



Conservación del Bosque en Costa Rica

Academia Nacional de Ciencias
Programa Centroamericano de Población



PRESENTACION

Conservación del bosque en Costa Rica, es la obra que recoge el aporte de 22 prestigiosos expertos, quienes bajo los auspicios de la Academia Nacional de Ciencias de Costa Rica, del Programa Centroamericano de Población (PCP) de la Universidad de Costa Rica y con el apoyo de la Fundación Rockefeller, se reunieron en octubre de 1997, para valorar el estado del bosque en Costa Rica, proponer ideas, evaluar alternativas y ofrecer recomendaciones tendientes a mejorar el uso, manejo y conservación del remanente boscoso actual.

Los bosques de ayer y de hoy no pueden ser reproducidos para el mañana. Los procesos naturales que han dado origen a las especies, comunidades y ecosistemas actuales que deseamos preservar, han sido constituidos a través de una larga escala de tiempo y amplios espacios; en consecuencia, el esfuerzo por conservarlos está sujeto al conocimiento de la biología del bosque y a los límites impuestos por la evolución para generar nuevas combinaciones genéticas capaces de sobrevivir en el ambiente cambiante de un sitio particular. Los bosques remanentes son entidades complejas y únicas; no son replicables ni sustituibles, pero sí utilizables en forma racional.

Es evidente que el aumento de la población ha ejercido un fuerte impacto sobre la deforestación y la presión demográfica continuará acentuándola y alcanzará incluso a las áreas protegidas. Es incorrecto y engañoso afirmar que el país alcanzó un grado de “cero deforestación”, porque las plantaciones forestales no compensan la pérdida del bosque natural. Las plantaciones se inician cuando el bosque deja de ser un recurso infinito y la siembra de árboles ingresa a la categoría de cultivo. Las plantaciones son usualmente monoespecíficas y la mayoría de las especies utilizadas son introducidas. Representan una alternativa para revegetar, para agregar valor a un terreno abandonado; no obstante, los beneficios ambientales que ofrecen no son equiparables a los del bosque natural.

Es también fundamental distinguir entre deforestación y aprovechamiento racional del bosque, dicen los expertos. La deforestación y las operaciones de tala sin planes de manejo diseñados con conocimiento, amenazan la diversidad genética de los bosques. Inducen cambios en la distribución y abundancia de las especies, provocan el aislamiento de los individuos, eliminan poblaciones locales, extinguen especies; por otra parte, erosionan los suelos, alteran los regímenes hídricos y el microclima. El manejo del bosque reduce notablemente el impacto negativo y constituye un instrumento importante para su conservación. El bosque



tropical puede ser manejado para múltiples usos -que incluyen la producción de madera y otros productos secundarios- y continuar siendo un hábitat adecuado. Desde luego, el manejo del bosque natural para explotación sostenida, demanda conocimiento de los procesos de regeneración natural. En Costa Rica existen ya bosques naturales que se cosechan bajo prácticas de manejo destinadas a producir alteraciones menores. Los bosques de caobilla (*Carapa guianensis*), que administra Portico, S.A. en la Zona Norte del país y los bosques en el Área de Conservación de la Cordillera Volcánica Central (ACCV) que mantiene FUNDECOR bajo un sofisticado plan de manejo, son ejemplos patentes del esfuerzo que se realiza en ese sentido.

El conocimiento y las técnicas disponibles en la actualidad deben utilizarse para lograr un balance entre producción y conservación. La expansión de la población paralela al incremento en el consumo de bienes derivados del bosque impone límites a la conservación de éste. Esta va unida a la valoración de los servicios ambientales que el bosque presta en términos de biodiversidad, protección del suelo, mantenimiento de los regímenes hídricos y el microclima, fijación de bióxido de carbono y paisaje. Insustituible es el bosque en la prestación de todos y cada uno de ellos; sin embargo, la función que desempeña el agua en el desarrollo socioeconómico actual y futuro, merece que se le confiera un valor especial. Así como existen reservas biológicas, deberían crearse reservas hidrológicas, opinaron los expertos.

La venta de servicios ambientales constituye hoy una estrategia nacional y Costa Rica ha asumido el liderazgo en el nivel internacional. Este mecanismo permite que finalmente se retribuya al propietario del bosque el esfuerzo que realiza para que la sociedad continúe recibiendo los beneficios que aquél proporciona. La conservación del bosque es, en última instancia, un problema socioeconómico; éste debe ser valorado en su justa dimensión y resuelto con políticas forestales integrales que tomen en consideración los múltiples actores y la variedad de intereses involucrados.

Notable es el conocimiento de los expertos en esta área del saber y tangibles son los logros obtenidos por el país; sin embargo, muy largo es aún el camino por recorrer. Con la entrega de esta obra a la comunidad costarricense y a las autoridades del sector, la Academia Nacional de Ciencias contribuye a trazar el norte del camino por emprender.

Eugenia M. Flores, Ph. D.
Presidenta
Academia Nacional de Ciencias



RECONOCIMIENTOS

Esta publicación recoge las contribuciones presentadas a la “Reunión de Expertos en Conservación del Bosque en Costa Rica”, celebrada en Hotel el Tirol, San Rafael de Heredia, el 30 y 31 de octubre de 1997. Los expertos aportaron de manera desinteresada su tiempo, esfuerzo y conocimientos en la preparación de los manuscritos y en las discusiones de la reunión. La **Academia Nacional de Ciencias de Costa Rica** y el **Programa Centroamericano de Población** (PCP) de la Universidad de Costa Rica (proyecto VAS-ED-083-97), auspiciaron conjuntamente la reunión de expertos y la presente publicación. La **Fundación Rockefeller**, apoyó estas actividades con una subvención de la división de Ciencias de la Población (“Grant” PS 9617). La organización de la reunión y la edición del libro estuvieron a cargo de Luis Rosero Bixby, Ph.D., miembro de la Academia Nacional de Ciencias y Catedrático de la Universidad de Costa Rica, en colaboración con el Máster Edwin Chaves Esquivel, investigador del Programa Centroamericano de Población.



AUTORES

Dr. Juan Antonio Aguirre

Centro Agronómico Tropical de Investigación y
Enseñanza Turrialba, Costa Rica
Tel.: 556-1016, Fax: 556-0914
E-mail: jaguirre@catie.ac.cr

Dr. Alfredo Alvarado

Centro de Investigaciones Agronómicas
Universidad de Costa Rica
Tel.: 207-5490, Fax: 234-1627
E-mail: alfredoal@cariari.ucr.ac.cr

Ing. Alvaro Bolaños

Instituto Costarricense de Electricidad
Oficina de Bienes Inmuebles y
Recursos Forestales
Apartado 10032 San José, Costa Rica
Tel.: 220-7599 o 220-6434, Fax: 220-6433.

Dr. Julio Cesar Calvo

Centro Científico Tropical
Tel.: 253-3267, Fax: 253-4963
E-mail: jcalvo@cct.or.cr

Lic. Max Campos

Comite Regional de Recursos Hidráulicos
Proyecto Centroamericano sobre
Cambio Climático
Tel.: 231-5791, Fax: 296-0047
E-mail: crrhcr@sol.racsa.co.cr

Dr. Rafael Celis

ProDesarrollo Internacional
Apartado 253- 2250
Tres Rios, Costa Rica
Tel.: 283-7770 o 283-0014, Fax: 283-8837
E-mail: leadcr@sol.racsa.co.cr

Dr. Ronnie De Camino

Universidad para la Paz
Tel.: 282-9340, Fax: 282-6257
E-mail: pwrdecam@sol.racsa.co
E-mail: recnatro@sol.racsa.co.cr

M.Sc. Carlos Elizondo

Instituto Geográfico Nacional
Tel.: 257-7418 ext.2620
E-mail: igncr@ns.casapres.go.cr

Dr. Luis Fournier

Escuela de Biología Universidad de Costa Rica
Tel.: 225-4757, Fax: 207- 4216

Eileen H. Helmer

Department of Forest Science Oregon
State University
154 Peavy, Covallis, Oregon 97331EEUU
E-mail: helmere@ccmail.orst.edu

M.Sc. Bernal Herrera

Centro de Investigaciones Agronómicas
Universidad de Costa Rica
Tel.: 207-5490, Fax: 234-1627
E-mail: bernalh@cariari.ucr.ac.cr



Autores

Dr. Anthony Janetos

Mission to Planet Earth NASA 300 EST, SW
Washington, D.C. 20546 EEUU
Tel.: (202)358-0276, Fax: (202)358-2771
E-mail: anthony.janetos@hq.nasa.gov

M.Sc. Tirso Maldonado

Fundación Neotrópica
Tel.: 253-2130, Fax: 253-4210
E-mail: fneotrop@sol.racsa.co.cr

