la Figura IV-4, los rendimientos totales han variado mucho por las fluctuaciones fuertes en las cosechas de especies particulares (sardinas y camarones en particular). Al contrario, las capturas de peces demersales incrementaron más o menos constantemente hasta 1977 pero desde este entonces se han caracterizado por mayor variabilidad en capturas. De acuerdo con Madrigal (comunicacion personal, 1991) cosechas totales superan las cosechas actuales por aproximadamente 20% debido a consumo familiar y ventas no reportadas. Por este motivo, en el análisis estadístico se utiliza valores 20% mayores que los presentados en el Cuadro IV-3.

No hay datos disponibles para calcular directamente esfuerzo pesquero en Costa Rica antes del final de los años 80. Sin embargo, en 1989 la Dirección Regional de Pesca de Puntarenas se realizó un censo de la flota artesanal entera en el Golfo de Nicoya (MAG, 1989). En este censo se obtuvo información detallada sobre las características físicas de cada barca operando en el Golfo, incluyendo extensión, tipo de equipo utilizado, y la fecha de construcción. Con la fecha de construcción, y el supuesto de que cualquier bote construido desde 1970 todavía está funcionando, fue posible estimar el número de botes que operan en cualquier año, y ni sus características.

Debido a que solamente 28 barcas en el censo de 1989 tenían fechas de construcción con anterioridad a 1971, se aumentó la flota de 1970 con base en las 275 barcas que se cree operaron en tal año.¹⁰ Las características de la flota total para 1970 se asume son iguales que las de las barcas construidas antes de 1971 que se encuentran todavía en operación. Las 247 barcas incluidas en la flota de 1970 se asume que han sido sacadas de operación a una tasa constante de 13 por año entre 1971 y 1988. Los valores de la flota total ajustados y no ajustado se presentan en el Cuadro IV-4.¹¹

CUADRO IV-4

**NUMERO APROXIMADO DE EMBARCACIONES ARTESANALES
PESQUEROS OPERANDO EN EL GOLFO DE NICOYA**

	Interpretacion directa del censo				Ajustado por 275 botes en 1970			
	<u>Botes</u>	<u>Pangas</u>	<u>Lanchas</u>	<u>Total</u>	<u>Botes</u>	<u>Pangas</u>	<u>Lanchas</u>	<u>Total</u>
1970	13	6	9	28	128	59	88	275
1971	15	6	11	32	124	56	86	266
1972	25	6	12	43	128	53	83	264
1973	39	6	16	61	136	51	83	270
1974	48	7	21	76	139	49	83	271
1975	67	11	27	105	152	50	85	287
1976	97	12	36	145	176	48	90	314
1977	117	14	47	178	190	47	97	334
1978	197	17	76	290	264	48	122	434
1979	254	18	88	360	315	46	130	491
1980	319	24	130	473	373	49	167	589
1981	353	30	141	524	401	52	174	627
1982	400	38	166	604	442	58	195	695
1983	457	51	194	702	493	68	219	780
1984	518	70	226	814	548	84	247	879
1985	582	117	253	952	606	128	270	1,004
1986	628	198	282	1,108	646	206	294	1,146
1987	661	339	299	1,299	673	345	307	1,325
1988	704	433	325	1,462	710	436	329	1,475
1989	706	456	330	1,492	706	456	330	1,492

Fuente Interpretacion del Censo del Golfo de Nicoya (MAG, 1989) como se explico en el texto

Se considera tres tipos de embarcaciones principales dentro del censo de pesqueros artesanales, botes, pangas y lanchas. Los botes y las pangas son naves sencillas, las pangas son mas grandes y casi siempre con motor fuera de borda mientras que el 51% de los botes segun censo se impulsan por remos. Basado en una muestra de registro de captura diaria DGRP de 1990, se encontro que la eficiencia de una barca de remos fue el 75% de la de un bote con un motor de 1 kw¹². Basado en esto, a los botes sin motor se les asignó un poder equivalente a 0.75 kw. Las lanchas son mas grandes y con capacidad para pescar durante varios dias. Sin embargo, debido a que las distancias dentro del Golfo no son grandes, los tres tipos de barcas se usan comercialmente. Las pangas se han hecho mas populares desde la

mitad de los 80 con la legalización de la pesca de camarón en el interior del Golfo, actividad para los que son aptas

Según los datos del censo fue posible calcular el poder de la flota en cualquier año dado. Sin embargo, cada tipo de barca tiene un nivel diferente de eficiencia, por lo que ponen diferentes grados de presión sobre el recurso. Para obtener una medida regular de esfuerzo pesquero fue necesario convertir todos los poderes estimados en una unidad estandarizada lancha Kw's

En el Cuadro IV-5 se presentan las fórmulas utilizadas para convertir potencia en equivalentes de kilovatios de esfuerzo pesquero de una lancha. En 1988 la DGRP digitalizó una muestra grande de los registros de captura diaria que distinguen entre barcas artesanales de tamaño pequeño (botes y pangas) y mediano (lanchas). Dividiendo las capturas de cada tipo de barca registradas en la muestra, línea (B), entre los kilovatios totales ajustados de la flota de 1988, línea (A), se obtiene un índice de eficiencia relativa por unidad de poder de las dos clases de barcas. La eficiencia de la cosecha total de las barcas pequeñas resultó 1.27 veces mayor que la de las lanchas. Para estimar la porción del esfuerzo total de cada clase de barca dedicado a la pesca de Pescado y Tiburón, se supuso que el esfuerzo se distribuye entre las varias clases en la misma proporción que los ingresos totales. Usando los datos del DGRP de 1988, se determinó que 55.5% del ingreso de las embarcaciones pequeñas y 77.4% del ingreso de las lanchas se debía a la pesca de Pescado y Tiburón. Multiplicando la eficiencia relativa, $(C)/(C_{\text{Lancha}})$, por el cálculo aproximado del esfuerzo de la pesca, (D), se obtuvo el factor que se utiliza para convertir kilovatios regulares en lancha-kw's de poder de la pesca, (E). La presión general sobre el recurso por unidad de esfuerzo se supone constante durante el periodo entero.

CUADRO IV-5

**FORMULAS UTILIZADAS PARA CONVERTIR
EL PODER DE BARCAS PEQUEÑAS, BOTES Y PANGAS,
EN UNIDADES DE LANCHA-KW REGULARES**

	<u>Botes & Pangas</u>	<u>Lanchas</u>
(A) Kilovatios total en flota de 1988 (censo de Nicoya)	6,082 7	6,153 5
(B) Captura de Pescado en muestra de 1988	493,648	392,441
(C) Capturas en muestra por kw de la flota (B/A)	81 16	63 77
(D) Porcentaje de ingresos obtenidos de pescado (de muestra de 1988)	55 5%	77 4%
(E) Lancha-kw de poder de pesca por kw normal $((C)/(C_{\text{Lancha}})) * (D)$	0 71	0 77

Fuente Basado en datos del Censo 1989 de pesqueros en el Golfo de Nicoya y datos de 1988 sobre producción por tipo de barca

Utilizando este factor de ajuste, se calculó el valor lancha-kw total anual para la flota entre 1970 y 1989 (Cuadro IV-6) Para suavizar la serie, se utilizaron promedios de tres años del esfuerzo pesquero en el análisis estadístico

CUADRO IV-6

**ESFUERZO PESQUERO ARTESANAL EN EL
GOLFO DE NICOYA EN KILOVATIOS REGULARES,
LANCHA-KW AJUSTADOS POR EL ESFUERZO PESQUERO**

Año	Poder de la flota ajustada kilovatios regulares				Poder pesquero en Lancha-kw			Promedio 3Años Lancha-kw
	Bote	Pangas	Lanchas	Total	Pequeño	Mediano	Total	Total
1970	180	315	852	1,347	350	659	1,009	1,009
1971	176	300	848	1,324	336	657	993	1,001
1972	199	285	813	1,297	342	629	971	991
1973	225	270	828	1,323	350	641	991	985
1974	237	256	866	1,359	349	670	1,018	993
1975	254	261	869	1,385	364	673	1,037	1,015
1976	311	265	930	1,506	407	720	1,126	1,060
1977	347	261	1,136	1,744	429	879	1,309	1,157
1978	507	260	1,395	2,162	542	1,080	1,622	1,352
1979	595	251	1,474	2,319	597	1,140	1,738	1,556
1980	741	311	3,258	4,311	743	2,521	3,265	2,208
1981	793	334	3,321	4,449	796	2,570	3,367	2,790
1982	908	372	3,562	4,842	904	2,757	3,661	3,431
1983	1,013	493	4,061	5,567	1,064	3,142	4,206	3,744
1984	1,171	732	4,528	6,431	1,344	3,504	4,848	4,238
1985	1,437	1,158	4,910	7,506	1,833	3,800	5,633	4,896
1986	1,595	1,878	5,320	8,790	2,450	4,117	6,567	5,683
1987	1,675	3,225	5,695	10,596	3,461	4,407	7,868	6,689
1988	1,782	4,301	6,153	12,236	4,296	4,762	9,057	7,831
1989	1,786	4,524	6,201	12,511	4,456	4,798	9,254	8,726

Fuente Censo y Pesquero y Cuadro IV-5

2 Cuentas Físicas Estimaciones del rendimiento máximo sostenible para el Golfo de Nicoya

Hay una relación directa entre el nivel de esfuerzo pesquero y la biomasa total de una pesquería. Debido a que solamente se dispuso de datos en serie de capturas y de esfuerzo, la relación conceptual entre la biomasa y la captura por unidad de esfuerzo es usada para determinar que la tendencia en la biomasa disminuye durante el periodo. Datos de Madrigal (1985) sobre biomasa de corvina para 1979 y 1982 es usada en la derivación estadística para proyectar la biomasa de toda la población pesquera. Se estima que la corvina comprende de

un 35% a un 55% del total del rango de posibles biomazas reportadas en el Anexo IV-3 y en las dos curvas de biomasa trazadas en la figura IV-5

Se estimó entonces la biomasa anual en el Golfo de Nicoya en un proceso de tres pasos. Primero, se estimó la biomasa total en un momento en el tiempo. Madrigal (1985) calcula que la biomasa de tres especies de corvina en 1,153.8 toneladas métricas en 1979 y 983.5 en 1982. De 1977 a 1984 la corvina representaba entre 43 y 55% de todas las cosechas (E. Madrigal, comunicación personal). Basándose en estos valores, se pudo determinar un rango para la biomasa total del Golfo de Nicoya utilizando 55% como el límite máximo del porcentaje de biomasa compuesta por la corvina, y 35% como el límite mínimo. La biomasa, por lo tanto, se estimó en 1979 entre 2,097.8 y 3,296.6 toneladas métricas.

Segundo, se puede expresar esfuerzo en términos de la mortalidad pesquera, F , y una función de la facilidad de la pesca q ¹³. La ecuación (1) en la página 0 puede ser escrita entonces

$$Y/(F/q) = e^{(a+bf)} \quad (2)$$

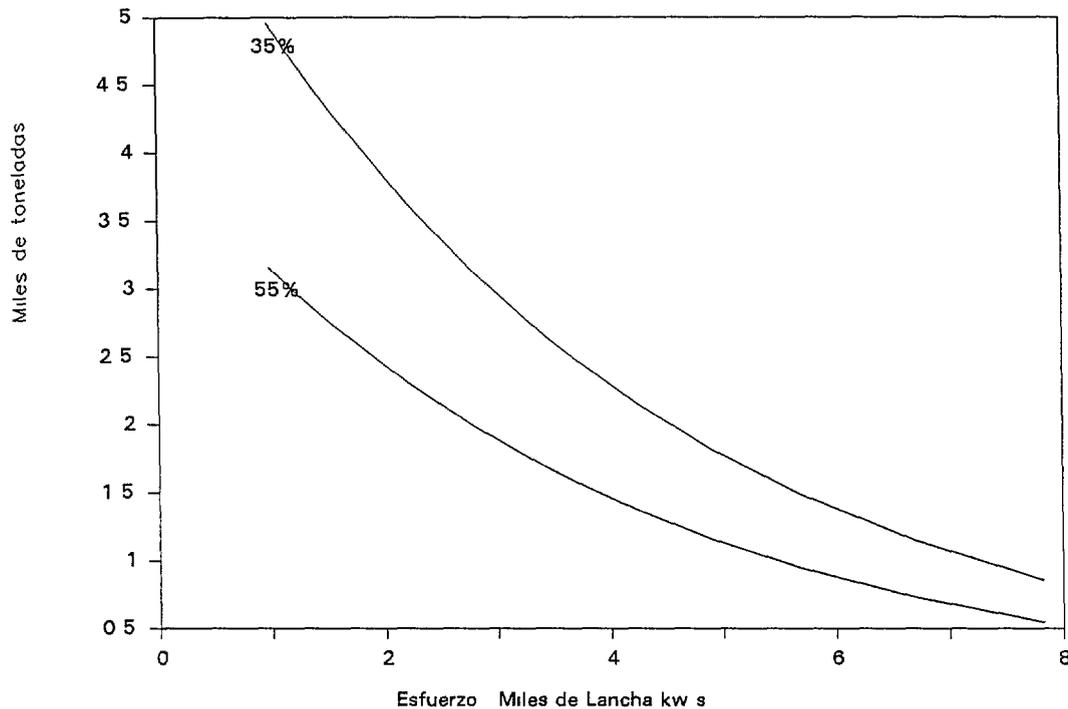
Por definición de F , la biomasa de la pesquería, $B = Y/F$. Se puede simplificar la ecuación anterior como

$$\ln B = a + bf - \ln q \quad (3)$$

Por lo tanto, se puede calcular la biomasa si se dispone de valores de f y q . El esfuerzo pesquero f , se ha calculado anteriormente, y los valores de a y b se puede determinar de la ecuación (1) como se hará más adelante en la ecuación (4). Con un valor para la biomasa en un punto en el tiempo, 1979 en este caso, se puede solucionar la ecuación (3) para q . Finalmente, suponiendo que el nivel de q se mantiene básicamente estable durante el periodo, se puede estimar la biomasa durante todo el período, como se demuestra en la Figura IV-5.