Dr. Edgar Ortíz Malavasi

Departamento Forestal Instituto Tecnológico de
Costa Rica Biometría Forestal y Sistemas de
Información Geográfica
Apartado 159-7050 Cartago, Costa Rica
Tel.: 237-7039 ext. 2279 o 2313,
Fax: 591-4182

Dr. Alberto Palloni

Center for Demography and Ecology
University of Wisconsin
4426 Social Science Bldg 1180 Observatory
Drive Madison, WI 53706 EEUU
E-mail: palloni@ssc.wisc.edu

Dr. Lucio Pedroni

Centro Agronómico Tropical de Investigación y
Enseñanza Turrialba, Costa Rica
Tel.: 556-1530, Fax: 556-1533
E-mail: lpredroni@catie.ac.cr

M.Sc. Walter Picado

Recursos Naturales Tropicales

Apartado 991-1007 San José, Costa Rica
Tel.: 221-8652 o 445-6713,
Fax: 221 7368 o 445-6713
E-mail: recnatro@sol.racsa.co.cr

Dr. Carlos Pomareda

SIDE
Tel.: 225-9423, Fax: 234-6838
E-mail: sidesa@sol.racsa.co.cr

Dr. Luis Rosero Bixby

Programa Centroamericano de Población
Escuela de Estadística Universidad
de Costa Rica
Tel.: 207-5693, 283-7017, Fax: 207-5692
E-mail: lrosero@cariari.ucr.ac.cr

Dr. Rodolfo Salazar

Centro Agronómico Tropical de Investigación y
Enseñanza Turrialba, Costa Rica
Tel.: 556-1933, Fax: 556-7766
E-mail: rsalazar@catie.ac.cr

Dr. Sergio Velásquez

Centro Agronómico Tropical de Investigación y
Enseñanza Turrialba, Costa Rica
Tel.: 556-1530, Fax: 556-1533
E-mail: svelasqu@catie.ac.cr

M.Sc. Vicente Watson

Centro Científico Tropical
Tel.: 253-3267, Fax: 253-4963
E-mail: vwatson@cct.or.cr



INDICE

CONSERVACION DEL BOSQUE

Presentación

EUGENIA FLORES

Capítulo 1:

Vocación forestal del suelo en áreas tropicales

Clasificación de tierras para uso forestal y la estimación de su capacidad productiva 9

ALFREDO ALVARADO Y BERNAL HERRERA

Uso de la tierra y fragmentación de bosques: algunas áreas críticas en el área de conservación Osa, Costa Rica 28

TIRSO MALDONADO

Recuperación de tierras degradadas en el lado pacífico de la Serranía de Tilarán 50

VICENTE WATSON

Capítulo 2:

Medición y diagnóstico de cobertura boscosa

Cambios en uso y cubierta de tierras: una prioridad de la Misión al Planeta Tierra de la NASA 59

ANTHONY C. JANETOS

Desarrollo del proyecto Globesar en Costa Rica 76

CARLOS ELIZONDO Y LUIS. B. ZAMORA

Medición y diagnóstico de cobertura boscosa: ¿Qué tan útiles son las imágenes de satélite en nuestro medio? 85

SERGIO VELÁSQUEZ Y LUCIO PEDRONI



Índice

Estimación de biomasa arriba del suelo en árboles de un bosque humedo tropical 100
EDGAR ORTÍZ MALAVASI

Identificación del uso de la tierra y etapas sucesivas de los bosques en las reservas forestales de Río Los Santos y Río Macho 109
EILEEN H. HELMER

Fragmentos de bosque y corredores biológicos 117
LUIS FOURNIER

Capítulo 3:

Factores determinantes de la deforestación/reforestación

Población y deforestación en Costa Rica 131
LUIS ROSERO BIXBY Y ALBERTO PALLONI

La relación entre el desarrollo económico y la destrucción y conservación del bosque en Costa Rica 151
RAFAEL CELIS

La actividad forestal en el desarrollo de los proyectos hidroeléctricos del ICE 161
ALVARO BOLAÑOS

Capítulo 4:

Consecuencias de la pérdida o conservación del bosque

El clima, su variedad y cambio y la deforestación en Costa Rica 169
MAX CAMPOS

Impacto económico de la pérdida y conservación del bosque 182
RODOLFO SALAZAR

Impacto de la reforestación 187
JULIO CESAR CALVO



Capítulo 5:

Manejo socioeconómico del bosque

¿Son las plantaciones forestales un negocio rentable? 195

RONNIE DEL CAMINO

Consideraciones sobre las políticas para el desarrollo forestal en
Costa Rica 220

CARLOS POMAREDA

Generación de ingresos a través de la valoración total de los bienes y ser-
vicios del bosque tropical 242

JUAN ANTONIO AGUIRRE

Consideraciones sobre el manejo sostenible del bosque sucesional en
Costa Rica 256

WALTER PICADO

Conclusión

LUIS ROSERO BIXBY 275



CLASIFICACION DE TIERRAS PARA USO FORESTAL Y LA ESTIMACION DE SU CAPACIDAD PRODUCTIVA¹

Alfredo Alvarado H.²
Bernal Herrera F.^{2,3}

INTRODUCCION

La utilización correcta de la tierra requiere del conocimiento de las características intrínsecas del ecosistema, así como de las necesidades o posibles utilidades por parte de los usuarios. En este sentido, los esfuerzos por cartografiar las características del relieve del país, fueron los primeros en realizarse por parte del Instituto Geográfico Nacional. Posteriormente las condiciones de clima y vegetación se cartografiaron como zonas de vida (Holdridge 1967). El factor edáfico se comienza a estudiar a partir de la investigación de Pérez *et.al* (1977) y a la misma escala posteriormente por Vásquez (1989) y Acón (1990). La combinación del clima, relieve y suelo, conduce a los sistemas de clasificación de tierras de los cuales en Costa Rica se implementaron los diseñados por el Centro Científico Tropical (CCT 1985) y en forma oficial por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG/MIRENEM 1991) siguiendo los lineamientos del sistema de clases agrológicas de los Estados Unidos (EEUU). En la actualidad el concepto "tierra", incluye además factores socioeconómicos, considerándose que la presencia del hombre puede favorecer o no el potencial de uso de la tierra (Richters 1995). Desafortunadamente la filosofía del sistema desarrollado por Klingebiel y Montgomery (1961), diseñado para sembrar cultivos anuales altamente mecanizados y con altos insumos, no permite clasificar en forma adecuada las tierras en regiones tropicales, en las cuales los principales cultivos son perennes o semi-perennes (*Coffea arabica*, *Musa spp*, *Saccharum officinarum* y *pastos*) con poca mecanización y mucha mano de obra (Beets 1990). Esto obliga a diseñar un nuevo sistema de clasificación de tierras, que permita estimar el potencial de producción del país eficientemente. Mucho del problema de sobreuso de la tierra

1 Documento presentado en la reunión "La conservación de los bosques en Costa Rica", organizada por la Academia Nacional de Ciencias de Costa Rica. Hotel El Tirol, 30 y 31 de octubre de 1997. Heredia, Costa Rica.

2 Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica (CIA)



mencionado por varios autores, podría deberse al uso de un sistema de clasificación inadecuado (Alvarado *et al.* 1997).

La situación anteriormente descrita no es exclusiva del país sino que de cierta manera es extensiva para toda América Latina. Para la Región Centroamericana, Duisberg y Newton (1978) en el proyecto de suelos análogos, describieron la necesidad de homogeneizar no sólo los sistemas, sino las nomenclaturas y categorías pues el significado de algunas variables era diferente en cada país. En América del Sur, Cochrane *et al.* (1985) tuvieron que diseñar su propio sistema de clasificación de tierras, dado que ninguno de los sistemas internacionales vigentes, lograba representar la realidad del recurso existente para esa región.

A pesar de los esfuerzos realizados para clasificar el recurso tierra del país, el subuso y sobreuso de las tierras en Costa Rica (Vásquez 1991) y en Centro América (Vargas 1992) es patente. Además el problema de tenencia de la tierra continúa como importante en el país (González 1993), para lo cual urge diseñar una política de incentivos (Celis y Alvarado 1994) que conlleve a una utilización racional del recurso tierra, según algún sistema de clasificación.

En Costa Rica un 25% del territorio nacional, donde se concentra la mayoría de las áreas boscosas del país, se encuentra bajo alguna categoría de protección parcial o absoluta, y por lo tanto se deben clasificar como áreas, cuyo objetivo es la protección y la generación de otros bienes y servicios ambientales (e.g. recreación, agua, fijación de carbono, entre otros). Como resultado de los cambios recientes en el uso de la tierra, se estima que existen por lo menos 400,000 hectáreas (has) de vegetación secundaria, producto principalmente del abandono de pastizales. Esto representa un potencial de producción importante, que requiere un manejo adecuado. Por su parte entre 1979 y 1997, se plantaron cerca de 150,000 ha, las cuales no necesariamente fueron sembradas de acuerdo con la capacidad de uso de la tierra, lo que causó pérdidas económicas considerables (Segura 1992). Es así como la clasificación de las tierras y sitios de acuerdo con su aptitud de producción, será cada vez más necesaria para propiciar un manejo sostenible de los recursos forestales del país.