FIGURA IV-5

BIOMASA ESTIMADA PARA PESCADO Y TIBURON EN EL GOLFO DE NICOYA



Ver Anexo IV-3

Las dos curvas en esta figura (representan valores de q de $3.19 \cdot 10^{-4}$ y $5.02 \cdot 10^{-4}$ aplicados a la ecuación (3)) indican un rango probable para la biomasa durante las últimas décadas

Se estimó la ecuación del rendimiento sostenible para las pesquerías del Golfo por medio de una regresión de la cosecha de Pescado y Tiburón en el índice de esfuerzo pesquero usando el modelo de Fox. Este proceso dio como resultado la ecuación

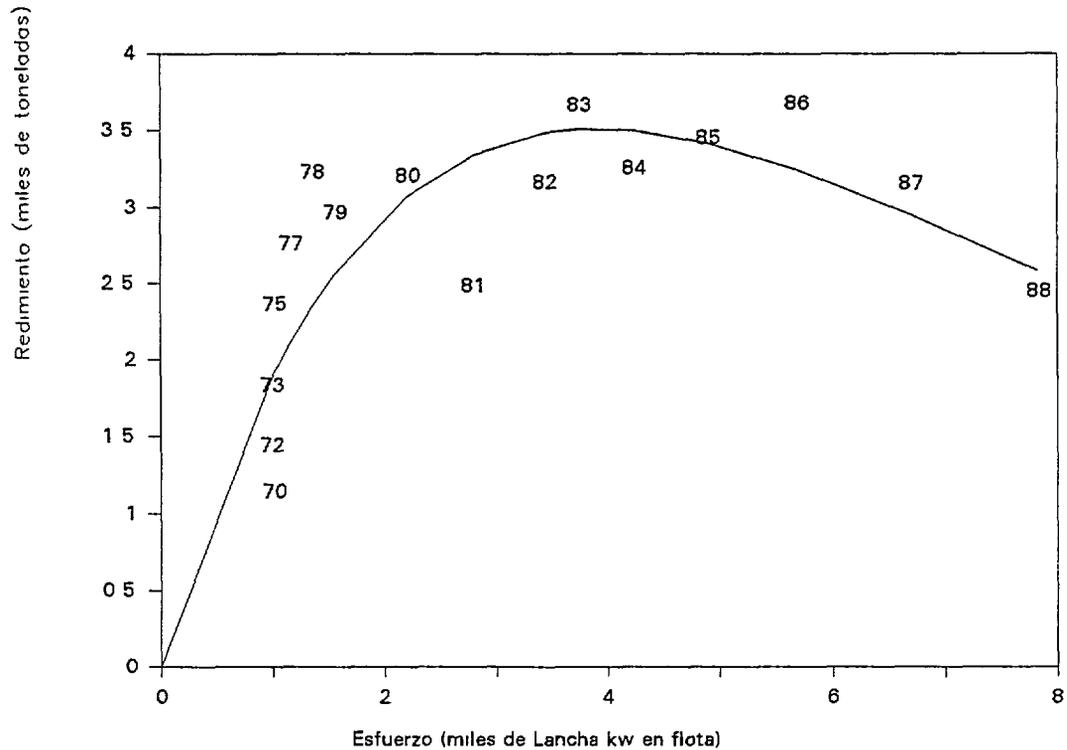
$$Y/f = e^{(7.62 - 0.000256 f)} \quad 4$$

que se presenta en la Figura IV-6. Las capturas incluyen solamente la pesca de especies de pescado y tiburón específicamente, excluyendo camarones y sardinas los cuales son los otros

productos más importantes dentro y alrededor del Golfo, pero que son capturados principalmente por la flota semi-industrial

FIGURE IV-6

RENDIMIENTOS SOSTENIBLES DE PESCA EN EL GOLFO DE NICOYA



Como se puede observar en la figura IV-6, el nivel del rendimiento máximo sostenible de la pesca en el Golfo se alcanzó en 1983 con 3 51 mil toneladas de pescado capturado, con una flota de 780 botes a un promedio de 3 7 mil lancha-kw en tres años. Aunque los rendimientos anuales aislados han superado el nivel RMS calculado aproximadamente, las capturas sostenidas han mostrado una caída notable desde 1986. En un sentido físico, entonces, parece que la productividad pesquera del Golfo de Nicoya no alcanzará su potencial productivo a menos que se disminuya el esfuerzo total. La curva de rendimientos para capturas totales se presenta en el Anexo IV-2.

3 Cuentas Económicas Depreciación de la pesquería en el Golfo de Nicoya

Como se ha demostrado en la sección IV-B, el valor de una pesquería es igual al valor actual descontado de las rentas futuras sostenibles que sean posibles para un nivel específico de esfuerzo. La renta anual que es posible lograr dado un nivel de esfuerzo es igual al rendimiento sostenible multiplicado por el precio promedio del pescado, menos los costos totales de operación.

Para determinar la renta económica en cada año, fue necesario, entonces, calcular el precio por unidad de producción y los costos por unidad de esfuerzo para cada año en el período (ver Cuadro IV-7). Los precios se determinaron basándose en un promedio ponderado de los precios de pescado y tiburón de la DGRP (datos no publicados).

Se obtuvieron los costos por unidad de esfuerzo en un proceso de tres pasos. Primero, se hizo una encuesta a tres individuos que trabajan diariamente con pescadores en el Golfo de Nicoya¹⁵ para obtener cálculos aproximados de los costos de operación de botes, pangas y lanchas. Tomando un promedio de las tres opiniones, se hizo una estimación de costos diarios y anuales para 1990. Se valoró el capital con base en intereses anuales en una inversión inicial más el costo de la depreciación bajo el método de línea recta del capital.¹⁶ Un resumen del presupuesto se presenta en el Anexo IV-4. Los costos anuales totales de operación fueron calculados para el resto del período basado en índices de precios al por mayor. Luego se convirtieron costos anuales a costos por lancha-kw de esfuerzo pesquero, dividiendo el costo anual por barco por el número promedio de lancha-kw para cada clase de embarcación. Finalmente, se hizo un promedio ponderado de los tres tipos de barcas basado en el número de barcas que operan cada año, resultando el costo por unidad promedio por lancha-kw que se presenta en Cuadro IV-7.

CUADRO IV-7

**COSTOS Y PRECIOS UTILIZADOS EN LA
DETERMINACION DE RENTAS ANUALES**
(colones corrientes)

<u>Año</u>	<u>Costo Por Lancha-kw*</u>	<u>-----Precio Promedio**-----</u>		
		<u>Pescado</u>	<u>Marisco</u>	<u>Promedio</u>
1970	1,177 8	2 2	30 5	2 5
1971	1,258 2	2 4	32 4	2.8
1972	1,309 2	2 9	34 2	5.8
1973	1,463 4	3 6	39.8	6 5
1974	1,975.7	3 8	55.6	6 5
1975	2,328.0	4 7	67 6	6.5
1976	2,591 1	5 5	73 9	6 5
1977	2,831 1	6 9	79 5	10 5
1978	3,181 9	8 7	85 7	34 6
1979	3,720.1	11 3	99 4	66 4
1980	5,175 1	25 4	124 8	91 9
1981	7,829 9	33 7	202 1	92 0
1982	13,864 1	35 0	385 1	92 0
1983	17,612 4	34 3	434 2	92.1
1984	19,396 6	37 7	503 0	92 8
1985	21,712 3	46 6	571 1	94 4
1986	23,514 6	59 1	668.8	102.7
1987	25,019.2	67 1	835 7	100 1
1988	28,371 3	77 3	962 4	115 3
1989	32,809 4	81 9	1,018 9	122 1

* Calculado del Anexo IV-4

** Precio pagado en el puerto de acuerdo con datos no-publicados de la DGRP

Los costos unitarios de combustibles en el sector pesquero son subsidiados por el gobierno que vende gasolina y diesel a los pescadores a precios menores que el precio de mercado. Materiales y equipo también disfrutaban de subsidios al ser exentos de impuestos de importación que caracterizan la mayor parte de los productos importados a Costa Rica. El resultado de estas políticas es la reducción de los costos de producción de los pescadores, que tiene como efecto el aumento en rentas percibidas por los pescadores y estimula el crecimiento de la flota. Se consideran estos subsidios al calcular los costos para este análisis.

Las rentas económicas percibidas por el pescador son iguales a la diferencia entre los ingresos netos de costos de operación que recibe el pescador y el ingreso que podría ganar

dedicándose a la mejor alternativa. En otras palabras, si un pescador gana ₡500 por día después de descontar sus costos de operación y podría ganar ₡400 trabajando como un peon en la agricultura, la renta económica que percibe este pescador es ₡100 diarios. El ingreso que ofrece la alternativa a la actividad del pescador se llama costo de oportunidad de la mano de obra.

El costo de oportunidad de la pesca en el Golfo de Nicoya es difícil de calcular por varias razones. Primero, el salario mínimo establecido por ley no es un buen indicador debido a los altos niveles de desempleo y subempleo en la zona. En 1989 los niveles nacionales de subempleo en el sector de agricultura, silvicultura y pesca alcanzó 18.7% (NORAD/FAO/OLDEPESCA, 1990). Este valor seguramente fue mayor alrededor del Golfo de Nicoya donde en 1984, niveles de desempleo fueron 50% mayores que el promedio nacional.¹⁷ El empleo en labores agropecuarias no representa, por lo tanto, una oportunidad viable para todos los pescadores. Además, en muchos casos la pesca es un segundo trabajo para obreros, y no existe ninguna otra posibilidad para tal trabajo. Para tomar en cuenta estos factores, se estableció el costo de oportunidad de la pesca con base en el valor del apoyo mínimo a que el pueblo puede acudir. Este programa, del Bono Alimentario, tenía un valor en 1990 de ₡7,500 por mes o 71% del salario mínimo agropecuario. Luego, se extrapolo este costo al resto del período con base en el índice de salarios mínimos.

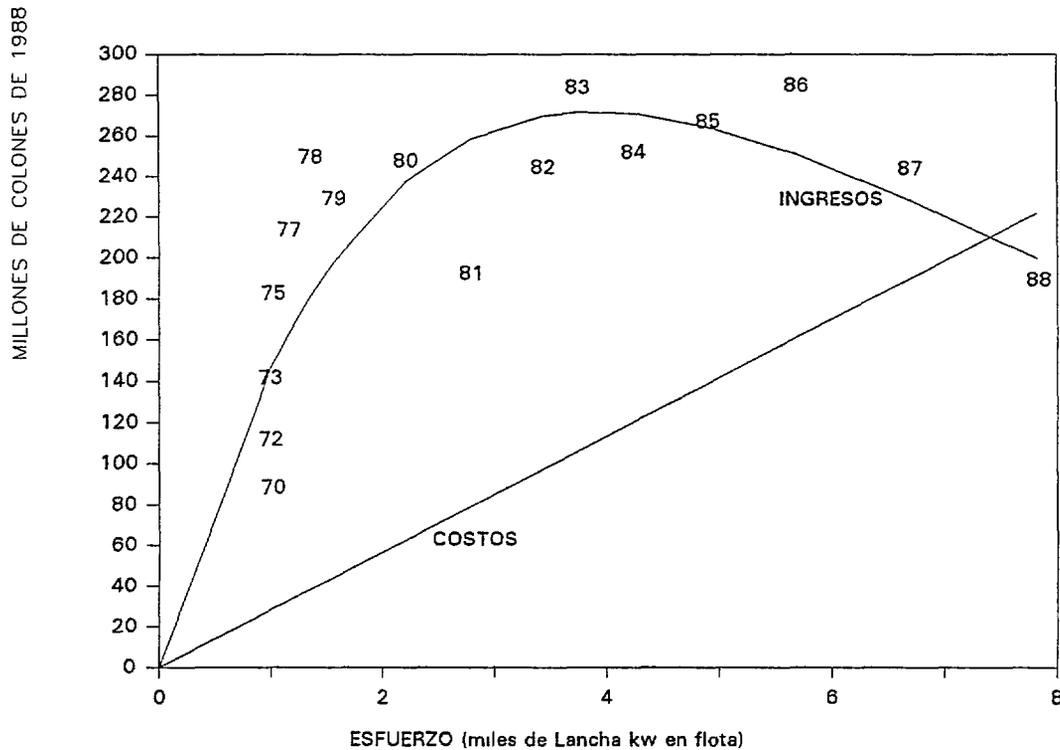
Los costos actuales percibidos por los pescadores son frecuentemente menores que los valores calculados en este estudio. Este se debe a que muchos pescadores (tal vez la mayoría) tienen deudas pendientes que no pueden pagar y los acreedores generalmente prefieren dejar abierta la posibilidad de cobro que quitarle al pescador su barco. Por lo tanto, el costo real del capital no se toma en cuenta. Muchas veces los préstamos son hechos por intermediarios cuyo motivo principal es asegurarse lealtad por parte del pescador y ni siquiera pretenden hacer cobro del préstamo. Estos mismos intermediarios suelen proveer los materiales de producción y reducir el costo del monto pagado al pescador por su producto, práctica que distorsiona las rentas reales que gana el pescador. Finalmente, costos de mantenimiento se negligencian.

frecuentamente, lo que también aumenta las rentas percibidas por el pescador, causándole a tener que seguir produciendo aun cuando su capital esté en proceso de deterioro

Se calcularon las curvas que representan el ingreso total y el costo total aplicando el costo anual y los valores de precio a la curva total de rendimiento. La figura IV-7 muestra el nivel de ingresos anuales sostenibles posibles de cualquier nivel de esfuerzo y los costos implicados por este esfuerzo (en valores de 1988). El nivel sostenible de rentas que se pueden obtener de capturas de pescado en el Golfo de Nicoya, aparentemente logra su máximo en 1980 cuando la flota consistía en solamente 589 barcas

FIGURA IV-7

INGRESOS SOSTENIBLES Y COSTOS TOTALES PARA LA FLOTA PESQUERA DEL GOLFO DE NICOYA



Las rentas anuales sostenibles en cualquier año son iguales al ingreso sostenible menos los costos totales. Capitalizando este valor con una tasa de descuento de 6%, se obtiene el valor anual de los recursos del Golfo como se presenta en el Cuadro IV-8

CUADRO IV-8

VALOR DEL CAPITAL PESQUERO DEL GOLFO DE NICOYA

<u>Año</u>	<u>Esfuerzo ajustado en Lancha-kw</u>	<u>Renta anual sostenible en miles de US\$ de 1984*</u>	<u>Valor del capital en miles US\$ de 1984**</u>
1970	1,009	1,476	24,593
1971	1,001	1,466	24,430
1972	991	1,463	24,381
1973	985	1,476	24,597
1974	993	1,500	25,008
1975	1,015	1,537	25,611
1976	1,060	1,572	26,207
1977	1,157	1,653	27,545
1978	1,352	1,780	29,670
1979	1,556	1,901	31,685
1980	2,208	2,033	33,884
1981	2,790	2,059	34,319
1982	3,431	1,841	30,683
1983	3,744	1,369	22,811
1984	4,238	1,334	22,238
1985	4,896	1,030	17,171
1986	5,683	761	12,690
1987	6,689	521	8,686
1988	7,831	-324	-5,400

* Convertido en colones de 1984 usando el índice general de precios y luego convertido a US\$ al tipo de cambio 1984 de ¢45/\$1

** El valor del activo se calcula capitalizando la renta anual a una tasa de descuento de 6%

Dado que el valor capital depende no solamente del esfuerzo y de su efecto en el rendimiento potencial del recurso, sino también de los cambios e incrementos en los precios y costos, cada año es necesario un revaloración. No se incluye la ganancia o pérdida de capital como resultado de cambios en los precios en la estimación de la apreciación o depreciación del recurso, sino por el contrario esta se incluye en lo que se llama la revaluación¹⁸. La

depreciación durante un año, D_t , se calculó como la diferencia entre el valor del capital con el esfuerzo del año t , menos el valor del capital con el esfuerzo de año $t-1$, todos estimados con precios del año t . O sea,

$$D_t = A(f_{t-1}, P_t) - A(f_t, P_t),$$

en que $A(f_t, P_t)$ es el valor del activo en el año t como función del esfuerzo y los precios del año t . Como se presenta en el Cuadro IV-9, según el cálculo de la apreciación anual, el recurso está revaluado anualmente para obtener el valor inicial en el año $t+1$.