El objetivo del presente trabajo, es analizar la evolución de los sistemas de clasificación de tierras para uso forestal y mostrar los avances obtenidos en Costa Rica, en lo que se refiere a la clasificación de sitios con fines de producción forestal a partir de variables ambientales. Además se pretende evaluar las posibilidades de integración de los conceptos de clasificación de sitios forestales en las metodologías para la evaluación de tierras.



LA CLASIFICACION DE TIERRAS FORESTALES

A partir del sistema de capacidad de uso de la tierra de Klingebiel y Montgomery (1961), prácticamente se creó el dogma de que las tierras forestales con fines productivos eran todas aquellas que no servían para agricultura, ganadería, conservación o recreación. El concepto de tierra es general y denota la capacidad que tiene una unidad de producción para ser utilizada en diferentes actividades. En este sentido, la mejor tierra (Clase I) es aquella en la cual no existe restricción de uso, mientras que la peor tierra (Clase VIII), se ve severamente limitada en su uso y sólo puede emplearse para recreación y vida silvestre. En otras palabras, todas las tierras poco profundas, con mucha pedregosidad, anegadas o en pendientes muy pronunciadas, sino tenían valor escénico se consideraban aptas para el manejo forestal. Es obvio que bajo tales condiciones, el manejo de plantaciones forestales no era una actividad rentable y por ende, la extracción de madera proveniente de bosques naturales era la costumbre de la época.

La relación entre ciertos tipos de bosque y tipos de suelos con fines de clasificación se conoce desde hace un buen tiempo. Dokuchaev (1883, citado por Buol *et al.* 1989) se refería a suelos zonales y Gaucher (1981), mencionaba la existencia de plantas halófitas, acidófilas, etc., mencionados posteriormente por Hardy (1970) y Buol *et al.* (1989). En el primer intento sobre clasificación de tierras de América Central, la relación entre tipos de suelo y tipos de bosque se refleja en la clase III de Plath (1967) quien considera que a menos de 600 m.s.n.m. las tierras son específicas para mangle, entre 600 y 1800 para maderas duras y a más de 1800 para especies del género *Pinus* (Cuadro 1).

CUADRO 1.

Resumen de un sistema de clasificación de la tierra, para capacidad de uso de tierras marginales (adaptado de Michaelsen 1977).

PROFUNDIDAD	PENDIENTE (%)				
del suelo (cm)	< 12	12-30	30-50	50-60	>60
> 90					
50-90	CULTIVOS				
20-50				FORESTAL	
< 20		PASTOS			



Por su parte, Holdridge (1967) en la determinación de las zonas de vida y de acuerdo con el concepto de zonalidad de suelos, considera que las principales condiciones que definen la distribución natural de las especies son de tipo climático (biotemperatura y precipitación), con excepciones que pueden considerarse, entre otras, como asociaciones edáficas.

Más recientemente Sheng (1971) presenta un nuevo sistema de clasificación de tierras para Jamaica con aplicación en El Salvador. Este sistema considera que suelos con menos de 50 cm de profundidad y en pendientes de más de 25 grados son de uso forestal (cuadro 2). En Costa Rica el Centro Científico Tropical (1985) presenta una modificación al sistema de ocho clases agrológicas de Klingebiel y Montgomery (1961), en la cual propone diez clases agrológicas y define algunas aptas para la plantación y/o aprovechamiento del bosque natural. Esta metodología es posteriormente corregida en MAG y MIRENEM (1991) donde se reduce nuevamente a ocho clases y mencionando la imposibilidad de sembrar *Tectona grandis* en tierras empinadas debido al problemas de la erosión.

CUADRO 2.

Clasificación por uso potencial de la tierra en Centro América (Adaptado de Plath 1968).

Piso climático	Nivel de rendimiento		
	Alto	Moderado	Forestal
Frío	CULTIVOS	PASTOS	Pinos y Eucaliptos
Templado			Maderas duras
Caliente			Latifoliadas y manglares

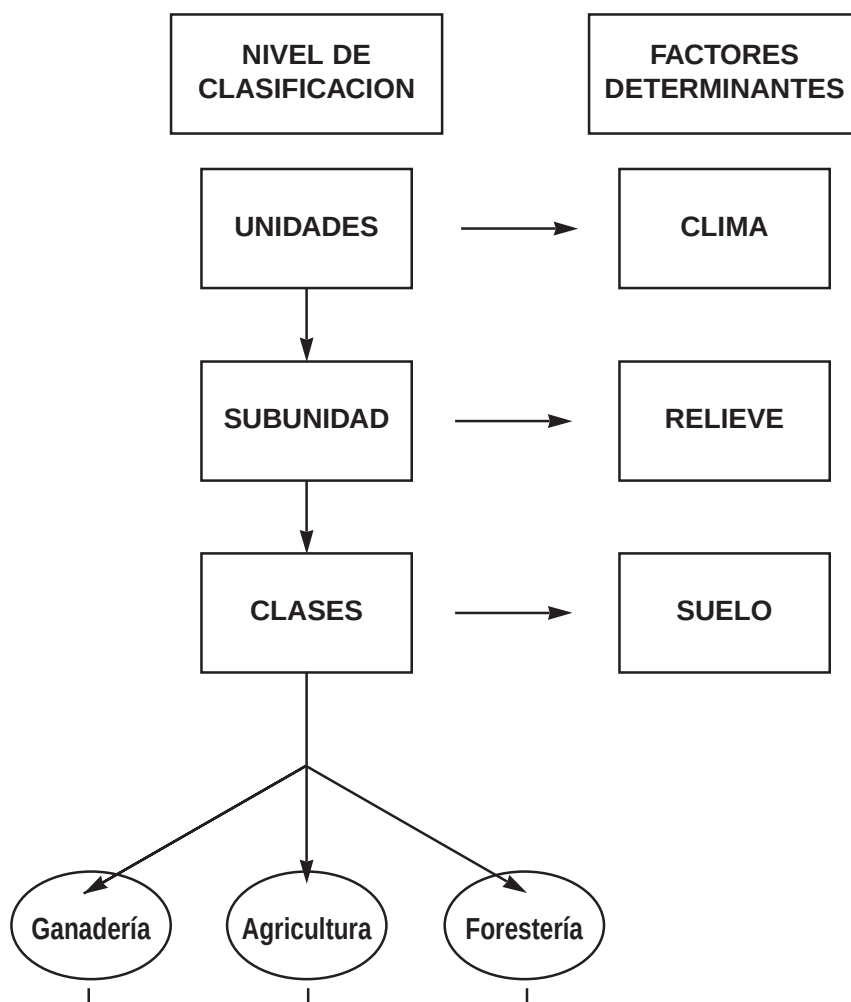
Para comprender mejor la jerarquía que se impone en la clasificación de unidades productivas, es necesario partir del problema asociado con la escala. Desde este punto de vista el planeta puede dividirse en macroregiones latitudinales a las cuales se adaptan las especies (e.g. desierto, tundra, trópico). El concepto de zona de vida de Holdridge (1967) entre otros, considera particularmente variaciones climáticas que permiten separar dentro de las macroregiones, en regiones con características bioclimáticas similares que afectan el crecimiento de las especies (e.g. páramo vs. bosque pluvial). Es a este nivel que



el concepto de índice de sitio debe agregarse, para considerar otros factores particularmente de carácter edáfico que afectan el crecimiento tanto de plantaciones como de bosques secundarios tropicales (Fig. 1), tema que será desarrollado a continuación.

Figura 1.

Factores ambientales que determinan los niveles de clasificación de tierras y de sitios para producción forestal.





LA CLASIFICACION DE TIERRAS FORESTALES EN COSTA RICA

Dentro de la clasificación de sitios forestales (un área considerada en términos de sus factores con referencia a su capacidad de producir bosques, Society of American Foresters 1958), existen varias metodologías que pueden utilizarse según sea el caso (Figura. 2). No obstante el concepto más utilizado en el ámbito mundial es el denominado “índice de sitio” (la altura dominante que pueden alcanzar los árboles dominantes de un rodal a una edad dada, Alder 1980), el cual permite realizar una clasificación según la calidad de sitio (la productividad relativa de un sitio para una especie forestal particular, FAO 1985). El primer estudio en Costa Rica sobre el tema fue realizado por Goitia (1964) para *Cupressus lusitanica* y desde entonces se han realizado efectuado de 25 trabajos relativos a otras especies (Herrera y Alvarado 1997).

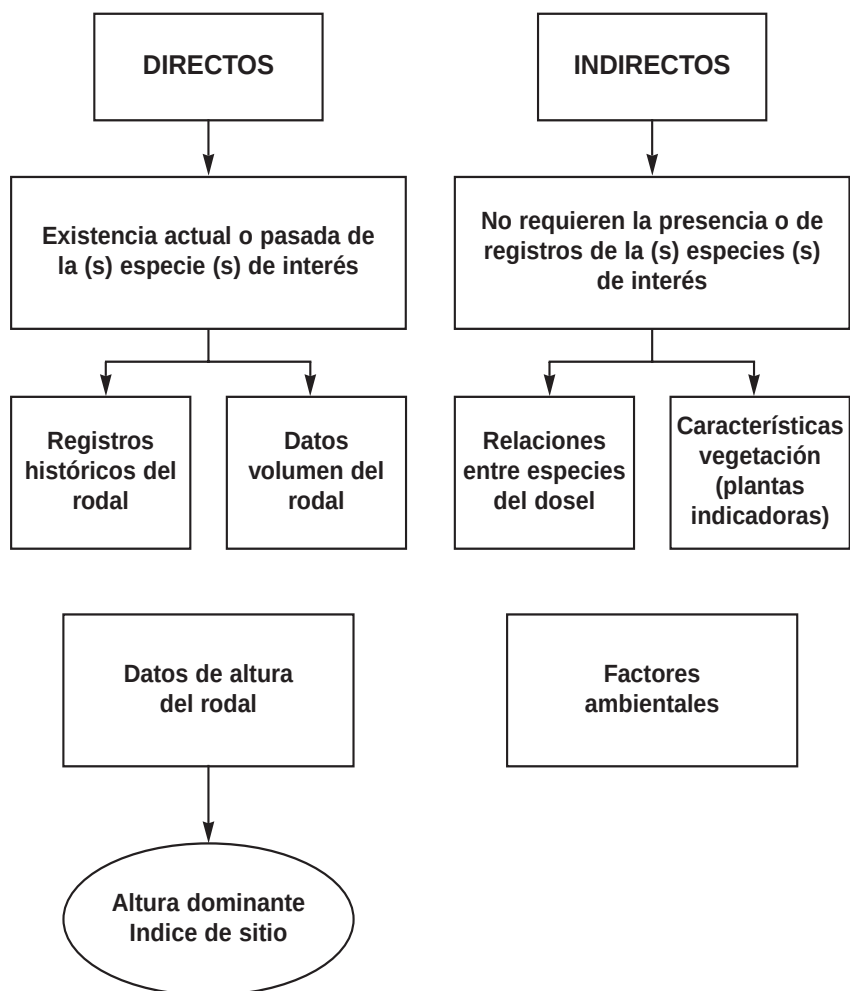
Para fines del presente estudio se entenderá como bosque secundario, el que se desarrolla en sitios cuya vegetación original ha sido completamente destruida por la actividad humana (Finegan y Sabogal 1988). Además de las plantaciones forestales, se incluyen coetáneas los bosques secundarios, donde las poblaciones de las especies vegetales leñosas que lo componen, son consideradas de la misma edad (Finegan 1992, 1996).

En general, en Costa Rica para clasificar tierras de uso forestal, se ha aplicado la metodología para la determinación de la capacidad de uso de las tierras. Recientemente, Zech (1991) desarrolló un sistema de clasificación de tierras, para el establecimiento de plantaciones de *Gmelina arborea* y *Cordia alliodora* en la Región Huetar Norte del país. Solís (1996) a partir de igual metodología, desarrolló mapas temáticos para la misma Región en los que se detallan las zonas adecuadas e inadecuadas, con su respectivo factor limitante, para establecer plantaciones de siete especies forestales. No obstante, estas metodologías son de gran utilidad en la selección del sitio y de la especie por plantar, pero no ofrecen la posibilidad de realizar un ordenamiento de la producción forestal, como si lo hacen otros métodos de clasificación de sitios.



Figura 2.

Métodos para estimar la capacidad productiva del sitio. Fuente: Carmean (1975), Clutter *et. al.* (1983)





A continuación se presentan los principales resultados obtenidos en la clasificación de sitios en bosques coetáneos, plantados y regenerados, para las principales especies en Costa Rica, basados en factores ambientales, según datos recopilados por Herrera y Alvarado (1997). Por el área plantada se consideran en orden decreciente *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, *Eucalyptus ssp.* y *Bombacopsis quinatum*. En el caso de bosque secundario se presentan los resultados para *Vochysia ferruginea*, según el trabajo de Herrera *et. al* (1997).

RESULTADOS PARA LAS PRINCIPALES ESPECIES FORESTALES PLANTADAS

Gmelina arborea (cuadro 3)

La especie *G. arborea* es una especie considerada basófila por lo que su crecimiento se favorece conforme aumentan los contenidos en los primeros 20 cm de suelo, de Ca (entre 6.0 y 22.3 cmol(+)/L²), Mg (de 1.6 hasta 6.7 cmol(+)/L), K (entre 0.5 y 0.7 cmol(+)/L) y el pH (entre 5.7 y 6.4), para las condiciones del Pacífico Seco de Costa Rica. En la Zona Norte de Costa Rica, un mayor crecimiento se asocia con mayores concentraciones de P en el suelo, mientras que los menores se asocian con altas concentraciones de Al (entre 7 y 75% de saturación de acidez en Sarapiquí, Costa Rica) y Fe en el suelo. Además los estudios mencionan que el problema de suelos compactados afecta negativamente el crecimiento, lo cual se relaciona con incrementos en la densidad aparente y los años de uso anterior del terreno (Calvo y Camacho 1992, Stuhmann *et al.* 1994).

En el Pacífico Seco de Costa Rica bajo las condiciones de suelo estudiadas, la especie se ve desfavorecida con aumentos en la elevación sobre el nivel del mar (entre 50 y 510 msnm), la velocidad del viento y cuando es plantada en las partes medias y altas de las pendientes (Vásquez y Ugalde 1994, Vallejos 1996).

En el caso de las condiciones del Pacífico Seco de Guanacaste Vallejos (1996) reporta que los sitios de alto rendimiento para la producción de madera en rollo de *G. arborea* presentan un pH entre 5.7 y 6.3, una acidez de 0.1, concentraciones (cmol(+)/L) de Ca entre 18 y 23, de Mg entre 6.2 y 6.7, de K entre 0.3 y 0.7 y de P de 0.6 ppm. Los sitios de bajo rendimiento, se diferencian en que tienen una concentración de Ca entre 6 y 16, y de K menor a 0.3 cmol(+)/L.

3 Los datos entre paréntesis representan los valores máximo y mínimo de la variable analizada y que son reportados en el estudio correspondiente.



CUADRO 3.

Resumen de los estudios sitio - suelo realizados en Costa Rica para la especie *Gmelina arborea* (Tomado y adaptado de Herrera y Alvarado 1997).

Sitio de estudio	Tipo de suelo	Factores limitantes		
		Climáticos	Fisiográficos / topográficos	Edáficos
Sarapiquí	n.r.	-	-	% Saturación Al (-) % ⁴ Saturación de bases (+)
Zona Norte	Nitrosol Rojizos (>Al)	-	-	K _(30 cm) , N (+), % Saturación Al (-), P (+) K/Mg _(30 cm) (+) Grosor horizonte A (+) Densidad aparente (-) Años de uso anterior (-)
	Cambisol Café			[P total] (+), % Saturación Al (% Sat. Al)(-), pH K/Mg _(30 cm) (+) Densidad aparente (-) Años de uso anterior (-)
Zona Norte	n.r.	-	Pendiente (-) Distancia de la cima (+) Forma del terreno (+)	Compactación (-) Grosor horizonte A (-) Densidad aparente (-)
Guanacaste	Alfisol Inceptisol Entisol	Viento (-)	Elevación (-) Posición topográfica (+)	Ca primer horizonte (+) Mg primer horizonte (+)
Guanacaste	n.r.	Viento (-)	Posición topográfica (+)	Ca primer horizonte (+)

Tectona grandis (Cuadro 4)

Dos estudios que relacionan la calidad de sitio con factores ambientales se han realizado para *T. grandis*, ambos en el Pacífico Seco de Costa Rica (Vásquez y Ugalde 1994, Vallejos 1996). La precipitación media anual y la temperatura media anual, han sido los principales limitantes climáticos encontrados. La profundidad del suelo y la posición topográfica (las parte bajas de la pendiente favorecen el crecimiento), afectan el desarrollo de la especie. Mientras tanto, la resistencia a la penetración del suelo y la concentración de Ca han sido los principales factores edáficos señalados como limitantes para *T. grandis*.

⁴ El signo entre paréntesis indica la dirección de la asociación encontrada.



Los sitios de alto rendimiento de *T. grandis* en el Pacífico Seco de Costa Rica, presentaron un pH entre 6.6, y 6.2, una acidez cercana a 0.1, concentraciones (cmol(+)/L) de Ca entre 21 y 30, de Mg entre 6 y 9, de K alrededor de 0,1 y 0,3 y de P cercana a las 6 ppm. Mientras que los sitios considerados de bajo rendimiento presentaron entre 1.5 y 1.7 ppm de P, y concentraciones de Ca entre 16 y 17 y Mg entre 5 y 5.6 cmol (+)/L.