CUADRO IV-9

DEPRECIACION DEL RECURSO PESQUERO EN EL GOLFO DE NICOYA (todos valores en miles de US\$ de 1984)

	(A)	(B)	(C)	(D)
Biomasa	Valor	Apreciación	Valor	Revaluación
Estimada*	Valor	Apreciación	Valor	($A(f_t, P_{t+1})$)
Año	Inicial	(Depreciación)	Final**	menos (C)
1970	4,931.5		24,593	-33
1971	4,941.7	-130	24,430	112
1972	4,954.3	-160	24,381	317
1973	4,962.0	-102	24,597	266
1974	4,951.1	145	25,008	235
1975	4,923.5	369	25,611	-140
1976	4,866.9	736	26,207	-129
1977	4,747.8	1,466	27,545	-379
1978	4,516.6	2,505	29,670	-78
1979	4,286.9	2,092	31,685	-908
1980	3,627.9	3,107	33,884	581
1981	3,125.9	-146	34,319	-1,412
1982	2,652.8	-2,224	30,683	-5,998
1983	2,447.9	-1,874	22,811	3,147
1984	2,157.2	-3,720	22,238	1,070
1985	1,823.1	-6,137	17,171	4,194
1986	1,490.4	-8,676	12,690	8,613
1987	1,151.7	-12,616	8,686	506
1988	859.8	-14,592	-5,400	

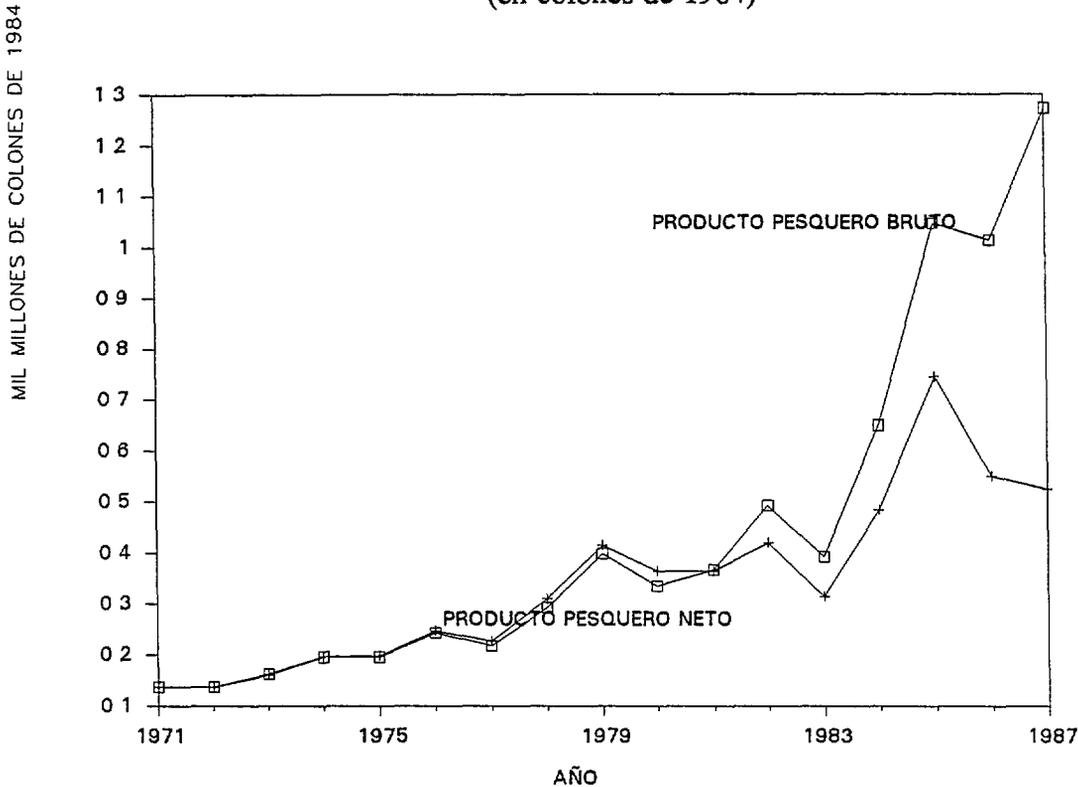
* Tomado del Anexo IV-3

** Tomado del Cuadro IV-8

FIGURA IV-8

**PRODUCTO PESQUERO BRUTO Y NETO
DE LA DEPRECIACION DEL RECURSO
PESQUERO DEL GOLFO DE NICOYA**

(en colones de 1984)



4 Implicaciones en el manejo de los recursos

Segun el cuadro anterior, el recurso pesquero del Golfo de Nicoya actualmente está siendo utilizado mucho más allá de su optimo económico. Las rentas óptimas posibles del recurso fueron generadas en 1980 ó 1981 cuando el esfuerzo pesquero era menor de 4,000 Lancha-kw's y la biomasa era cerca de 3 millones de toneladas. El nivel de esfuerzo actual es de tres a cuatro veces mayor que el nivel óptimo, de manera que un programa de conservación de pesca podría actualmente conducir a un aumento en la producción pesquera y su valor economico. Se estima que en 1988 las rentas eran negativas, indicando que el mantenimiento de los ingresos bajos actuales, va a ser difícil de superar pronto.

Aunque la depreciación pesquera no es un componente sustancial en las cuentas nacionales, cuando es vista en una base sectorial, es bastante significativa. Sustrayendo la depreciación de la pesquería del Golfo de Nicoya calculada aquí, se encuentra que el crecimiento del producto bruto pesquero durante los años 80 aparentemente ha sido a costo de la productividad de largo plazo. El producto pesquero neto, entonces, provee un vistazo dramáticamente diferente al crecimiento económico en el sector pesquero y permitiría a los que toman las decisiones, una perspectiva más realista del crecimiento sectorial.

¹ Una excepción importante es la flota de sardina que se desarrollo rápidamente en los primeros años de los 70 pero que cerro casi por completo al final de la década

² Este análisis se presenta con mayor detalle en el anexo IV-

³ Ver, por ejemplo, Estrategia de Conservacion para el Desarrollo Sostenible de Costa Rica, MIRENEM, 1990

⁴ Un análisis de la relación entre el area de manglar y la producción de camarones se presenta en el informe del sector de Recursos Costeros de este estudio

⁵ Ver Pauly (1980 p 34) para una explicación de varios modelos En este modelo sencillo se asume en forma implícita que las condiciones biologicas y ambientales de la pesqueria no cambian durante el periodo

⁶ La renta es igual a los ingresos totales menos el costo total incluyendo la ganancia de capital a un determinado punto Se deberia valorar los costos de mano de obra en el análisis de cuentas de Recursos Naturales al nivel del costo de oportunidad, así como los salarios en exceso del precio sombra son equivalentes a las rentas atribuibles al recurso

⁷ Andrés Gómez-Lobo (1990) utiliza una valoracion bruta del precio de los cambios en la biomasa de dos especies de pez en Chile, para calcular aproximadamente la depreciación del recurso pesquero Mientras, deberia considerar las limitaciones mencionadas para utilizar esfuerzos de biomasa, contrario a las de estimaciones de capturas, queda muy claro que no existe solo un método verdadero para la determinacion de la depreciación pesquera

⁸ En 1878, como se menciona en el Diagnóstico del Sector Pesquero de Costa Rica, NORAD/FAO/OLDEPESCA, 1990, p 76

⁹ Promedio para 1986 y 1987 basado en datos no publicados de la Direccion General de Recursos Pesqueros y Acuicultura

¹⁰ Comunicación personal, Fernando Viquez, DGRP

¹¹ Porque a los botes de más de 10 metros de largo, no se les permite operar en el interior del Golfo, estos botes fueron excluidos del calculo aproximado de esfuerzo Un ajuste adicional en los datos brutos fue necesario para eliminar aquellas embarcaciones que tenían nombres y características idénticas Estos ajustes se reflejan en ambos valores en el Cuadro IV-

¹² En este caso, la eficiencia se define como la cosecha por día-kw

13 Para explicación con más detalle de las ecuaciones aquí utilizadas ver Pauly (1980) u otros textos sobre el tema

14 $R^2 = 0.854$ Error estándar = 0.0000257

15 Comunicación personal con Pablo Acevedo Ruíz, Dirección de Pesca, Puntarenas, Pedro Mendoza, Cámara de Pescadores Artesanales, y Gilbert Brenes León, Coopeimpesa, una cooperativa de suministros pesqueros

16 Una tasa de interés real de 6% se utilizó en todo el estudio. La justificación de esta tasa se presenta en el capítulo de Cuentas Forestales

17 Calculado del censo de población de 1984 utilizando los niveles de desempleo en los cantones alrededor del Golfo de Nicoya (en Puntarenas el Cantón Central y Esparza, y en Guanacaste Nicoya, Abangares y Nandayure) donde el desempleo registrado alcanzó 10.9% comparado con la tasa nacional de 7.1%

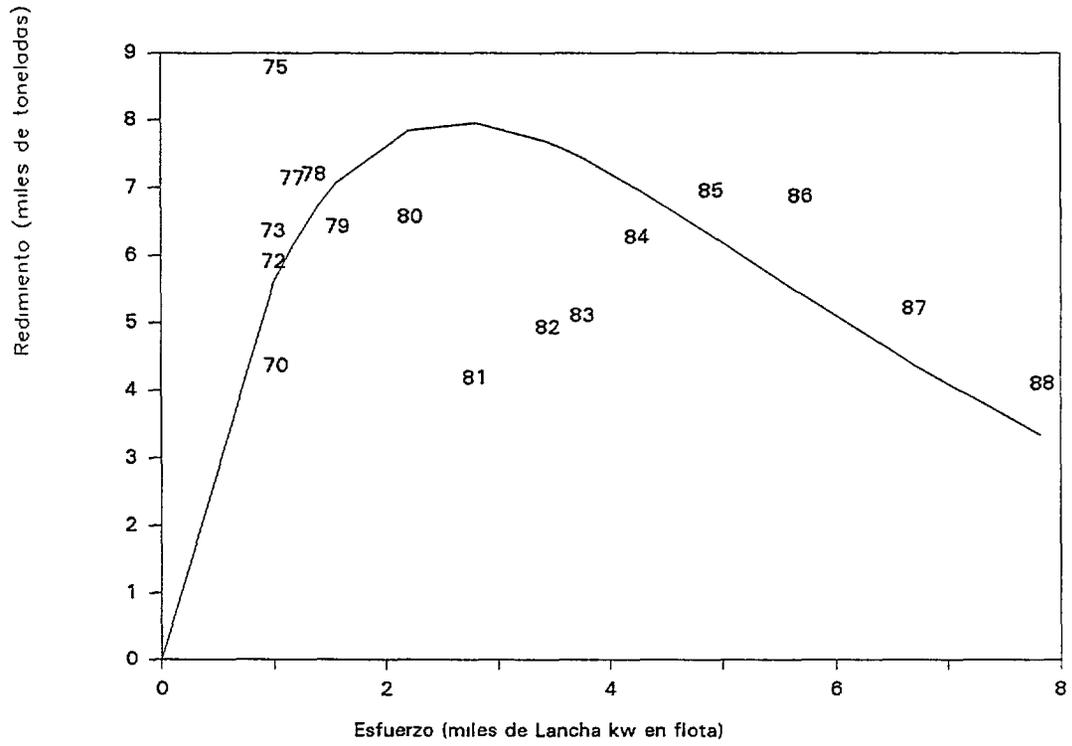
18 Como en la sección forestal de Repetto, et al., 1989

**ESPECIES PRINCIPALES Y CATEGORIA
COMERCIAL DE LA PESQUERIA COSTARRICENSE
DE LA COSTA PACIFICA**

<u>Nombre Científico</u>	<u>Nombre Común</u>	<u>Categoría Comercial</u>	<u>Característico</u>
Carcharhinus spp	Cazon	Cazón	Demersal
Sphyrna spp	Cornuda	Porta	Demersal
Hildebrandia nites	Congrio	Clasificado	Demersal
Opisthonema spp	Sardina	Sardina	Demersal
Anchoa spp	Anchoas	Sardina	Demersal
Centropomus spp	Robalo	Primera	Demersal
Epinephelus spp	Cabrilla	Cabrilla	Demersal
Paralabrax spp	Cabrilla	Cabrilla	Demersal
Diplectrum spp	Meros	Primera	Demersal
Caranx spp	Jurel	Segunda	Demersal
Selene spp	Palometa	Segunda	Demersal
Mematistius Pectoralis	Gallo	Segunda	Demersal
Coryphaena hyppurus	Dorado	Primera	Demersal
Lutjanus spp	Pargos	Primera	Demersal
Cynoscion spp	Corvina	Primera	Demersal
Micropogonias altipinnis	Corvina Agria	Primera	Demersal
Larimus spp	Corvina ñata	Primera	Demersal
Mugil curema	Lisa	Segunda	Demersal
Scomberomorus spp	Macarela	Clasificado	Demersal
Thunnus spp	Atun	Primera	Pelagic
Citharichthys spp	Lenguado	Clasificado	Bentonic
Achirus spp	Lenguado	Clasificado	Bentonic
Symphurus spp	Lenguado	Clasificado	Bentonic

191
ANEXO IV-2

**ESTIMADO RENDIMIENTO
SOSTENIBLE PARA TODA LA
PESQUERIA DEL GOLFO DE NICOYA**



ESTIMACIONES DE BIOMASA PESQUERA

El problema básico de la contabilidad del recurso pesquero es determinar la pérdida económica asociada con los cambios en la biomasa, B , de la pesquería estudiada utilizando datos de captura y esfuerzo. Si la actividad pesquera permanece constante con un nivel particular de B , la actividad pesquera podría generar indefinidamente un flujo de rentas, definido como el total de ingresos menos el total de los costos. Este flujo, descontado adecuadamente es el valor presente de la actividad pesquera. Si en algún año B declina debido a un aumento de f , el flujo de rentas podría también declinar llevándolo hacia un valor presente menor. La diferencia entre los dos valores presentes es la pérdida asociada con la depreciación del activo B .

Así como la estructura contable requiere que seamos capaces de determinar como la población pesquera esta declinando sobre un período de tiempo dado. Ya que se tiene series de datos solamente de capturas, Y , y esfuerzo, f , el método utilizado para estimar la biomasa B fue a través de las relaciones entre Y/f y f , para luego determinar el nivel de B .