CUADRO 4.

Resumen de los estudios sitio-suelo realizados en Costa Rica para la especie *Tectona grandis* (Tomado y adaptado de Herrera y Alvarado 1997).

Sitio de estudio	Tipo de suelo	Factores limitantes		
		Climáticos	Fisiográficos/ topográficos	Edáficos
Guanacaste	Inceptisol Alfisol	Precipitación media anual (pma) (+)	Posición topográfica (-) Profundidad del suelo (+)	Déficit hídrico (-) Ca, Fe (-)
	n.r.	Temperatura media anual (-) Déficit hídrico (-)	-	Ca Resistencia a la penetración (-)

Eucalyptus deglupta, *E. camaldulensis* y *E. grandis* (cuadro 5)

En Centroamérica aumentos en la elevación (entre 16 y 120 msnm) tienden a desfavorecer el crecimiento de *Eucalyptus camaldulensis* (Campos 1989). Para la especie *E. deglupta* se han realizado hasta la fecha tres estudios que relacionan la calidad de sitio con propiedades del suelo (Jadan 1972, Sánchez 1994, Chavarría 1996). Tales investigación indican la necesidad de esta especie de suelos profundos (mayores a 60 cm), con buen drenaje, no arcillosos y de fertilidad alta para el buen crecimiento de estas especies. Los modelos de productividad de las especies incluyen una correlación positiva con los contenidos de Mg (entre 0.3 y 4.2 cmol(+)/L) y Ca (entre 0.5 y 14.7 cmol(+)/L).

Otros elementos que pueden limitar el crecimiento de las especies cuando se encuentran deficientes son K, P, Mn, Cu y Zn. En general, altos contenidos de materia orgánica (> 5%) y de arcilla (> a 35%) desfavorecen su desarrollo, probablemente porque se asocia con condiciones de mal drenaje.



CUADRO 5.

Resumen de los estudios sitio-suelo realizados en Costa Rica para las especies *Eucalyptus deglupta*, *E. camaldulensis* y *E. grandis* (tomado y adaptado de Herrera y Alvarado 1997).

Sitio de estudio	Tipo de suelo	Factores limitantes		
		Climáticos	Fisiográficos / topográficos	Edáficos
Turrialba	n.r.	-	Drenaje (+)	Profundidad efectiva (-), Profundidad napa freática (-), % Arena(-), % Arcilla (+), Materia orgánica (-) , Mg, pH, K (+)
Turrialba	n.r.	-	-	Mg (+), K (+), P (+), Mn (+), % Arcilla (-)
Región Huetar Norte	n.r.	-	-	% Arcilla (-), Ca (+), Mg (+), Zn (+)
Centro América	Inceptisol Entisol Alfisol Ultisol Molisol Vertisol	Zona de vida Precipitación	Altitud (-) Pendiente (-) Erosión (-) Drenaje (-) Uso anterior (-) Cultivos intercalados (-) Preparación suelo (+)	% Arcilla (-), % Mat. org. (-) Retención de Agua (+) Sumatoria bases (+) Ca / Mg(+), K, Al, Zn (+) P,Mn, Cu (+)
Turrialba	n.r.	-	Altitud (-)	Ca, Mg % Arena (-) Densidad aparente

Bombacopsis quinatum (cuadro 6)

La especie *B. quinatum* requiere de una buena distribución de lluvias durante el año para su buen desarrollo. Su crecimiento disminuye cuando el número de meses secos aumenta (entre 0 y 4 meses secos con menos de 30 mm), los vientos son fuertes y conforme aumenta el grado de pendiente del terreno (entre 0 y 40% para las condiciones del Pacífico Seco). Bajo las condiciones de estudio en Costa Rica, no se reporta ningún factor físico del suelo que afecte el crecimiento de *B. quinatum*, excepto que se desarrolla mejor en suelos de texturas medias. También, la especie crece mejor conforme aumentan los contenidos de Ca (entre 2 y 32 cmol(+)/L) y Mg (entre 2 y 12 cmol/(+)/L) en el suelo (Navarro 1987, Vásquez y Ugalde 1994, Vallejos 1991).



Para las condiciones del Pacífico Seco de Guanacaste, Vallejos (1996) reporta que los sitios de alto rendimiento para la producción maderera con esta especie presentan un pH entre 6.1 y 6.3, una acidez cercana a 0.1, concentraciones (cmol(+)/L) de Ca entre 19 y 25, de Mg entre 0.4 y 0.6 y de P entre 4.5 y 7.8 ppm.

CUADRO 6.

Resumen de los estudios sitio-suelo realizados en Centroamérica para la especie *Bombacopsis quinatum* (tomado y adaptado de Herrera y Alvarado 1997).

Sitio de estudio	Tipo de suelo	Factores limitantes		
		Climáticos	Fisiográficos/ topográficos	Edáficos
5 sitios en Costa Rica (Pacífico Seco, Pacífico Central, Pacífico Sur, Atlántico Norte)	Inceptisol Entisol Alfisol	Precipitación media anual (+) Número de meses secos(+) Número de meses muy secos < 30 mm pp (-)	Pendiente (-)	%Arcilla horizonte A y B (-) %Arena ambos horizontes (+)
Guanacaste	Inceptisol Entisol Alfisol Ultisol	Viento (-) Precipitación media anual (+)	-	[Mg] primer horizonte (+) [Ca] primer horizonte (+)
Guanacaste	n.r.	-	Pendiente (-)	[Ca] primer horizonte (+)

RESULTADOS PARA BOSQUES SECUNDARIOS TROPICALES

Herrera *et al* (1997) en un bosque secundario dominado por la especie *Vochysia ferruginea*, ubicado en Florencia de San Carlos (3300 mm, 28°C promedios anuales y 320 msnm), con una edad después del abandono de aproximadamente 28 años, utilizaron la altura dominante (i.e. la altura promedio de los 100 árboles más altos por ha) como un potencial indicador de la capacidad productiva del sitio.

En este sentido la altura dominante de *V. ferruginea* presentó las siguientes características deseables para ser considerada un buen indicador del potencial productivo del



sitio: **a) baja variación dentro de parcelas.** La altura dominante en todas las parcelas ($n=26$) presentó siempre un coeficientes de variación menor a 20%, indicó una homogeneidad en las condiciones del sitio, **b) alta variación entre parcelas.** La altura dominante osciló entre 15,7 m y 29,0 m, indicando cambios en el potencial productivo dentro del bosque), **c) asociada con otros indicadores de productividad.** La altura dominante presente correlaciones moderadas con la altura total del bosque ($r=87,3\%$), el área basal de todas las especies encontradas en la parcela ($r=78,9\%$) y con su propia área basal ($r=51,1\%$), **d) asociada a variaciones con las condiciones edáficas del bosque.** Las variables edáficas que presentaron una correlación estadísticamente significativa ($P < 10\%$) con la altura dominante de *V. ferruginea* fueron las concentraciones (entre 0 y 12 cm de profundidad) de P (-59,1%), Fe (-58,3%), Cu (46,7%), Mg (34,6%), S (-40,2%) y Mn en las dos profundidades (43,7% y 38,5%). El porcentaje de arcilla en ambas profundidades presentó un coeficiente de correlación de -61,3% (0-12cm) y -35,5% (12-30cm), mientras que el porcentaje de materia orgánica (%mat. org) en los primeros 12 cm de profundidad presentó un coeficiente de correlación de -47,2% (2). *V. ferruginea* se reporta como una especie acumuladora de Al (Pérez *et al.* 1993) y adaptada a condiciones de baja fertilidad de suelos (Herrera y Finegan 1997).

Por lo tanto, la altura dominante puede considerarse un buen indicador de la capacidad productiva de bosques secundarios tropicales, y a la vez una herramienta útil para su clasificación aun cuando se consideren factores ambientales.

DISCUSION GENERAL

La utilización de la metodología para la determinación de la capacidad productiva de las tierras, es una herramienta apropiada para diseñar e implementar el uso sostenible de los recursos productivos, por lo que continúa como uno de los primeros pasos en la planificación ambiental. Por su parte, el desarrollo de sistemas de clasificación de sitios forestales, contribuirá en un futuro a proyectar con mayor precisión, el crecimiento y rendimiento del rodal, así como señalar los factores que determinan el rendimiento, planificar y ejecutar trabajos de investigación (por ejemplo ensayos de regímenes de raleo) y programar y ejecutar trabajos de mantenimiento del rodal (Clutter *et al.* 1983). Además, tales estudios sirven como herramienta para la planificación del uso de estos



bosques y otras acciones relacionadas con la política forestal nacional (Herrera y Campos 1997). Es necesario entonces promover y apoyar investigaciones dirigidas en este sentido y preferiblemente de aplicación regional. Debido a esta importancia y dado que las metodologías de clasificación de sitios para uso forestal, no han jugado un papel importante en el ordenamiento del uso de la tierra en Costa Rica, se considera oportuno desarrollar investigaciones que integren estos conocimientos en las metodologías para clasificación de tierras, y de esta forma desarrollar sistemas únicos, pero integrales, que permitan el uso sostenible de la tierra.

Los principales resultados de las investigaciones mencionadas arriba, reflejan que en forma positiva o negativa, los factores climáticos viento, precipitación (número de meses secos) y temperatura, han afectado el crecimiento de algunas de las especies; dentro de los aspectos fisiográficos, la elevación, la pendiente y la distancia de la cima, son los factores que más determinan el crecimiento y dentro de los factores edáficos el nivel de la capa freática, la profundidad del suelo, la densidad de partículas, la textura, el grosor del horizonte A el pH, el contenido de materia orgánica y las concentraciones de Ca, Mg, K, P, Mn, Cu, Na, N, Fe en el horizonte superficial o en el subsuelo.

No todos los factores mencionados afectan a todas las especies y en casos específicos los factores físicos juegan un papel más o menos importante, que los factores de fertilidad. La deficiencia de P en suelos tropicales afecta negativamente el crecimiento de los árboles de la misma manera que condiciones de anegación afectan a la mayoría de las especies aun en suelos fértiles. No obstante el concepto de "fertilidad del suelo", aplicado con connotaciones agronómicas, no necesariamente se aplica a todas las especies, como por ejemplo los casos de *Vochysia ferruginea* o *V. guatemalensis*, que presentan una alta productividad en sitios que desde el punto de vista agronómico serían considerados marginales. La asociación pendiente-profundidad de suelo- disponibilidad de humedad, es determinante en la calidad de sitio para la mayoría de las especies, en particular en terrenos en uso no forestal por períodos prolongados, en los cuales el proceso de erosión ha sido muy intenso.

Todos estos factores señalados deberán de ser considerados dentro de eventuales sistemas de clasificación de sitios forestales, donde se considera necesario diseñar e implementar metodologías de clasificación, que asocien las características ambientales con la productividad de la especie, tema muy poco desarrollado en Costa Rica.



Bibliografía

- Acon, J.; et. al. 1990. Mapa de asociaciones de sub-grupos de suelos de Costa Rica. San José, Costa Rica. MAG/SEPSA. Esc 1:200,000.
- Alder, D. 1980. Forest volume estimation and yield prediction. FAO. Forestry Paper No. 2. Vol. 22. 194 p.
- Alvarado, A.; Campos, J.J.; Herrera, B. 1997. Evolución del manejo y clasificación de tierras para uso forestal en América Central. In: III Semana Científica del CATIE (3 -5, febrero, 1997, Turrialba, Costa Rica).CATIE, Turrialba, Costa Rica. p 1-7.
- Beets, W.C. 1990. Raising and sustaining productivity of smallholder farming systems in the tropics. Holland, AgBe Publishing . 738 p.
- Buol, S.W; Hole, F.D; Mccraken, R.J. 1989. Soil genesis and classification. Third edition. Iowa State University Press. Iowa, USA. 446 p.
- Calvo, J., Camacho, D. 1992. Algunos factores ambientales asociados con el crecimiento de *Gmelina arborea* Roxb en la Zona Norte de Costa Rica. In: II Congreso Nacional Forestal (San José, 25-27 agosto 1992). San José, Costa Rica. p 43-45.
- Campos, J.J. 1989. Environmental effects on the productivity of *Eucalyptus camaldulensis*, *Leucaena leucocephala* and *Gliricidia sepium* in Central America. Thesis D. Phill. Oxford University. 156 p (sin apéndices).
- Carmean, W. 1975. Forest site quality evaluation in the United States. Advances in Agronomy 27:209-269.
- Celis, R.; Alvarado, A. 1994. Land taxation for sustainable development in Central America: the role soil and social scientists. In: XV International Congress of Soil Science. Acapulco, México. P 10-16.
- Centro Científico tropical. 1985. Manual para la determinación de la capacidad de uso de las tierras de Costa Rica. San José, CCT. 75 p.



- Clutter, J.; Fortson, J.; Pienaar, L.; Brister, H.; Bayley, R. 1983. Timber management: a quantitative approach. New York. John Wiley & Sons. 333 p.
- Cochran, T.T.; et al. 1985. Land in Tropical America. CIAT/EMBRAPA-CPAC. Vol. 1. Cali, Colombia. 144 p.
- Chavarría, M.I. 1996. Clasificación preliminar de calidades de sitio y factores asociados con el crecimiento del *Eucalyptus deglupta* Blume para la Región Huetar Norte de Costa Rica. Tesis licenciatura. Escuela de Ciencias Ambientales, Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. [101 p].
- Duisberg, P.C.; Newton, H.P. 1978. Soil science in Costa Rica: classification, fertility and conservation. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 61 p.
- Finegan, B. 1996. Pattern and process in neotropical secondary rain forest: the first 100 years of succession. Trends Ecol. & Evol. 11, 119-124.
- _____.; 1992 The management potential of neotropical secondary lowland rain forest. For. Ecol. Manage. 47, 295-321.
- _____.; Sabogal, C. 1988. El desarrollo de sistemas de producción sostenible en bosques tropicales húmedos de bajura: un estudio de caso en Costa Rica. El Chasqui 17, 3-24.
- Fao (ITALIA). 1985. Evaluación de tierras con fines forestales. Estudio FAO Montes 48. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Roma. 106 p.
- Gaucher, G. 1981. Traité de pédologie agricole. Les facteurs de la pédogénese. Tome II. Editions G. Lotte. Dison, Belgique. 730 p.
- Goitia, J.E. 1954. Estudio del incremento volumétrico del *Cupressus lusitanica* Mill en relación a la edad y al sitio. Tesis M.Sc. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Turrialba, Costa Rica. 71 p.
- Gutiérrez, E.; Mize, C.W. 1993. A quantitative model for relating species and tropical forest sites: a synecological study. Biolog. Trop. 41(1): 7-21.



- González, R. 1993. El régimen de tenencia de la tierra en Costa Rica. Heredia, Costa Rica. EUNA. 177 p.
- Hardy, F. 1970. Suelos tropicales, pedología tropical con énfasis en América. Herrero Hermanos, Sucesores, S.A. México D.F., México. 334 p.
- Herrera, B.; Alvarado, A. 1997. Calidad de sitio y factores ambientales en bosques coetáneos de Centroamérica. Agron. Costarr. (en prensa).
- _____.; Campos, J.J. 1997. Avances en la investigación sobre calidad de sitio en bosques secundarios tropicales. Revista Forestal Centroamericana 19: 13-19.
- _____.; Finegan, B. 1997. Substrate conditions, foliar nutrients and the distributions of two canopy tree species in a Costa Rican secondary rain forest. Plant Soil 191: 259-267.
- _____.; Campos, J.J.; Finegan, B.; Alvarado, A. 1997. Site effects on the productive capacity of *Vochysia ferruginea* in a Costa Rican secondary rain forest. (En prep.)
- Holdridge, L. 1967. Life zone ecology. Tropical Science Center. San José, Costa Rica.
- Jadan, S. 1972. Sistemas de clasificación de índice de sitios para *Eucalyptus deglupta* BL en Turrialba, Costa Rica. Tesis Magister Science. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 99 p.
- Klingebiel, A.A.; Montgomery, P.H. 1961. Land capability classification. USDA Soil Conservation Handbook (210).
- Navarro, C. 1987. Evaluación del crecimiento y rendimiento de *Bombacopsis quinatum* (Jacq) Dugand en 15 sitios de Costa Rica. Indices de sitio y algunos factores financieros de la especie. Tesis Mag. Sc. UCR/CATIE. Turrialba, Costa Rica. 137 p.
- Michaelsen, T. 1977. Un sistema de clasificación de la capacidad de la tierras por capacidad de uso para tierras marginales. CDF/FAO/NUPPD. Documento de trabajo No. 41. Tegucigalpa, Honduras. 10 p.