Son utilizadas las siguiente notaciones Y = Captura, F = mortalidad pesquera = qf , B = Biomasa, f = Esfuerzo pesquero

Usando el modelo de Fox, se hizo una regresión de Y/f en f

$$\ln(Y/f) = b_0 + b_1 f, \text{ estimando entonces } b_0 \text{ y } b_1$$

Ahora Y/f es proporcional a B dado que $B = Y/F$, y Y/F es proporcional a Y/f

Así,

$$Y/f = qB$$

$$\ln Y/f = \ln q + \ln B = b_0 + b_1 f$$

$$\ln B = b_0 + b_1 f - \ln q$$

En esta última ecuación, solo q es desconocida en el lado derecho, por eso se usaron estimaciones de 1979 y 1982 de biomasa de corvina tomado de un estudio de 1985 realizado por Eduardo Madrigal (además de su mejor cálculo que indicaba que en esos años la captura de

la corvina era de 35-55% del total de la actividad pesquera), para sustituir por $\ln B$ y determinar un rango de posibles coeficientes q . Con estas estimaciones q , un rango de estimaciones de biomasa fué entonces generado para 1970 - 1988 (Cuadro IV-A-1)

CUADRO IV-A-1

DERIVACION DE LOS ESTIMADOS DE LA BIOMASA

	1979	1982	Pro medio
Biomasa de Corvina*	1,153.8	983 5	568 7
Assunciones con respecto al % de la biomasa total representado por la Corvina (thousand metric tons)			
Asunción 1	35%	35%	
Asunción 2	55%	55%	
Estimados de la Biomasa Total			
Asunción 1	3,296 6	2810 0	
Asunción 2	2,097 8	1,788 2	
Valor del factor q que resulta			
Asunción 1	$3.96 \cdot 10^{-4}$	$2.42 \cdot 10^{-4}$	$3.19 \cdot 10^{-4}$
Asunción 2	$6.23 \cdot 10^{-4}$	$3.81 \cdot 10^{-4}$	$5.02 \cdot 10^{-4}$

* DeMadrigal (1985)

**ESTIMADOS DE LA BIOMASA DEL GOLFO DE NICOYA
SUPONIENDO QUE LA CORVINA REPRESENTA DIFERENTES
PORCENTAJES DE LA BIOMASA TOTAL**

<u>YEAR</u>	Esfuerzo		Rendimientos	
	<u>pro</u>	<u>medio</u>	<u>Sostenibles</u>	
			35%	55%
			<u>Biomasa 1</u>	<u>Biomasa 2</u>
1970	1,009		4,931,480	3,138,214
1971	1,001		4,941,745	3,144,747
1972	991		4,954,269	3,152,717
1973	985		4,962,032	3,157,657
1974	993		4,951,123	3,150,715
1975	1,015		4,923,538	3,133,161
1976	1,060		4,866,885	3,097,109
1977	1,157		4,747,776	3,021,312
1978	1,352		4,516,596	2,874,198
1979	1,556		4,286,932	2,728,048
1980	2,208		3,627,899	2,308,663
1981	2,790		3,125,892	1,989,204
1982	3,431		2,652,775	1,688,130
1983	3,744		2,447,952	1,557,788
1984	4,238		2,157,244	1,372,792
1985	4,896		1,823,100	1,160,155
1986	5,683		1,490,376	948,421
1987	6,689		1,151,728	732,918
1988	7,831		859,824	547,161

195
ANEXO IV-4

**COSTOS DE OPERACION
DE BARCOS EN EL GOLFO DE NICOYA**

Suministro	Pescadores por bote	Gasolina (Gal/Día)	Diesel (Gal/Día)	Aceite motor (Lt/Mes)
Bote sin motor	1 5			
Pangas	2 2	5 8		
Lanchas	3 0		6 4	0 875
Costo unidad (1990)	480	150	150	400
Indice usado	Salario mín	Combust.	Combust	Combust

Suministro	Hielo (Bks/día)	Inversión bote	Vida útil	Mantenim (bote/días/año)
Bote sin motor		35,000	10	10 0
Pangas		145,000	6	13 3
Lanchas	2	261,667	9	13 3
Costo Unidad (1990)	150			480
Indice Usado	General	Materiales de construcción		Salario Mín

Suministros	Mantenimiento de Bote Pintura (Gal/Año)	Mano de obra pag (¢/Año)	Redes (Tres)	Vida útil
Bote sin motor	1 9	2,500	97,500	1 5
Pangas	3 3	7,000	83,700	1 5
Lanchas	6 3	10,000	83,700	1 5
Costo unidad (1990)	5,000			
Indice usado	General	Salario mín		General

Suministro	Repar red (Días/Año)	Repar red materiales	Repar red Mano de obra pagada
Bote sin motor	18 0	36,000	36,000
Pangas	41 2	36,000	25,000
Lanchas	57 0	36,000	25,000
Costo unidad (1990)	480		
Indice usado	Salario mín	General	Salario mín

Basado en encuestas de Pablo Acevedo Ruíz, DGRP Puntarenas, Pedro Mendoza, Cámara de Pescadores Artesanales, y Gilbert Brenes León, COOPEIMPESA, una cooperativa de suministros pesqueros

VALORACION DEL RECURSO SARDINA EN COSTA RICA

A Estimación del Crecimiento Máximo Sostenido

Idealmente, los recursos pesqueros deberían ser analizados a un nivel más detallado, evaluando la función de rendimiento de cada especie utilizada. Así, el número de asunciones biológicas implícitas en analizar una pesquería multi-especie podrían ser reducidas significativamente. Además, el análisis de clases específicas permitiría a los ministerios diseñar sus políticas para la maximización del valor de cada grupo comercial independientemente y como resultado del valor de la pesquería en su totalidad.

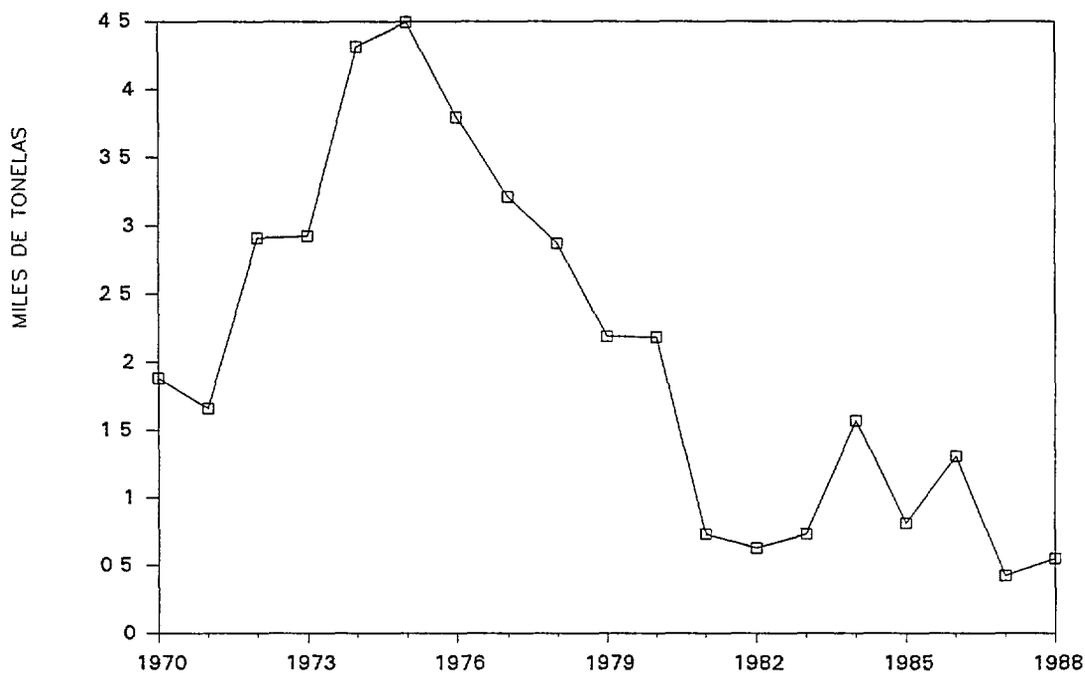
Lamentablemente, el análisis detallado de cada especie es un proceso incómodo e intensivo de datos, difícil de lograr en el contexto de un país en desarrollo. En Costa Rica, la captura de sardinas (*Opisthonema Spp*) en el Golfo de Nicoya fue analizado en detalle por Stevenson y Carranza (1981). Utilizando ambos un modelo lineal de exceso de producción y un modelo exponencial anteriormente utilizado para la captura demersal, los autores calcularon aproximadamente la curva de rendimiento para sardinas en el Golfo de Nicoya para el período 1968 a 1979.

Las sardinas representaron una parte mayor de la industria pesquera costarricense durante los años 70. De 1972 a 1979 las sardinas representaron el 40.6% del volumen total capturado, y 12.9% del ingreso nacional. Sin embargo, como se ve en la Figura IV-A-1 las capturas totales declinaron rápidamente al final de los años 70, aún antes del cambio de las condiciones económicas fundamentales de la industria que ocurrieron cuando el Mercado Comun Centroamericano colapso. Entre 1968 y 1979 la industria sardinera del país demuestra dos tendencias muy fuertes. En la primera mitad de la década la flota de sardina se amplió

rápidamente sobre un recurso limitado. Luego, cuando todos los participantes en la industria empezaron a experimentar pérdidas, la flota se contrajo violentamente a partir de 1977¹

FIGURE IV-A-1

PRODUCCION DE SARDINAS EN EL GOLFO DE NICOYA



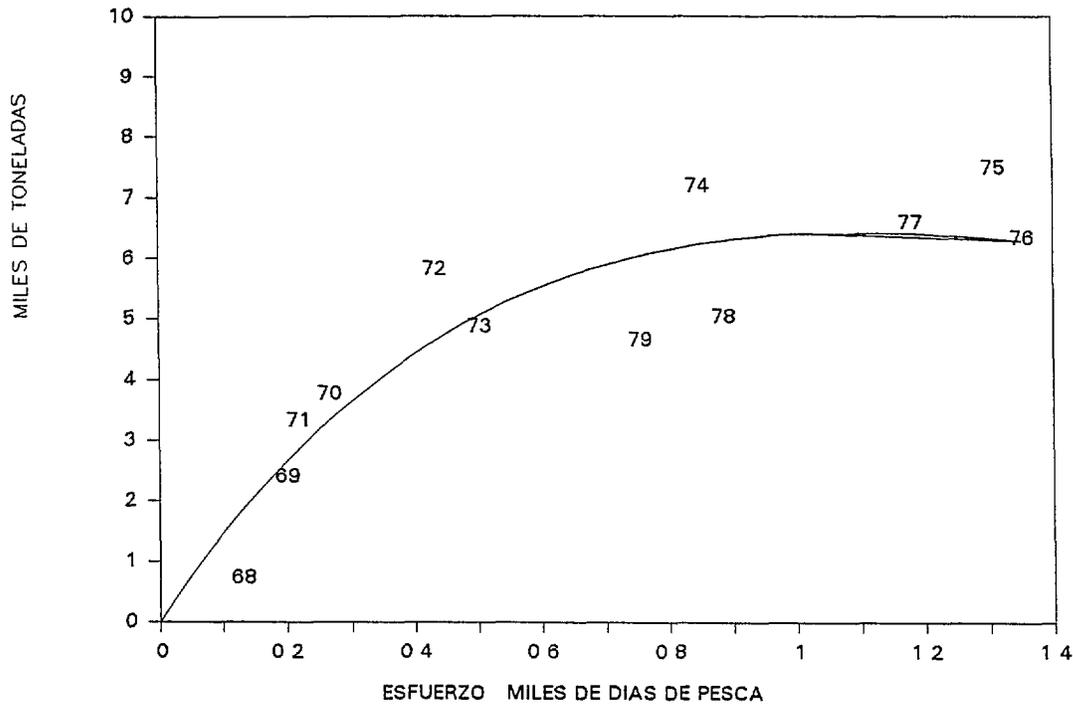
Stevenson y Carranza calcularon esfuerzo y rendimiento para la flota de sardina basándose en los recibos de embarcaciones que vendieron su producto a los empacadores de Puntarenas. Se utilizó el número de días en el mar como indicador de esfuerzo básico. Luego se aumentó gradualmente esta variable para tomar en cuenta un mayor número de días de 12 horas desde 1974, cuando los rendimientos por unidad de esfuerzo empezaron a declinar.

¹ Comunicación personal con Jaime Basadre, Sardimar, S A , y Stuart Hagel, Tesoro del Mar

FIGURA IV-A-2

RENDIMIENTOS SOSTENIBLES DE SARDINAS EN EL GOLFO DE NICOYA

(Stevenson y Carranza, 1981)



Utilizando una ecuación exponencial parecida a la usada en el análisis anterior del Golfo de Nicoya, se obtuvo la ecuación

$$Y/f = 15.96 e^{-0.00912 * f}$$

La curva de rendimientos resultante se evidencia en la Figura IV-A-2

B Análisis Económico del Recurso Sardina

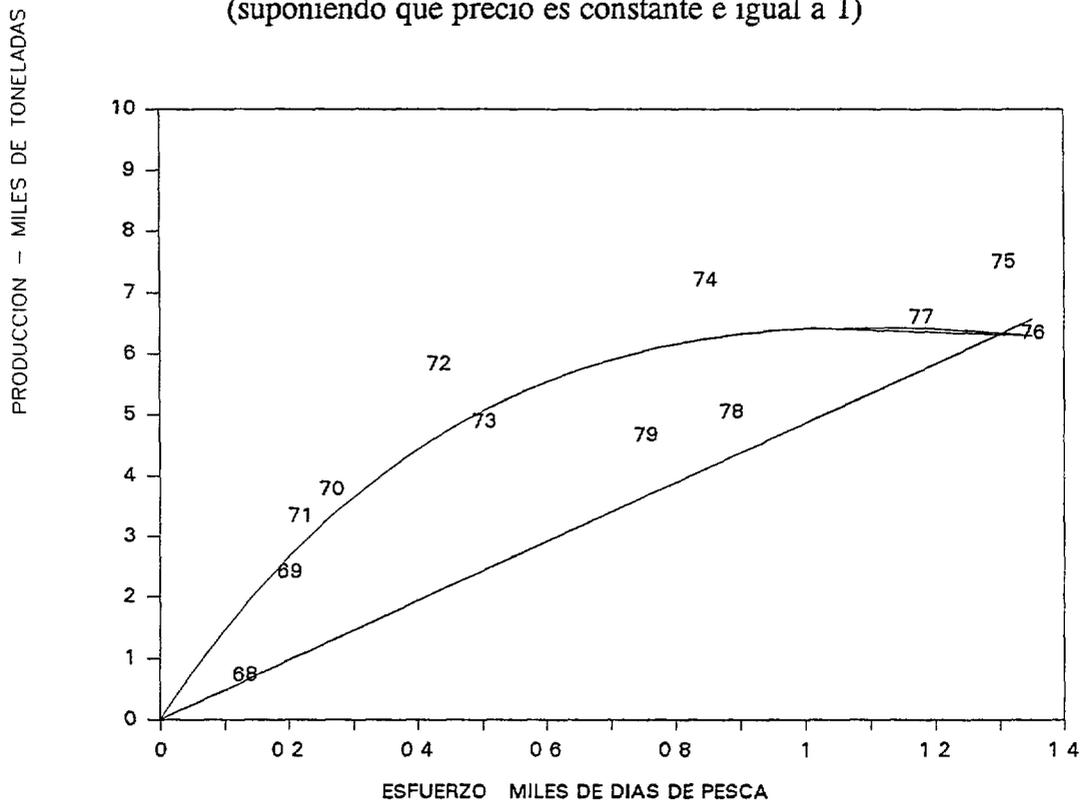
Se hará la interpretación económica de este resultado de manera semejante como con las capturas del Golfo de Nicoya. Datos sobre los costos de operación de la flota de sardina en los 70 no están disponibles. Siguiendo la técnica de Silvestre y Pauly (1987), una curva lineal de costos se calculó asumiendo que la flota de sardina cubrió los gastos aún en 1975, pero que

sufrió pérdidas en 1976. Debido al hecho de que niveles de esfuerzo disminuyeron a partir de 1976, esta asunción parece ser válida. Para hacer más sencillo el análisis, la curva económica (Figura IV-A-3) se presenta en toneladas de producción total. El valor del capital, entonces, es igual al precio del mercado de producción sobrante, es decir la distancia vertical entre la curva de ingresos y la curva de costos.

FIGURA IV-A-3

INGRESOS SOSTENIBLES Y COSTOS DE OPERACION DE LA INDUSTRIA SARDINERA

(suponiendo que precio es constante e igual a 1)



En el caso de sardinas se da una relación directa entre el beneficio registrado en las cuentas de depreciación y contracciones en el esfuerzo. El Cuadro IV-A-1 muestra que la expansión en la flota entre 1968 y 1973 aumentó el valor potencial del capital. Cuando la flota continuó creciendo, comportándose de acuerdo con el modelo clásico de propiedad común, las

rentas se disiparon y el valor del capital declinó. Cuando el capital logró valores negativos en 1976, y la flota empezó declinar, el valor del capital otra vez creció o aumento su valor en cuanto las posibilidades para rentas económicas volvieron a subir.

CUADRO IV-A-1
DEPRECIACION DEL RECURSO SARDINA
EN GOLFO DE NICOYA 1968 - 1979

	<u>M i l e s d e U S \$ 1 9 8 4</u>					
	Excedente*	Precio** por tonelada	Valor del Excedente	Valor del Capital	Apreciación (Depreciación)	Revalu- ación
1968	1,211 2	82 9	100 4	1,674		
1969	1,688 0	99.1	167 2	2,787	1,106	8
1970	2,029 1	111 2	225 6	3,760	968	4
1971	1,787 1	117 3	209 5	3,492	(266)	(1)
1972	2,548 8	117 3	298 8	4,981	1,489	(0)
1973	2,629 0	173 6	456 4	7,606	2,621	5
1974	2,137 6	181 2	387 3	6,456	(1,147)	(4)
1975	0 0	383 9	0 0	0	(6,022)	(433)
1976	(269 4)	351 2	(94 6)	(1,577)	(1,586)	9
1977	707 6	396 4	280 5	4,675	6,208	44
1978	2,004 8	239 6	480 4	8,006	3,534	(203)
1979	2,388 8	275 5	658 1	10,968	2,948	14

* Toneladas de producto en exceso de los que eran necesarios para cubrir costos, asumiendo costos lineales y que el recurso no produjo utilidad sostenible en 1975 y produjo pérdidas en 1976

** Precio pagado en el puerto basado en datos no publicados, DGRP. Convertido a colones 1984, usando el índice de precios al por mayor. Convertido en US\$ 1984 al tipo de cambio de ₡44 53/\$1

*** Asumiendo una tasa de descuento de 6%

Fuente: Cálculos basados en análisis físico por Stevenson y Carranza, 1981

En el modelo sardina se ve el potencial del modelo de evaluación del capital propuesto. Una política que limitara el crecimiento de la flota de sardina para maximizar las rentas, hubiera sido ventajosa a largo plazo y hubiera evitado el colapso del recurso. Si la contabilidad del recurso hubiera sido posible, el fallo de control sobre el crecimiento del sector en la mitad de los años 70, hubiera sido contabilizado como depreciación del recurso,

emitiendo un mensaje claro a los que toman las decisiones, de que el recurso había sido sobre utilizado. En lugar de eso, las pérdidas significativas fueron anotadas como inversiones de capital utilizadas no apropiadamente, como pérdidas de empleo y disminuciones de los ingresos de exportación.

BIBLIOGRAFIA

- FOX, W W "An exponential surplus-yield model for optimizing exploited fish populations
Trans Am Fish Soc 99(1) 80-88, 1970
- GOMEZ-LOBO, ANDRES "Desarrollo Sustentable del sector pesquero chileno en los años
80" informe no publicado, Corporación de Investigaciones Económicas para
Latinoamerica" 1990
- MADRIGAL ABARCA, EDUARDO Dinámica pesquera de tres especies de sciaenidae
(corvinas en el Golfo de Nicoya, Costa Rica Tesis Magister Scientiae San José,
Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Facultad de Biología, 1985
- MAG (MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA), Oficina Regional de Pesca de
Puntarenas 1989, Censo sobre embarcaciones, pescadores y artes de pesca
- NORAD/FAO/OLDEPESCA, Diagnostico del Sector Pesquero de Costa Rica, 1990
- PAULY, D A Selection of simple Methods for the Assessment of Tropical Fish Stocks, FAO,
Roma, 1980
- SILVESTRE, GERONIMO AND DANIEL PAULY, "Estimate of Yield and Economic Rent
from Philippine Demersal Stocks (1946-1984) Using Vessel Horsepower as an Index
Of Fishing Effort" U P V Fish J Vol 1 no 2 July -December 1985, Vol 2 nos 1-2
1986 and Vol 3 no 1-2 1987
- STEVENSON, DAVID AND FRANCISCO CARRANZA, "Maximum Yield Estimates for
the Pacific Thread Herring, *Opisthonema Spp* Fishery in Costa Rica", Fishery
Bulletin Vol 79
- VILLALOBOS, C R , H NANNE, O VARELA Y A PACHECO Diagnostico tecnologico
del subsector pesca u acuicultura de Costa Rica CONOCIT 393 p 1984

V RECURSOS COSTEROS

A Resumen General de los Recursos Costeros, de Costa Rica

Costa Rica posee alrededor de 1200 km de línea costera en el Pacífico y 250 Km en el Caribe. Debido a una mayor densidad poblacional, la costa Pacífica ha sido sometida a una mayor explotación de los recursos costeros, siendo el manglar uno de los más importantes de estos recursos. Con una extensión cercana a las 40,000 has los manglares ocupan alrededor del 35% de la línea de costa en el litoral Pacífico de Costa Rica.

CUADRO V-1

AREA APROXIMADA DE LAS PRINCIPALES FORMACIONES DE MANGLAR EN LA COSTA PACIFICA DE COSTA RICA - 1989 *

<u>FORMACION</u>	<u>Area (Has)</u>
Tamarindo	400
Golfo de Nicoya	15,173 **
Coto Colorado	875
Damas/Palo Seco	2,312
Sierpe/Terraba	17,737
Otras Areas	4,792
<u>TOTAL</u>	41,289has

* Fuente J A Jiménez (1990)

** Datos de este estudio

La alta tasa de deforestación en la planicie costera, ha determinado que en muchas zonas los manglares se hayan convertido en el único remanente de cobertura boscosa. Debido a su alta productividad, estos bosques proveen directa e indirectamente, una gran variedad de

productos y sub-productos a los pobladores locales. La mayor parte de la pesca artesanal y semi-comercial del país depende indirectamente de los bosques de manglar. Esta dependencia resulta de una compleja red alimenticia, en la cual se incluyen especies costeras tales como las pianguas, chuchecas, pargos, corvinas, camarones, lisas y muchas otras especies de interés comercial. Además, los manglares producen carbón y corteza como productos directos del bosque.

Los beneficios económicos indirectos que estos ecosistemas proveen a la zona costera, tales como la oxidación de aguas negras, la retención de sedimentos y la prevención de erosión en la zona costera pueden ser afectados por la degradación de estos bosques. Si estos servicios tuvieran que ser suministrados por otras fuentes requerirían de considerables cantidades de energía, tecnología y dinero.

B Cuentas físicas de los Manglares del Golfo de Nicoya

1. Características Físicas del Manglar

El Golfo de Nicoya (10° N, 85° O), posee una longitud cercana a los 80 km y un ancho máximo en su boca de 55 Km. Convencionalmente ha sido dividido en una zona interna y otra externa utilizando como límite entre estas dos zonas un estrecho situado entre la Isla San Lucas y la Península de Puntarenas. Su parte interna, somera y protegida del oleaje, está caracterizada por ambientes sedimentarios limo-arcillosos que representan un ambiente muy favorable para el establecimiento de extensas zonas de manglar. En esta zona, particularmente, donde la geomorfología adyacente produce una continua planicie costera, los bosques de manglar dominan casi totalmente la línea de costa.

La parte externa del Golfo está caracterizada por la presencia de zonas rocosas y acantilados separados por playas arenosas. Estos tipos de ambientes son poco aptos para el establecimiento de manglares. Los manglares están representados por unidades aisladas localizadas en la desembocadura de los ríos que han formado un pequeño valle de río inundado (Jesus Maria, Tárcoles, Paquera).

En el interior del Golfo de Nicoya, entre Bahía Ballena y Bahía Herradura (263 Km), los manglares ocupan 112 Km (42.6%) de la línea costera. Estos ecosistemas representan sin duda, desde el punto de vista ecológico y económico el elemento costero más importante en el Golfo, y por ello fueron escogidos como estudio de caso en esta investigación.

Los manglares del Golfo de Nicoya comparten la historia biogeográfica y las características estructurales de la mayor parte de los manglares de la costa Pacífica de Centro América. Estos manglares tienen una diversidad alta debido a esa historia (Jiménez 1984), así como a las condiciones climáticas e hidrológicas que imperan en la región (Jimenez y Soto, 1985).

La costa norte del pacífico centroamericano, incluyendo el Golfo de Nicoya, muestra una reducción pluvial con precipitaciones menores de 1800 mm/año, distribuidas principalmente entre mayo y noviembre. Como un resultado de este patrón climático, las salinidades del suelo en el bosque se incrementan tierra adentro, la frecuencia y cantidad de la inundación mareal se reduce y la acumulación de sal se incrementa por evapotranspiración. Estos manglares de clima seco muestran, en promedio, un desarrollo estructural más bajo que los manglares de las zonas lluviosas. Las áreas basales fluctúan entre 4 y 30 m²/ha, con alturas que rara vez sobrepasan los 20 m (Jiménez y Soto, 1985, Jiménez, 1990). Los géneros Rhizophora y Avicennia dominan claramente estos bosques.

Desde el punto de vista climático el Golfo de Nicoya puede ser dividido en una sección interna y otra externa. Dentro de la sección interna la precipitación varía entre 1500 mm y 1700 mm por año, con una clara estacionalidad en su distribución. De mayo a noviembre se observa una estación lluviosa seguida de un período (diciembre - abril) de secas, donde la precipitación es prácticamente nula. Esto afecta negativamente los manglares haciendo que existan extensas áreas de salitrales naturales donde la evaporación del agua de mar ha acumulado sal en los suelos en niveles intolerables para la vegetación.

Como resultado del régimen de precipitación las cuencas hidrográficas asociadas a estos manglares, especialmente en el margen occidental del Golfo, son de caudal estacional. Las

fluctuaciones en la descarga de ríos, quebradas y en el mismo flujo laminar superficial, producen un comportamiento estacional en la salinidad del suelo del manglar, que afecta el crecimiento de los árboles y la fenología reproductiva del bosque. Como resultado la mayor parte de los manglares en esta zona son achaparrados, de escaso desarrollo estructural, con dominio de especies adaptadas a condiciones de alta salinidad (Jiménez, 1990)

Las mismas condiciones prevalecen en la mayor parte del margen oriental del Golfo, con excepción de los alrededores de la Península de Puntarenas, los ríos Naranjo, Aranjuez y Guacimal, que drenan áreas altamente lluviosas, y tienen fluctuaciones menores en su caudal. Como consecuencia, los manglares son más desarrollados y no están acompañados de salitrales observados en otras zonas del Golfo.

La parte externa del Golfo, comprende la zona al sur de Paquera en el margen occidental y al sur de Mata de Limón en la margen oriental y posee un clima menos severo. La precipitación varía entre 1800 y 3000 mm, mostrando una reducción en su estacionalidad y, por lo tanto, el desarrollo estructural y la diversidad florística es mayor.

El efecto de la escorrentía en la estructura de los bosques se refleja en una gran variabilidad estructural y funcional dentro y entre sitios. Como un resultado de los gradientes de salinidad (35-300 partes por mil, ppm), estos bosques exhiben grandes diferencias en su desarrollo estructural dentro del mismo bosque, hay una reducción en altura y área basal con respecto a la distancia de los canales. Si las condiciones son severas se producen extensos salitrales en la margen interna del bosque.

El drenaje y la infiltración desde colinas cercanas, pueden jugar un importante papel en la disminución de salinidades dentro de los salitrales. Áreas expuestas a esta infiltración usualmente muestran una banda estrecha de árboles de Avicennia y Laguncularia rodeando la margen interna del salitral.

Cambios significativos en el desarrollo estructural pueden también ser observados entre manglares de clima seco que crecen bajo diferentes condiciones hidrológicas. Bosques de clima seco bajo la influencia de ríos no estacionales que drenan cuencas muy lluviosas, muestran

características estructurales similares a aquellas de manglares de áreas lluviosas. Las secciones internas, alejadas de la influencia del río, muestran un menor desarrollo estructural a menos de que ocurra infiltración. Este tipo de desarrollo puede observarse dentro del Golfo de Nicoya en los manglares de Tivives y la boca del Tempisque (Jimenez, 1990)

Las diferencias ambientales más importantes entre sitios de clima seco, se observan en las secciones internas de los bosques, donde la alta evaporación o la infiltración de agua dulce pueden influir drásticamente las condiciones de crecimiento. La composición de especies y el desarrollo estructural en estas áreas internas pueden diferir substancialmente de sitio a sitio. En bosques donde la escorrentía y la infiltración estacional reducen las condiciones de sequía y alta salinidad, Avicennia germinans (L.) L. es desplazada por Avicennia bicolor Standl (Jiménez, 1988a), que tiene menor tolerancia a la salinidad (Jimenez, 1984). Donde las salinidades del suelo durante la estación seca son menores a las 50 ppm, A bicolor forma rodales casi puros y solo se encuentran individuos aislados de A germinans. Este patrón se invierte en sitios donde la escorrentía y la infiltración están ausentes, y A germinans es la especie dominante.

2 Metodología para las cuentas físicas

Para analizar el cambio en el valor de los manglares, se necesitan estimaciones de la cobertura actual y anterior. Dado que no se contaba con estimados confiables, se necesitó llevar a cabo una estimación para el presente estudio. Para hacer esta estimación, se utilizaron fotos aéreas de la línea de costa entre Bahía Ballena y Bahía Herradura. Para la mayoría de las zonas los años analizados fueron en 1965 y 1989, aunque para algunos sectores solo se dispuso de fotos para 1964 y 1979 o 1965 y 1985.