- Ministerio de Agricultura y Ganadería; Ministerio de Recursos Naturales Energía y Minas. 1991. Metodología para la determinación de la capacidad de uso de las tierras de Costa Rica. SEPSA. San José, Costa Rica. 51 p.
- Pérez, J.; Bornemisza, E.; Sollins, P. 1993. Identificación de especies forestales acumuladoras de aluminio en una plantación experimental ubicada en Sarapiquí, Costa Rica. Agron. Costarr. 17(2):99-103.
- Pérez, S.; Alvarado, A.; Ramírez, E. 1977. Mapa de consociaciones de suelos de Costa Rica. MAG/OFIPLAN. San José, Costa Rica. Esc. 1:200,000.
- Plath, C.V. 1967. Productive capacity of agricultural land in Central America. FAO, Rome, Italy.
- Richters, E.J. 1995. Manejo del uso de la tierra en América Central: hacia el aprovechamiento sostenible del recurso tierra. IICA, San José, Costa Rica. 439 p.
- Sánchez, A. 1994. Crecimiento de *Eucalyptus deglupta* y *E. grandis* bajo tres sistemas de plantación a nivel de finca, en la Zona de Turrialba, Costa Rica. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba. Costa Rica.
- Segura, O. 1992. Los incentivos forestales en Costa Rica: políticas económicas del sector. EFUNA. Serie Política Económica No. 5. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. 63 p.
- Sheng, T.C. 1971. Proyecto de clasificación de la capacidad de uso de la tierra orientada a su tratamiento. Para tierras marginales montañosas del trópico húmedo. FAO. Kingston, Jamaica.
- Society of American Foresters. 1958. Forestry terminology: a glossary of technical terms used in forestry. Third edition. Washington DC. 97 p.
- Solís, M. 1996. Zonificación preliminar de siete especies forestales para la Región Huetar Norte de Costa Rica. COSEFORMA/MINAE/GTZ. 10 p.



- Stuhrmann, M.; Bergmann, C.; Zech, W. 1994. Mineral nutrition, soil factors and growth rates of *Gmelina arborea* plantations in the humid lowlands of northern Costa Rica. For. Ecol. Manage. 70: 135-145.
- Vallejos, 1996. Productividad y relaciones con el índice de sitio con variables fisiográficas, edáfoclimáticas y foliares para *Tectona grandis* L.F., *Bombacopsis quinatum* (Jacq.) Dugand y *Gmelina arborea* Roxb. en Costa Rica. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba. Costa Rica. 142 p.
- Vargas, G. 1972. Estudio del uso actual y capacidad de uso de las tierras en América Central. Anuario de Estudios Centroamericanos (CR) 18(2): 7-23.
- Vásquez, A. 1991. Algunas alternativas para el desarrollo agrícola y forestal de Costa Rica. In: II Taller Latinoamericano de Manejo de Suelos Tropicales. Ed. T.J. Smyth, W.R. Raun y F. Bertsch. San José, Costa Rica. p 295-297.
- _____. 1989. Cartografía y clasificación de suelos de Costa Rica. Proyecto GCP/COS/009/TTA. Apoyo al Servicio Nacional de Conservación de Suelos. FAO. Roma, Italia. 115 p.
- Vásquez, W.; Ugalde, L. 1994. Rendimiento y calidad de sitio para *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, *Bombacopsis quinatum* y *Pinus caribaea*, en Guanacaste, Costa Rica. Informe final. Convenio de Cooperación IDA/FAO - CATIE. Turrialba, Costa Rica. 43 p.
- Zech, W. 1994. Metodología práctica para la identificación de sitios para reforestación en la Zona Norte de Costa Rica, en especial con melina y laurel. Documento del Proyecto No. 39. COSEFORMA. San José, Costa Rica. 53 p.



USO DE LA TIERRA Y FRAGMENTACION DE BOSQUES. ALGUNAS AREAS CRITICAS EN EL AREA DE CONSERVACION OSA, COSTA RICA

Tirso Maldonado Ulloa³

INTRODUCCION

Una preocupación de Fundación Neotrópica (FN) ha sido la de si los parques nacionales y otras reservas lograrán en el futuro, ser "usos de la tierra" permanentes, respetados y manejados. Ya en 1988² FN señalaba que "científicos y técnicos mostraban preocupación por el tamaño de algunas áreas protegidas, pues algunas de estas puede que no sean lo suficientemente grandes como para mantener, en el largo plazo, las plantas y los animales que contienen". El establecimiento de áreas protegidas fueron la contraparte a la masiva deforestación que se produjo y que puso al país en uno de los primeros lugares en el mundo en pérdida de bosques a nivel mundial. Con el paso de los años ese proceso continúa y ahora son las reservas forestales las que son más impactadas. En muy pocos años, la mentalidad recolectora de recursos del bosque, especialmente de madera, chocará con la realidad de no tener lugar hacia donde dirigir sus pasos.

Muchos costarricenses sienten orgullo de las áreas protegidas del país, y aún más cuando se dice que cerca de un 30% del territorio nacional está protegido. Al decir área protegida, mucha gente se imagina áreas con vegetación o bosques inalterados y bellos paisajes. Desde un punto de vista más productivo, muchos se quejan de la gran cantidad de tierras protegidas y sus argumentos apuntan de lo innecesario de proteger más. En realidad, pocos saben que varias áreas protegidas ya casi no tienen cobertura de bosques, y el paisaje que presentan no difiere mayormente de cualquier zona de producción agropecuaria. Ejemplo de estas áreas son las reservas indígenas de Ujarráz y Salitre; el Refugio de Fauna Barra del Colorado en donde viven cerca de 90.000 personas³, e inclusive hay plantaciones bananeras; el Parque Nacional Guanacaste tiene la característica de ser un proyecto de restauración ecológica del bosque seco, y hasta hace

1 Geógrafo, Pontificia Universidad Católica de Chile; M.Sc., CATIE-UCR. Director, Centro de Estudios Ambientales y Políticas de Fundación Neotrópica.

2 Maldonado, T. y Ramírez, A. Eds. (1988). Desarrollo socioeconómico y el ambiente natural de Costa Rica. Situación actual y perspectivas. Fundación Neotrópica, p.89.

3 Pedro Cordero, estudiante graduado, Universidad de Costa Rica. Comunicación personal. Octubre 1997.



pocos años era una finca ganadera; y en los volcanes una parte importante del área protegida como parque o reserva corresponde al cráter (Irazú, Poás) o cono volcánico (Arenal), en los cuales no hay vegetación natural o bosques.

En la Península de Osa y sectores adyacentes se encuentra el último remanente de bosque lluvioso tropical en toda la vertiente del Pacífico de América Central. La desaparición de los bosques en otras partes del país, pone presión y amenaza los bosques de esta compleja y única región del país y la existencia de la Reserva Forestal Golfo Dulce. Este estudio sobre la Península de Osa y algunas áreas críticas, pone énfasis en la cobertura natural y en el uso de la tierra, y en algunas tendencias que se empiezan a manifestar con respecto de la capacidad del referido uso de las tierras. La fragmentación y la eliminación del bosque es uno de los aspectos más preocupantes. Los ecosistemas de Osa son frágiles, muy diversos, distribuidos en pequeñas extensiones geográficas, lo que hace más complejo su manejo. Esas condiciones naturales son el capital y las oportunidades que tiene la Península para su desarrollo futuro, el perderlas o cambiarlas drásticamente constituiría perder esas oportunidades.