Las áreas de manglar fueron analizadas y mapeadas a escala 1:25000. Cada zona fue dividida en estratos de acuerdo a su composición (determinada a nivel de género) y su altura. Posteriormente se calcularon los cambios en área total y por estratos entre 1964 y 1989. Debido a la extensión de la zona, la comprobación de campo se limitó a las áreas de Tivives,

Jicaral, Estero Pitahaya y Punta Morales Para calcular los cambios en volumen de los estratos se utilizaron los estimados del cuadro V-2

CUADRO V-2

**ESTIMADOS DE VOLUMENES DE MADERA SEGUN ESTRATO
PARA LOS MANGLARES DEL GOLFO DE NICOYA**

	Volumen	Crecimiento
	m^3/ha^*	$\text{m}^3/\text{ha}/\text{año}^{**}$
<u>Rhizophora</u> alto	90 7	5
<u>Rhizophora</u> medio	45 2	3
<u>Rhizophora</u> bajo	8 9	2
<u>Avicennia</u> alto	170 0	8
<u>Avicennia</u> medio	41 6	5
<u>Avicennia</u> bajo	7 0	3
Mixto alto	72 4	***
Mixto medio	39 8	***
Mixto bajo	10 4	***

* Basado en datos de Jiménez (1988, 1990) y COHDEFOR en el Golfo de Fonseca (1987)
Los volúmenes estimados para los manglares corresponden a los de bosques no manejados técnicamente

** Crecimiento refiere a las tasas de crecimiento que se esperaría de manglar manejado
(fuente J Jimenez, comunicación personal, octubre, 1990)

*** No conocida

El volumen para los rodales dominados por Avicennia se calculó a partir de la fórmula

$$\log_{10} \text{ vol} = -4.4267 + 1.15748 \ln x,$$

y para rodales dominados por Rhizophora con la fórmula

$$\ln \text{ vol} = -0.89139 + 2.49076 \ln x$$

dónde x es el diámetro (d a p) del árbol (fuente Calculado de datos de COHDEFOR)

3 Resultados Cuentas físicas,

a Superficie Actual

La superficie en 1989 de manglares dentro del Golfo de Nicoya totaliza 15,173 6 has Asociados a estos bosque se encuentran 976 7 has de estanques (camaroneras y salineras) y 583 17 has de salitrales naturales Esta superficie supera substancialmente las 13,011 has previamente estimadas para esta region (Jimenez, 1990, p 184) La cobertura total de manglares en el Golfo de Nicoya es sólo superada en la costa Pacífica por la superficie de los manglares del Térraba-Sierpe (ver cuadro V-1)

Como resultado del clima seco bajo el que crecen, los manglares del Golfo están dominados por estratos de mediana altura de Rhizophora y por estratos bajos de Avicennia El área de estanques (976 69 has) está concentrada en la zona de Jicaral, estero Culebra y Chomes donde existe fácil acceso a carreteras

El volumen actual en los manglares del Golfo es de 557,050 8 m³ A este total aportan en mayor proporción los estratos de Rhizophora y los estratos mezclados con alturas medias

La cobertura actual de manglares está afectada por los patrones climaticos e hidrologicos previamente descritos La mayor area se encuentra en la parte interna del Golfo Dentro de esta zona, la unidad de mayor extension es la sección que se extiende ininterrumpidamente entre Chacarita y Punta Morales que tiene 3116 has de bosques Esta zona posee ademas 368 has de estanques, mayormente camaroneras concentradas en el area de Chomes

CUADRO V-3

COBERTURA Y VOLUMENES ACTUALES PARA LOS MANGLARES Y AREAS ASOCIADAS EN EL GOLFO DE NICOYA 1989

ESTRATO	EXTENSION (Has)	VOLUMEN (M ³)
<u>Rhizophora</u> alto	1,478 05	134,059 1
<u>Rhizophora</u> medio	4,052 13	183,156 3
<u>Rhizophora</u> bajo	978 95	8,751 8
<u>Avicennia</u> alto	353 94	60,169 8
<u>Avicennia</u> medio	952.66	39,630 6
<u>Avicennia</u> bajo	3,464 19	24,353 2
Mixto alto	214 27	15,513 1
Mixto medio	1,807 82	71,951 2
Mixto bajo	1,871 68	19,465 5
Total	<u>15,173 64</u>	<u>557,050 8</u>
ESTANQUES	976 69	
SALITRALES	583 17	
Area Total	16,733 55	

b Comparación Histórica

En términos de cobertura boscosa total, los cambios entre los años 1964 y 1989 son reducidos. Únicamente el 6.7% de la cobertura boscosa total encontrada en 1964 ha desaparecido en 1989 (1095.9 has). Parte de esta reducción en cobertura ha sido producto de un aumento en el área ocupada por estanques (632.34 has) y una conversión de manglares y salitrales a usos tales como agricultura y urbanización (348.8 has). Se asume que no se ha producido un proceso importante de erosión costera en áreas de manglar.

CUADRO V-4

CAMBIOS OCURRIDOS EN LA SUPERFICIE DE LOS MANGLARES
DEL GOLFO DE NICOYA EN EL PERIODO 1964-1989*

ESTRATO	EXTENSION EN HECTAREAS		
	1964	1989	DIFERENCIA
<u>Rhizophora</u> alto	1,695 65	1,478 05	-217 60
<u>Rhizophora</u> medio	3,910 72	4,052 13	141 41
<u>Rhizophora</u> bajo	1,260 03	978 95	-281.08
<u>Avicennia</u> alto	442.87	353.94	-88.93
<u>Avicennia</u> medio	2,807.21	952.66	-1,854 55
<u>Avicennia</u> bajo	3,334 47	3,464.19	129 72
Mezcla alto	41 53	214 27	172 74
Mezcla medio	1,407 84	1,807 82	399 98
Mezcla bajo	1,369 27	1,871 68	502.41
TOTAL BOSQUE	16,269.59	15,173 69	-1,095 90
ESTANQUES	344 35	976 69	632 34
SALITRALES	468 40	583 17	114 77

* Algunas secciones se basaron en fotografías aéreas de 1979 y 1985

El estrato que ha sufrido un mayor cambio en su extensión, durante el periodo de estudio, es el estrato de Avicennia media, que se ha reducido en 1 8 mil has. Una parte de esta reducción es, probablemente, debida a la construcción de estanques para sal y camarónicas. Se observa, sin embargo, que la mayor parte del cambio se ha dado por el aumento en área de otros estratos, especialmente estratos de mezcla, y en menor grado, Avicennia bajo. Pareciera que estos cambios en composición y altura son producto de procesos naturales (progradación, aumento de nivel de mar, reducción de escorrentía, etc) que actúan en forma distinta en cada zona.

Las áreas más afectadas por la expansión de estanques (salinas y camarónicas) son la sección Chacarita-Punta Morales, de 367 a 368 has, estero Culebra (entre estero Rosas y Abangaritos) 118, la zona de estero Morote, 101 has, y la sección ubicada cerca de isla

Venado, 81 has La sección de Chacarita-Punta Morales es también donde se ubican la mayor parte de los cambios ocurridos por reclamación de manglares para fines agrícolas y urbanísticos

En algunos lugares se ha podido observar un activo proceso de progradación, debido a la colonización de bancos de fango por parte de Rhizophora El mayor aumento de estratos bajos y medios de Rhizophora se ha dado en la desembocadura de los ríos Tempisque y Bebedero (400 has), lo que hace suponer que la descarga sedimentaria de estos ríos es alta

En términos de volumen se observa la pérdida de un total de 73 562 m³, como resultado principalmente de la reducción de los estratos de Rhizophora alto y Avicennia medio y reducciones menores de los estratos de Avicennia alta y Rhizophora baja

Como se observa, la comparación histórica muestra una variación simple de 0 25% por año de la superficie de los manglares y 0 46% en el volumen, que no tiene realmente un impacto significativo en el sentido de poner en peligro al ecosistema, razón por la cual no se calculó el flujo anual de superficies de manglares entre los años de estudio

CUADRO V-5

CAMBIOS OCURRIDOS EN EL VOLUMEN DE LOS MANGLARES DEL GOLFO DE NICOYA EN EL PERIODO 1964-1989*

ESTRATO	VOLUMEN EN METROS CUBICOS		
	1964	1989	DIFERENCIA
<u>Rhizophora</u> alto	153,795 5	134,059 1	-19,736 3
<u>Rhizophora</u> medio	176,764 5	183,156 3	6,391 7
<u>Rhizophora</u> bajo	11,264 6	8,751 8	-2,512 9
<u>Avicennia</u> alto	75,287 9	60,169 8	-15,118.1
<u>Avicennia</u> medio	116,779 9	39,630 7	-77,149.3
<u>Avicennia</u> bajo	23,441 4	24,353 2	911 9
Mezcla alto	3 006 7	15,513 1	12,506 4
Mezcla medio	56,032.0	71,951 2	15,919 2
Mezcla bajo	14,240 4	19 465 5	5,225 1
TOTAL	630,613 0	557,050 8	-73,562 2

* Algunas secciones se basaron en fotografías aéreas de 1979 y 1985

C Valores Económicos de los Manglares de Golfo de Nicoya

1 Revisión de la literatura

Los manglares son ecosistemas de uso múltiple por excelencia que suministran innumerables bienes y servicios (Sanchez, 1986). Los principales bienes y servicios que se generan en ese ecosistema costero son los siguientes: protección de las costas de la erosión y de los daños por viento, influencia en la cadena alimentaria marina, refugio de vida silvestre y especialmente hábitat de aves migratorias, madera, carbón, leña, corteza y materia prima para celulosa, acuicultura en el manglar para peces, camarones y moluscos de diferente tipo, pesca artesanal y cacería, producción de miel, producción de sal, educación, recreación y turismo, y finalmente conservación in situ de recursos genéticos.

Los productos directos del manglar han sido tradicionalmente explotados en todas las latitudes y destacan madera para aserrío, para postes de transmisión, de cercas, leña y carbón. Incluso existen sistemas silviculturales definidos para el aprovechamiento sostenido de los

ecosistemas de mangle, con cortas por fajas, regeneracion natural y artificial, con rotaciones claramente definidas y crecimientos y volumenes por ha satisfactorios (Luna, 1976)

El género Rhizophora, o mangle rojo, tiene una corteza con alto contenido de tanino. Por ésta razon la extraccion de corteza es uno de los usos tradicionales de mayor intensidad, que incluso pone en peligro el ecosistema cuando no se maneja bien (Morales, 1986)

La proteccion de costas es una funcion ampliamente reconocida, al punto que en algunos países se plantan manglares para la proteccion activa de la línea costera (Linden y Jernelev, 1980). Además la proteccion de poblados costeros en zonas de tormentas tropicales se ha mostrado mas efectiva en zonas de manglar (Mercer y Hamilton, 1984)

El ciclo de descomposicion de la hojarasca y su transformación en detritus, significa un aporte directo a la cadena alimentaria marina. Un indicador claro del aporte con valor económico para el hombre es la abundancia de diferentes tipos de camarones peneidos comerciales, en que la formacion forestal sirve como sitio de alimentacion para larvas y camarones juveniles (Toro, 1978)

Los manglares sirven como reserva, refugio, lugar de alimentacion y crianza para muchos vegetales y animales útiles y muchas veces poco comunes (Mercer y Hamilton, 1984) así como también son puntos de paso y de migracion de aves (Christensen y Delmendo, 1978)

Los ecosistemas de mangle son apropiados para la acuacultura, sea por medio de estanques en los límites con el interior, o en medio del manglar. La acuacultura permite el cultivo de peces, ostras, mejillones, almejas, camarones y otros organismos marinos (Christensen y Delmendo, 1978). La técnica de estanques también se usa para la producción de sal, e incluso muchas veces tanques de camarones pasan a produccion de sal y viceversa (Hamilton y Snedaker, 1984). Tambien las zonas de manglar son apropiadas para la pesca y caza libre de tipo artesanal, constituyéndose en importante fuente de alimentación y trabajo para la población costera (D'Croze y Kwiecinski, 1980)

Algunas de las especies del genero Rhizophora, Avicennia, Laguncularia, y Conocarpus son conocidas como fuentes interesantes de polen y néctar, de manera que muchas áreas de manglar tienen un potencial melífero aceptable (Hamilton, Snedaker, 1984)

La variedad de hábitats, de usos, de especies de flora y fauna, asigna un potencial considerable a los manglares como zonas de educación, recreación y turismo la cual tiene la ventaja de ser compatible con la conservación del ecosistema (Hamilton, Snedaker, 1984) Algunas de las formaciones de mangle no son tan productivas como leña, carbón o corteza, pero forman parte del sistema total, de manera que pueden dedicarse, dentro de un manejo sostenido al último aspecto mencionado

A pesar de su multitud de usos, sólo un 1% de la superficie total de manglares del mundo está bajo protección legal (Hamilton y Snedaker, 1984) Para conservar in-situ sus recursos genéticos y económicos, es necesario proteger mayores áreas de manglar,

2. Producción Directa de los Manglares

a Corteza

Los manglares del Golfo de Nicoya han sido tradicionalmente utilizados en la extracción de productos y subproductos forestales Desde tiempos precolombinos los indígenas extraían taninos de la corteza de los árboles de Rhizophora para ser utilizados en la curtiembre de redes, velas y otros enseres de pesca (Melendez, 1974) No fue sino hace unos cincuenta años que la presión sobre los manglares empezó a aumentar y durante los años sesenta y setentas alcanzó niveles muy altos

La explotación de corteza para la extracción de taninos se convirtió en los años cincuenta y sesenta en la principal actividad dentro de los manglares El Golfo de Nicoya fue superado sólo por el delta del Térraba en cuanto a número de concesiones para la extracción de corteza (Morales, 1983, p 13) El tanino derivado de la corteza de manglar pertenece al grupo de catecolicos que producen flobafeno Al no ser descompuesto por fermentos, este tipo de tanino es muy adecuado para la tinción de cueros

Morales (1983, p 16) reporta que un 74% del área total de Rhizophora en el estero Letras es de valor comercial para la extracción de corteza. En base a esta proporción y utilizando las estimaciones totales de estratos medios y altos en el Golfo de Nicoya se puede estimar que ese golfo posee alrededor de 4,100 has de bosque aprovechable para la extracción de corteza vegetal.

Un manejo de los manglares debería estar basado en la corteza de árboles con diámetros mayores a los 25 cm (Jiménez, 1988, p 9) lo que implica ciclos de corta de 35 años. Según Morales (1983, p 18) los estimados de rendimiento de corteza en este tipo de estrato varían entre 1,840-4,490 kilos/ha. Suponiendo un promedio de 2,828 kilos/ha, se estima que los manglares del Golfo podrían producir en forma sostenible hasta 11.5 millones de kg de corteza cada 35 años o un promedio de 331 toneladas por año.

CUADRO V-6

COSTOS E INGRESOS INVOLUCRADOS EN LA EXPLOTACION DE CORTEZA DE MANGLAR EN EL GOLFO DE NICOYA * 1983 (valores en ¢'s de 1983/kilo)

<u>Costos de Producción*</u>	
Mano de Obra	2 95
Insumos	0 04
Transporte	0 53
Administración	<u>0 40</u>
Totales	3 90
<u>Precio Unitario**</u>	4 90
<u>Renta</u>	1 00

* Costos de cosecha y transporte hasta intermediario en el Golfo

** Precio pagado por intermediario o tenerías en el Golfo

Fuente: Morales, 1983 cuadro 15

La corteza del Golfo se vende principalmente sin elaboración a intermediarios que transportan el material a tintorerías en la meseta central del país. Los costos en la producción de corteza para la venta en el sitio a un intermediario se indican en el cuadro V-6.

El precio actualmente pagado por la corteza podría ser incrementado significativamente si se desarrollara la tecnología básica para la extracción del tanino. En 1989 se importó 1 26 mil toneladas de tanino extraído a un costo total de \$1 3 millones para un promedio de \$1 04/kg (Comunicación personal COOPECUR R L). La corteza nacional, al contrario se vendía en 1989 a aproximadamente \$0 065/kg (Comunicación personal, Jorge Jiménez). Este gran diferencia se debe a que el proceso de extracción del tanino en Costa Rica es poco eficiente, por medio de la disolución de la corteza en una pila de agua. La falta de eficiencia ha provocado el desplazamiento paulatino de este producto por taninos importados que se derivan de una extracción más eficiente. Sin embargo, se estima que se podría extraer hasta 0 27 kg de tanino por kg de corteza. No existe información sobre los costos del proceso de extracción ni los niveles de eficiencia en la práctica.

Del total nacional, se estima que apenas 5% de los taninos utilizados por la industria son derivados de corteza costarricense (comunicación personal, Jorge Jiménez). Sin embargo, no es posible calcular la producción nacional dado que mucha de ella ocurre en forma ilegal y no existe información sobre la eficiencia de la extracción que nos permitiría estimar la producción.

b Carbón

Mientras en los setenta, la explotación de corteza se redujo debido a la importación de curtientes mejor procesados, la producción de carbón de los manglares ha mostrado una tendencia a aumentar en los últimos quince años (observación personal, Jorge Jiménez). La extracción de carbón ha sido importante en la margen oriental del Golfo. En el sector de Aranjuez y Chacarita existen alrededor de treinta carboneras operando (Malavassi, et al 1986, P 12). Sin embargo no hay registros del volumen y regularidad de la producción de estos sitios.

El carbón obtenido del manglar es de muy alta calidad con un poder calorífico de 7 46 mil Kcal/kg, un 1 55% de residuos y un 9 5% de humedad (Salazar, 1986, p 86). Para

comparación, el búnker (*Fuel Oil*) tiene un poder calorífico promedio de 10 2 mil Kcal/kg. Dado que con los cambios tecnológicos se podría sustituir carbón vegetal por bunker, el precio del carbón es susceptible a cambios en precios internacionales del petróleo. Sin embargo, actualmente por los altos costos de transporte entre los manglares y los centros de población, la mayoría de la producción del Golfo se consume en la zona misma.

No existe información sobre los costos y rendimientos de la producción de carbón en el Golfo de Nicoya. Sin embargo, Chong (1988, p 14) presenta los costos de pueden ser obtenidos en los manglares de Térraba donde 21 carbóneras producen 1,230 m³ de carbon. Los costos de producción en estos sitios son desglosados en el cuadro V-7.

CUADRO V-7

**COSTOS E INGRESOS APROXIMADOS PARA
LA PRODUCCION DE CARBON
BASADOS EN LA COMERCIALIZACION DEL 90% DE LA PRODUCCION ***
(por saco de 0 063 m³)

<u>Actividad</u>	<u>¢ de 1989</u>
Extracción (Mano de Obra)	14
Combustible	7
Transporte **	5
Impuestos Municipales	5
Impuestos DGF	10
Viáticos y Administración	2

Costos de Operación	43
Intereses y Depreciación	5 ***
	=====
Costo Total	48
Precio de Venta al intermediario	65
Ganancia Neta	17

* Según Chong P W (1988)

** Transporte hasta la carretera o punto de recolección

*** Corresponde a la inversión de lanchas y motores con su valor unitario de US \$1000 por equipo

El área total de estratos susceptibles de explotación para carbón en el Golfo es de 6 8 mil has Este estimado incluye la extensión total de los estratos medios y altos de Rhizophora y Avicennia Los estratos de Rhizophora pueden ser utilizados a la misma rotación de 35 años requerida para la extracción de la corteza, pues los arboles mayores de 25 cm, una vez descortezados, pueden ser utilizados para la producción de carbón Los Estratos de Avicennia se manejarían con una rotación de 25 años (Jimenez, 1988 b, pag 9) Suponiendo que 90% de la madera en el manglar es aprovechable, el volumen total comercial es de 285 5 mil m³ de madera de Rhizophora y 89 8 mil m³ de madera de Avicennia Asumiendo un porcentaje de conversión en volumen del ochenta por ciento (Chong, 1988, p 63) las existencias totales de carbon para el Golfo son de 300 2 mil m³ que podrían ser producido en forma sostenible a una tasa de 6 5 mil m³ de carbón de Rhizophora y 2 9 mil m³ de Avicennia anualmente

c. Pianguas

La explotación de bivalvos, especialmente pianguas (Anadara tuberculosa y Anadara similis), es de gran importancia en los manglares del Golfo de Nicoya Hallazgos arqueológicos dentro del Golfo de Nicoya han demostrado que una gran parte de la dieta de las comunidades indígenas en el área, se basaba en productos extraídos del manglar Tambien se ha puesto en evidencia con estos hallazgos que el tamaño promedio de los moluscos extraídos actualmente en áreas de manglar es muy inferior al promedio de los moluscos consumidos por los indigenas precolombinos En el caso de Anadara tuberculosa, por ejemplo, el tamaño promedio de las conchas extraídas por los indígenas era un 20% mayor del tamaño actualmente extraído (R A Cruz, com pers)

Las pianguas se encuentran localizadas en las areas ocupadas por Rhizophora sp expuestas a la inundacion periodica de las mareas Los estratos bajos (ñangas) y los estratos medios son los sitios habituales de colecta Segun estimados provenientes de los manglares del Terraba (J Campos, com pers), las pianguas se encuentran en estos estratos en una densidad de 1 5/m² Asumiendo que pueden encontrarse esta densidad de pianguas en el 50% de los

estratos medios y bajos de Rhizophora dentro del golfo (5,030 ha) se puede estimar que la población total en el golfo es de aproximadamente 37.7×10^6 pianguas

Segun estimados del Programa de Capacitación a Comunidades Pesqueras de la Universidad Nacional (PCCP-UNA, 1987, p 5), se dedican a la extracción de estos moluscos en forma constante alrededor de 150 pinagueros dentro del Golfo de Nicoya. Cada pianguero extrae entre 200-300 pianguas diarias y dedica a esta actividad entre 4-5 días a la semana. Los costos de producción son mínimos pues solo tienen que recogerlas. El pianguero vende el producto a 2.25 colones por unidad al centro de acopio quien a su vez lo comercializa a 3 colones la unidad al intermediario.

En base de los datos mencionados, la cosecha estimada para la totalidad de los manglares del Golfo es de aproximadamente 8 millones de pianguas al año. Por lo tanto los piangueros de la zona están capturando alrededor del 21% de las pianguas anualmente. El impacto de esta captura sobre las poblaciones naturales es desconocido. No es posible por lo tanto estimar que tan cerca del máximo rendimiento sostenido se encuentran estas pesquerías o si ya se ha sobrepasado este límite. Estudios en esta area son urgentes. En todo caso se estima que una cosecha del 15% no afectaria el potencial de producción de pianguas (J. Jimenez, Comunicación personal).

El impacto de la contaminación de aguas, sobre todo debido a la descarga de aguas negras, ha afectado las poblaciones de pianguas cercanas a la ciudad de Puntarenas. La alta contaminación por coliformes encontradas en estas poblaciones hacen riesgoso su consumo. El aumento en este tipo de contaminación podría afectar en el futuro otras poblaciones de pianguas.

d Potencial de Cultivo de Camarones

La acuicultura de estanques asociada a áreas de manglar está experimentando en este momento un acelerado desarrollo en el Golfo de Nicoya. Dos tipos de operaciones son comunmente observadas: granjas camaroneras de cultivo semi-intensivo y las operaciones

artesanales de pequeña escala. Las operaciones semi-intensivas actualmente no sustituyen áreas de manglar en sus construcciones pues sus operaciones se realizan en las margenes internos de estos bosques. Dependen, sin embargo, de estos bosques para el suministro de agua de alta calidad, la cual es suministrada por bombeo. Los estanques artesanales, al contrario, amenazan los manglares ya que actualmente son construidos en salinas abandonadas pero, al ampliarse fuertemente incluirían áreas de manglares.

En las granjas camaroneras ubicadas en el Golfo de Nicoya, se realizan cultivos semi-intensivos con dos o más ciclos anuales que proveen un rendimiento anual de 900-1200 kilos de camarón por hectárea. Los costos de construcción de estanques en una granja de este tipo son de aproximadamente \$5,000 por hectárea (CAAP, 1987, p. 136) y tiene una vida útil de aproximadamente siete años. Los costos totales diarios de producción en este tipo de operación son aproximadamente de \$11 diarios por hectárea (F. Vivez con pers.^{1, 2})

Según Kapetsky et al. (1987, p. 27) existen 2,232 Has de terrenos adyacentes a los manglares del Golfo de Nicoya con potencial para ser convertidos en sitios para el cultivo semi-intensivo de camarones. Este estimado está basado en la disponibilidad de agua dulce y suelos adecuados. La mayor parte de las áreas con potencial, se encuentran localizadas en la margen norte del Golfo. De este total, en la actualidad se utilizan 977 Has entre estanques semi-intensivos y estanques artesanales.

Las operaciones artesanales de pequeña escala son generalmente poco intensivas en su forma de producción. Estas utilizan extensiones más reducidas de estanques generalmente aprovechando la existencia de estanques abandonados para la evaporación de sal. Dado que se utilizan salinas abandonadas como sitio de construcción de los estanques, se estima que los costos de construcción disminuirían a \$3 600/ha (CAAP, p. 136). Los costos de operación son mínimos pues no se utiliza bombeo de agua y la mano de obra es generalmente aportada por el mismo propietario.

Cerca del 25% (150 has) de las salinas actualmente construidas dentro del Golfo de Nicoya poseen potencial para ser transformadas en este tipo de estanques de camarón.

(Kapetsky et al 1987, p 27) La expansión adicional de este tipo de operación resultaría en la sustitución de áreas de manglar dado que por falta del bombeo de agua, los estanques tienen que estar ubicados donde el agua entra y sale. Los rendimientos anuales en este tipo de operaciones son muy variables, pero se puede utilizar como un estimador la cifra de 600 kgs/ha (Dickinson et al 1985)

La especie que se cultiva en ambos tipos de estanque es Pneus Vanamei. La cosecha se concentra en dos tallas principales, de 21-25 colas por kilo con un precio puesto estanque de US\$5 5/kg y de 41-50 colas por kilo con un precio de 3 US\$/kg. En general, la producción se distribuye en razón 60% 40% respectivamente entre las dos categorías.

3. Producción Indirecta de los Manglares.

Como se mencionó anteriormente, los manglares proveen una gran variedad de productos y servicios. La mayoría de estos no pueden ser cuantificados por falta de información o por la complejidad del sistema. Como ejemplo de la importancia de este sistema, se analiza el papel de los manglares en la producción de camarones en el Golfo y en la protección de aves. De importancia particular pero que no se pudo incorporar en el presente trabajo, es la función de los manglares como purificadores de aguas negras.

a. Influencia en la pesca de camarón en el Golfo de Nicoya

La dependencia entre las pesquerías y la vegetación costera ha sido reconocida desde hace algún tiempo (Turner, 1977). Uno de los grupos para los cuales esta relación pareciera ser más estrecha son los camarones peneidos, que depende de los manglares para su reclutamiento poblacional.

Varios autores han establecido una relación entre el rendimiento máximo sostenible de las pesquerías de peneidos y la superficie de las áreas de vegetación costera (Turner, 1977). Más recientemente Pauly and Ingles (1986) lograron correlacionar el rendimiento máximo sostenido (MSY) de peneidos para una región con la superficie de vegetación entre mareas

(int veg), en la cual la latitud se integra como variable y por lo tanto permite hacer extrapolaciones geográficas. La ecuación logarítmica (base diez) de MSY que les dió el mejor nivel de confiabilidad es la siguiente

$$\log(\text{MSY}) = 2.41 + 0.4875 \log(\text{int veg}) - 0.0212 \text{ } ^\circ\text{lat}$$

Los citados autores reportan un rendimiento anual promedio de 99 kg de peneidos por ha de manglar para la Costa Pacífica de Costa Rica. Sin embargo, utilizando la fórmula mencionado, en el Golfo de Nicoya, con un área total de 15,173 has y una latitud promedio de 10°N, se estima un rendimiento máximo sostenible de 1,933 ton/año o 127 kg/ha de manglar en el Golfo. Entre 1980 y 1987 las colas representan 61.39% de la biomasa total (NORAD/FAO/OLDEPESCA p 116), o sea que la cosecha sostenible que depende de los manglares es de 1,187 toneladas por año.

Tal como advierten Pauly and Ingles (1986), se debe interpretar estos datos con mucha cautela. Sin embargo, comparando el RMS estimado con las cosechas de camarones en el Golfo en el Cuadro V-8, encontramos un comportamiento bastante lógico. Además el hecho de que las cosechas de los años 1985, 1986 y 1987 sobrepasaron la capacidad estimada de los manglares, es consistente con la caída en el rendimiento en 1988.

CUADRO V-8

**COSECHAS DE CAMARONES EN EL
GOLFO DE NICOYA COMPARADO CON
EL RENDIMIENTO MAXIMO SOSTENIDO ESTIMADO
EN BASE DEL AREA DE MANGLAR**

(en toneladas)

	<u>BLANCO</u>	<u>ROSADO</u>	<u>CAFE</u>	<u>PEQUENO</u>	<u>FIDEL</u>	<u>CAMARON TOTAL</u>	<u>% DE R M S ESTIMADO</u>
1970	120	51	0	597	27	795	67.0%
1971	168	59	1	779	1	1,007	84.9%
1972	120	24	0	636	9	790	66.5%
1973	135	30	0	671	2	838	70.6%
1974	102	105	1	621	12	841	70.9%
1975	93	87	3	611	15	808	68.1%
1976	137	86	7	544	10	784	66.1%
1977	78	38	5	244	11	376	31.7%
1978	54	28	2	278	8	371	31.3%
1979	105	63	1	414	43	626	52.8%
1980	198	53	1	286	57	595	50.1%
1981	233	52	1	304	71	660	55.6%
1982	153	74	2	331	258	818	68.9%
1983	56	61	5	212	108	442	37.3%
1984	140	186	10	389	187	913	76.9%
1985	372	198	7	346	1,128	2,051	172.8%
1986*	150	39	2	200	638	1,309	110.3%
1987*	261	67	1	311	169	1,230	103.6%
1988	135	99	3	483	66	786	66.2%

* Las sumas de las diferentes no coinciden en los años 1986 y 1987 cuando las cosechas totales fueron aumentadas en 280 y 420 toneladas respectivamente

Fuente Datos no publicados de la Direccion de Recursos Pesqueros y Acuicultura

Finalmente, podemos hablar del posible costo a la pesca de camarones causado por la pérdida de área de manglar. Aunque el RMS promedio por Ha es de 127 kilos, a la margen, aplicando el formulario directamente a la pérdida de un hectarea se calculó que el RMS disminuye en 62 kilos por año. Claramente, una relacion tan sencilla no existe en un sistema tan complicado como el mar, sin embargo, toda evidencia indica que pérdidas grandes en el area de manglar afectarían sustancialmente la pesca del Golfo.

b Los Manglares del Golfo como Refugio de Aves.

Los manglares del Golfo de Nicoya tiene un valor adicional no cuantificado como refugio y estación de migración de aves Hernández (1985, comunicacion personal), reporta un total de 65 especies de aves, de las cuales 7 son elementos verdaderamente especiales por su rareza o porque están en vias de extinción Además, hay un total de 19 especies que son propias del manglar y que requieren de la protección del ecosistema Además, existen 17 aves migratorias que pasan un período del año en el manglar y que también necesitan del ecosistema para mantenerse como especies La mayoría de éstas aves proceden del norte

D. Analisis del potencial económico de los manglares del Golfo de Nicoya

Los manglares del Golfo de Nicoya no han sufrido una disminucion de superficie significativa, como ya se indico con anterioridad (sólo 1096 Has en 25 años) Es posible que el bosque haya sufrido alguna degradación por explotación para carbon y por aprovechamiento de corteza para curtido de cuero, pero no es posible determinar el grado y valor de esa degradación El análisis de los cambios en los manglares en el periodo 1964-1989 ha permitido determinar como ha cambiado la superficie total y la composición del manglar, pero no establecer el cambio de composicion del volumen en cada estrato

En el informe del sector de bosques de este estudio, se demuestra que los bosques perdidos representan un potencial que nunca fue utilizado En el caso de los manglares, se tiene la oportunidad de aprovechar un potencial que todavia existe, y que a nivel regional podría ser un activo económico importante Con este propósito, se hizo una evaluacion del potencial económico de la puesta en manejo del manglar, así como las oportunidades perdidas por no haber inciado antes el manejo del recurso

Utilizando los valores unitarios elaborados en la sección C-2, se valoró la puesta en manejo del manglar para los siguientes propositos

- Producción de carbón por utilización de los estratos de Rhizophora alto y medio, así como los de Avicennia alto y medio. La rotación para la corta para carbón con Rhizophora se estimó en 35 años y para Avicennia en 25 años
- Producción de corteza para curtiente de los estratos Rhizophora alto y medio con una rotación de 35 años
- Producción de pianguas para el mercado nacional, con una existencia por ha de 0.75 individuos por m² de manglar de Rhizophora medio y bajo y una cosecha sostenible de 15% de la población total
- Producción semi-intensiva de camarones en los límites del manglar y tierra firme, con el potencial señalado de 2,232 Has. Se supone la necesidad de construir 100% de estas en el primer año y un rendimiento en ese año de 50% del normal

Los valores unitarios utilizados (en colones de 1989) se presentan en el Cuadro V-9. Se convirtió los valores de varios años a valores de 1989 utilizando el índice de precios al por mayor. La tasa de interés real utilizada en el análisis es de 6%.

Hay otros valores del manglar que no se han calculado, como su función de protección de biodiversidad, la capacidad para purificación de aguas negras, la protección de aves migratorias, su papel en el ciclo productivo de camarones, etc. Dado que estos valores no pueden ser cuantificados actualmente, en elaborar el plan de uso óptimo se tomó como condición primordial la no sustitución de área de manglar por otros usos. Por lo tanto, se excluyeron los estanques de camarón artesanales que sustituirán área de mangle. Además, los estratos de mangle mixto, que no son utilizados para ningún producto directo, son incluidos en el plan de manejo y protegidos por sus valores indirectos en el mantenimiento del sistema.

CUADRO V-9
COSTOS UNITARIOS DE PRODUCCION DEL MANGLAR DEL
GOLFO DE NICOYA - COLONES DE 1989

Costos Generales - por Año	<u>Numero/año</u>	<u>Costo Unitario</u>
Silvicultura Jornadas/Ha Cortado	6	518
Tecnicos	3	750,000
Ingenieros	6	450,000
Protección 51 Jornadas		518
Inversiones - Vida Util de 4 Años		
Lancha	15	1,223,700
Camionetas	4	522,112
Corteza		
Costos de Operación - por Kilo		
Mano de Obra		5 30
Insumos		0 07
Transporte		0 93
Total Costo por Kilo		6 31
Precio/kilo		8 81
	Total	por Año
Volumen	11,573,118	330,661
Carbon		
Costos de Operación - por M3		
Extracción		269 8
Combustible		113 1
Transporte		96 1
Impuestos Municipales		79 4
Impuestos Dgf		158 7
Viaticos y Administración		36 2
Costo Total por M ³		753 3
Inversiones Cada 5 Años		4,273,846
Precio/m ³ - Carbon de <u>Rhizophora</u>		1,049 9
Precio/m ³ - Carbon de <u>Avcennia</u>		892 4
Volumen - M3/Año- <u>Rhizophora</u>	6,525 6	
Volumen - M3/Año- <u>Avicennia</u>	2,874.3	
Pianguas		
Mano de Obra Dias/Año		2,640
Salario Diario		518
Cosecha Anual - Miles de Pianguas		5,660
Precio por Piangua		2 25
Camarones		
Construcción/ha Cada 7 Años		407,900
Costo Operación/dia/ha		897
Dias/Año		260
Precio Promedio/kg		367
Rendimiento/ha (Kilos)		1,000
Area Total - Hectareas		2,232

Resumiendo, el sistema manglar/estanques tiene un total de 17,406 has. La superficie de extracción de pianguas es de 5,030 has, la superficie de aprovechamiento de corteza es de 5,530 has, un total de 6,337 se dedicarían a la producción de carbón y 2,232 Has en las orillas de los manglares serán convertidas para la producción de camarones. Hay también 3,894 has de manglar mixto que sirve como apoyo al sistema y en el cual no se extraen productos directos de ningún tipo.

La valoración se hizo a precios de 1989, suponiendo un manejo durante un período de 35 años que es la edad de rotación del componente más largo, es decir, el aprovechamiento de Rhizophora para producción de corteza. Se calcularon los siguientes coeficientes:

- Valor esperado del suelo del sistema
- Valor agregado actualizado del sistema
- Valor presente de las rentas por ha del manglar
- Valor presente de las rentas por ha del sistema
- Valor agregado actualizado por ha del sistema
- Renta media por ha/año del sistema
- Valor agregado promedio por ha/año

En los cuadros V-10 y V-11 se presentan los valores presentes de los componentes del plan de manejo y el valor total del sistema. Se desprende que la renta del sistema, usando una tasa de interés del 6% es bastante baja. Además se encuentra que el valor del sistema se hubiera aumentado en ₡12 millones si hoy día estuviera bajo manejo. Se ha insistido mucho en la necesidad de hacer el máximo uso de recursos propios para disminuir la dependencia global. Los cálculos muestran que la contribución del manejo sostenible de los manglares puede hacer un aporte importante al menos a nivel regional. En las provincias de Guanacaste y Puntarenas, cuyos niveles de desempleo son mayores que el nacional (9.2% y 10.7% y contra 6.2% nacional, Censo de 1984), cualquier aumento en la producción podría ser sumamente valiosa.

Este análisis es muy especulativo e incompleto. No se contemplan los valores indirectos de los manglares ni todos los productos directos posibles. Además se supone que el

valor máximo coincide con el volumen máximo sostenible, lo cual no es necesariamente correcto por dos razones. Si la elasticidad de precios es baja, es posible que disminuyendo la producción aumentara los ingresos, rentas y/o valor agregado. De la misma manera, se supone que los costos son lineales con la producción. Si los costos unitarios aumentan con cambios en la producción, es poco probable que la producción máxima y el óptimo económico coincidan. A pesar de estas debilidades, el trabajo provee un primer intento de considerar y valorar los manglares del golfo en su totalidad como un activo económico. El análisis más a fondo del valor económico sostenible de este y los demás recursos del país es urgente si se espera aprovechar sus beneficios multitudinarios.

CUADRO V-10

**VALOR PRESENTE DE COSTOS E INGRESOS POR ACTIVIDAD
DEL PLAN DE MANEJO DE LOS MANGLARES DEL GOLFO DE NICOYA**
(ciclo de 35 años - 6% tasa de descuento- miles de ¢ de 1989)

Costos Generales

Silvicultura 6 Jornadas/ha Cortada	10,043
Técnicos	34,578
Ingenieros	41,494
Protección 5 Jornadas/ha	60,397

Corteza

Inversiones - Vida Util De 4 Años	
Lancha	5,163
Camionetas	2,203
Costos De Operación	32,061
Ingresos	44,758

Carbon

Inversiones Cada 5 Años	14,710
Costos De Operación - <u>Rhizophora</u>	75,547
Costos De Operación - <u>Avicennia</u>	33,275
Ingresos - <u>Rhizophora</u>	105,288
Ingresos - <u>Avicennia</u>	39,419

Pianguas

Costos	180,229
Ingresos	195,712

Camarones

	(% Insumos)	
Construcción Cada 7 Años	(30%)	2,364,525
Gastos De Operación / Año	(20%)	8,003,229
Ingresos Camarones		12,182,799

231
CUADRO V-11-A

**RESUMEN DE LOS RESULTADOS ECONÓMICOS DEL
PLAN DE MANEJO DE LOS MANGLARES DEL GOLFO DE NICOYA
VALORES PRESENTES DE UN CICLO DE 35 AÑOS**

	Totales De	Aumento
	<u>Una Rotación</u>	<u>Bajo Manejo*</u>
Ingresos - Parte Forestal/Pianguero	385,177	40.9%
Ingreso - Camarones	12,182,799	

Ingresos Del Sistema	12,567,976	1 3%
Insumos - Parte Forestal/Pianguero	50,314	96.6%
Insumos - Camarones	2,317,102	0 0%

Insumos - Sistema	2,367,416	2 0%
Gastos Totales - Parte Forestal/Pianguero	335,822	39 7%
Gastos Totales- Parte Camaronera	10,367,754	
Gastos Totales - Generales **	153,879	

Gastos Totales Del Sistema	10,857,455	1 2%
Administración - Parte Forestal/Pianguero	33,582	39 7%
Administración - Camarones	1,036,775	
Administración - General	15,388	

Administración Del Sistema	1,085,746	1 2%
Valor Agregado - Parte Forestal/Pianguero	334,863	32 5%
Valor Agregado - Camarones	9,865,697	0 0%

Valor Agregado - Sistema	10,200,560	1 1%
Renta - Parte Forestal/Pianguas	10,401	83 2%
Renta - Parte Camaronera	614,374	0 3%

Renta - Todo El Sistema	624,775	1 7%

CUADRO V-11-B

RESULTADOS FINALES
VALORES PRESENTES DEL USO SOSTENIBLE

Valor Esperado del Suelo - Sistema	718,219	1 7%
Valor Presente del Valor Agregado	11,726,199	1 1%
VP de las Rentas por ha De Manglar	47 3	1 7%
VP de Las Rentas por ha Del Sistema	41 3	1 7%
VP del Valor Agregado por Ha del Sistema	673.7	1 1%
Renta Promedia por Ha por Año	4.7	1 0%
Valor Agregado Promedia por Ha por Año	39 4	1 0%

* Manejo se refiere a la parte forestal por medio de lo cual se podría aumentar la densidad del manglar Es razonable suponer que se podría obtener estos rendimientos en el segundo ciclo dado que el plan de manejo se contempla prácticas silviculturales

** En el calculo del valor agregado y renta de las dos partes del sistema, los gastos generales se distribuian de acuerdo con el porcentaje de los ingresos totales recibido por esa parte

NOTAS

¹ F Vivez, Maricultura Chomes S A , 1990

² PNSA (1989, p 57) reporta valores de \$3,049/ha para operaciones de 5 Has y costos diarios de \$9 75

MARCO LEGAL DE LOS MANGLARES DE COSTA RICA

Las alteraciones en bosques de manglar aumentaron en la década de los setenta, especialmente para la conversión de áreas de manglar en salinas. Como respuesta a la presión que en estos años sufrían los manglares, se inició la elaboración de legislación tendiente a proteger los recursos del manglar.

El 19 de julio de 1977 se publica el Decreto Ejecutivo No 7210-A que establece que los manglares son áreas de Reserva Forestal. El Decreto fundamenta esta categoría en la alta productividad de estos sistemas, su interrelación con las pesquerías costeras y su papel en la estabilización de sedimentos costeros.

Debido a problemas jurisdiccionales con otras agencias estatales (Instituto Costarricense de Turismo, Municipalidades) fue necesario la promulgación del Decreto Ejecutivo No 16852-MAG del 23 de enero de 1986, en el que se especifica que la administración de las áreas de manglar estará exclusivamente a cargo de la Dirección Forestal en cuanto al aprovechamiento de recursos forestales y a la Dirección General de Pesca en cuanto a los aprovechamientos de fauna marina. Al mismo tiempo, el Decreto establece áreas de protección en Pochote, Parrita y Morales así como cánones y tarifas para el cobro de derechos de aprovechamiento.

En el marco del aprovechamiento de recursos faunísticos asociados al manglar solamente dos decretos ejecutivos se han promulgado. El Decreto Ejecutivo No 13371 del 16 de febrero de 1982 fija la talla mínima de 47 milímetros para la captura y comercialización de la piangua (Anadara tuberculosa y Anadara multicostata). El Decreto Ejecutivo 16726-MAG del 8 de Noviembre de 1985 prohíbe la exportación de la piangua.

Conflictos con otras agencias gubernamentales u otros intereses privados también complican el aspecto legal de su manejo. Debido a la localización de los manglares en la línea

de costa se dan constantes roces con actividades como el turismo y el desarrollo urbano. Este tipo de problema no está adecuadamente regulado en la legislación vigente.

Dentro de este marco legal, la efectividad de las acciones está limitada por una marcada carencia de personal técnico y recursos materiales en las agencias que velan por la protección y manejo de los recursos asociados al manglar. Debido a las limitaciones del Departamento de Reservas Forestales, el manejo de los manglares en el Golfo es muy escaso. No existen políticas de manejo sustentadas en criterios técnicos ni los medios económicos para poner en efecto la legislación vigente o planes de manejo que se diseñen.

Exceptuando los sitios excluidos en el Decreto 16852-MAG de 1986, la mayor parte de los manglares en el país están sujetos a explotación. Se excluyen además el manglar de Tivives, que es zona protectora, y otros pequeños parches incluidos en los Parques Nacionales de Corcovado, Palo Verde, Santa Rosa y los Refugios de Vida Silvestre de Curu, Palo Verde y Tamarindo. Debido a lo extenso del área susceptible de explotación es urgente la formulación de legislación que considere los aspectos técnicos del manejo de estos bosques.

BIBLIOGRAFIA

- CAAP, Consejo Agrícola y Agroindustrial Privado 1987 A study of the potential for commercial pond acuaculture in Costa Rica 161pp
- CHONG, P W 1988 Forest Management Plan for Playa Garza Pilot Area Terraba-Sierpe Mangrove Reserve Costa Rica FAO,TCP/COS/6652 FAO-DGF 76pp
- COHDEFOR, Corporacion Hondureña de Desarrollo Forestal 1987 Inventario Forestal Manglar del Sur, Golfo de Fonseca 95pp
- DICKINSON, J , J BUSTILLO, J A JIMÉNEZ, C ONUF, D ROUSE, J VARELA, E VILLEGA 1985 Environmental Assesment of the Small Scale Shrimp Farming Component of the USAID/Honduras Rural Technologies Project USAID-Honduras 51 pp
- JIMÉNEZ, J A 1984 A hypothesis to explain the reduced distribution of the mangrove *Pelliciera rhizophorae* Biotropica 16(4) 304-308
- JIMÉNEZ, J A Y R SOTO 1985 Patrones regionales en la estructura y composición florística de Iso manglares de la costa Pacífica de Costa Rica Rev Biol Trop 33(1) 25-37
- JIMENEZ, J A 1988a Floral and fruiting phenology of trees in a mangrove forest on the dry pacific coast of Costa Rica Brenesia 29 33-50
- JIMENEZ, J A 1988b The dynamics of *Rhizophora racemosa* forests on the Pacific coast of Costa Rica Brenesia 30 1-12
- JIMÉNEZ, J A 1990 The structure and function of dry weather mangroves on the Pacific coast of Central America, with emphasis on *Avicennia* bicolor forests Estuaries 13(2) 182-192
- KAPETSKY, J , L MCGREGOR Y H NANNE 1987 A geographical information system and satellite rremote sensing to plan for aquaculture development FAO Fish Tech Pap (287) 51 p
- MALAVASSI, L , R ALFARO W MURILLO Y G HERRERA 1986 Evaluacion del recurso biológico del manglar de Tivives Fundación de Parques Nacionales San José, Costa Rica 51 pp
- MARTOSUBROTO, P & N NAAMIN 1977 Relationship between tidal forests and commercial shrimp production in Indonesia Marine Res Indonesia 8 81-86
- MELÉNDEZ, C 1974 Viajeros por Guanacaste Ministerio de Cultura, Juventud y Deportes San José, Costa Rica 557pp

- MORALES, T 1983 Evaluación de la extracción de corteza de mangle Guanacaste Informe de practica de especialidad Instituto Tecnológico 60 pp
- PAULY D & J INGLES The relationship between shrimp yields and intertidal vegetation áreas a reassessment p 277-283 En A Yañez-Arancibia y D Pauly (Eds) IOC/FAO Workshop on Recruitment in Tropical Coastal Demersal Communities IOC Workshop Report 44-Suplement
- PCCP-UNA, 1987 Programa de capacitación a comunidades pesqueras, Universidad Nacional Evaluacion de la extracción de pianguas en Jicaral-Puntarenas Manuscrito 13 pp
- PNSA, Programa Nacional Sectorial de Acuicultura Ministerio de Agricultura y Ganadería 1989 61 pp
- SALAZAR, R 1986 Estudio sobre produccion y mercadeo de carbón vegetal Manuscrito 89 pp
- TURNER, R E 1977 Intertidal Vegetation and commercial yields of penaeid shrimps Trans Am Fish Soc 106 411-416