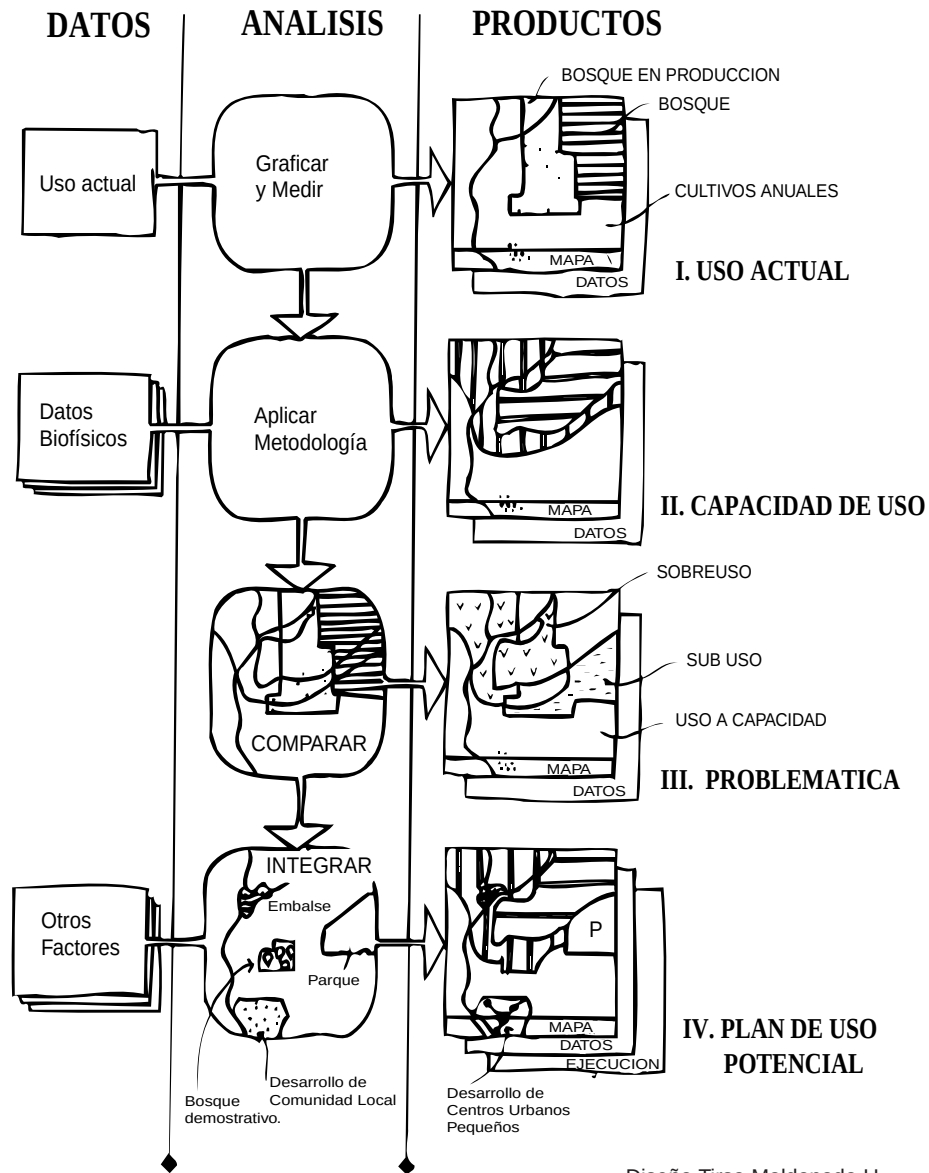
CAPACIDAD Y EVALUACION DEL USO DE LA TIERRA EN LA PENINSULA DE OSA⁴

La planificación del uso de la tierra es un proceso continuo y dinámico que tiene que ser constantemente evaluado para tomar decisiones oportunas, en el complejo ambiente del desarrollo sostenible. En Costa Rica se estableció una metodología oficial para medir la capacidad de uso de la tierra por medio del Decreto No.23214-MAG-MIRENEM, de junio de 1994. Con base en esta metodología⁵ se produjeron 133 mapas, los que constituyen el marco de referencia para evaluar el uso del territorio en los años futuros y también para analizar la historia del uso de la tierra y sus consecuencias visibles, positivas y negativas, en amplias áreas de su geografía.

4 En este informe se ha usado parte del siguiente estudio: Maldonado, Tirso (1997). Uso de la tierra y fragmentación de bosques. Algunas áreas críticas en el Area de Conservación Osa, Costa Rica. Fundación Neotrópica-Centro de Estudios Ambientales y Políticas. San José, C.R., 71 p. + 4 mapas.

5 Fundación Neotrópica está publicando 133 mapas de capacidad de uso de la tierra en las Clases Forestales, en escala 1:50,000, con base en esta metodología. El estudio y publicación ha sido posible gracias a los aportes económicos de la Fundación John D. & Catherine T. MacArthur de Estados Unidos, la Embajada Real de Dinamarca para CentroAmérica, y los aportes técnicos del Centro Científico Tropical y el Instituto Geográfico Nacional. Estos mapas son un aporte de Fundación Neotrópica al ordenamiento territorial de Costa Rica.

Figura 1: Planificación del uso de la tierra: el proceso



Diseño Tirso Maldonado U.
con base en Komives *et al.* (1985)



LA FIGURA 1 ilustra el proceso de planificación del uso de la tierra. Este requiere de estadísticas adecuadas y principalmente de mapas actualizados, rigurosos y realizados con criterios homogéneos que permitan su comparación. Los mapas pueden desarrollarse a partir de fotografías aéreas o a partir de imágenes de satélite. Uno de los problemas serios existentes es la falta de estándares para la identificación y cualificación de la cobertura de bosques y los diferentes usos, de manera que trabajos realizados por diferentes profesionales puedan ser comparados. Si han pasado varios años entre la obtención de estas fotos o imágenes más importante es contar con esos criterios definidos. Entre los estándares básicos necesarios de establecer están los de “bosque denso”, “bosque primario” y varios otros cuya interpretación depende de los criterios del investigador. El uso “bosque denso” es uno que cambia constantemente y no hay rigurosidad en la aplicación al momento de hacer mapas; esto afecta las estadísticas y su interpretación.

La capacidad de uso de la tierra mide el potencial de las tierras para soportar actividades agrícolas o forestales en el largo plazo, sin reducir su capacidad productiva si son manejadas adecuadamente. La metodología analiza diferentes parámetros (erosión, suelos, drenaje y clima) y factores (pendiente, erosión sufrida, profundidad efectiva de los suelos, textura, pedregosidad superficial, fertilidad, toxicidad, salinidad, drenaje, riesgo de inundación, zona de vida, período seco, neblina y viento). La metodología establece clases de capacidad, que son las siguientes:

- Clases I a V, tierras con capacidad de uso agropecuario.
- Clase VF, tierras aptas para el manejo del bosque o regeneración natural.
- Clase VI, tierras aptas para la producción forestal o frutales con obras de conservación de suelos.
- Clase VII, tierras aptas para el manejo del bosque o regeneración natural.
- Clase VIII, tierras aptas para la preservación de flora y fauna, protección de recarga acuífera, reserva genética y belleza escénica.

Los mapas tienen gran importancia en el contexto nacional. Un estudio realizado por Ascher⁶ (1993) señalaba que “en Costa Rica existían 10 sistemas diferentes de clasificación de tierras, y que eran utilizados por 22 instituciones de gobierno. Aparentemente

6 Ascher, W. (1993). Science and forestry policy in Costa Rica and Honduras. Center for Tropical Conservation. Duke University, 12 p.



cada agencia que requería un sistema de clasificación desarrollaba uno propio de acuerdo con sus necesidades o adaptaba un sistema prestado. La falta de un sistema de clasificación aceptado en forma general limitaba las acciones de las agencias gubernamentales en su mandato de formular y hacer cumplir las restricciones en el uso de la tierra”.

Entre las tareas por hacer en el futuro cercano se encuentra el análisis de la problemática entre capacidad de uso frente al uso de la tierra para amplios sectores del territorio nacional. El hacer esta evaluación permitirá identificar y medir las áreas geográficas que cuentan con oportunidades para conservación y manejo y cuales requieren recuperación; las que se refieren a recuperar bosques en zonas sobreutilizadas, el autor estima tomará el esfuerzo de algunas generaciones.

El denominado “plan de uso potencial” es una de las tareas grandes por resolver en el futuro. Sobre todo cómo revertir el uso de la tierra en amplias zonas sobreutilizadas, que presentan marcado deterioro ambiental; el determinar las zonas en las que se fomentará el crecimiento urbano e industrial; el definir las áreas amortiguadoras a núcleos de biodiversidad, etc. Estas tareas requieren la participación activa de los diversos actores que toman decisiones en la región estudiada, de los que depende al final que se produzcan los cambios. Esto es parte de lo que se denomina “ordenamiento territorial”, pero que se puede denominar así una vez que se lleva a cabo en el campo o en el terreno, pero no cuando es parte de estudios o zonificaciones teóricas, que pueden ser muy valiosas desde el punto de vista de técnico, pero que nunca son llevadas a la práctica.

COBERTURA DE BOSQUES Y USO DE LA TIERRA EN LA PENINSULA DE OSA

El uso de la tierra refleja las decisiones tomadas por los diferentes actores presentes en una región sean estos gubernamentales o privados. En este estudio se ha puesto énfasis en el uso general de la tierra, sin entrar a calificar el estado cualitativo de esos usos.



CUADRO 1.

Cobertura de bosques y uso de la tierra en la Península de Osa-marzo 1995. Área total, Reserva Forestal Golfo Dulce y Reserva Indígena Guaymí de Osa, (Superficie en hectáreas).

Cobertura-Usos de la Tierra	Área Total	%	R.F. Golfo Dulce	%	R.I. Guaymí Osa	%
Parque Nac.	50,960.0	28.3	-	-	-	-
Bosque natural	57,333.0	31.7	41,161.8	69.6	2,385.4	89.5
Humedales con árboles	13,876.0	7.7	274.0	0.46	-	-
Bosque galería	380.0	0.21	36.3	0.06	-	-
Humedales sin árboles	5,061.0	2.8	189.8	0.32	-	-
Charrales	5,804.0	3.2	2,818.4	4.8	46.6	1.70
Lagunas	144.6	0.07	111.6	0.19	-	-
Lodo	158.0	0.08	71.7	0.12	-	-
Sedimentos	252.5	0.14	-	-	-	-
Zona marina protegida	179.0	0.09	-	-	-	-
Playas	386.0	0.21	-	-	-	-
Plantaciones de melina	2,788.0	1.6	495.8	0.84	-	-
Otras **	22.6	0.01	-	-	-	-
Pastos con árboles	1,826.0	1.00	580.8	0.98	-	-
Pastos	34,595.0	19.1	13,266.0	22.46	235.0	8.8
Agricultura	6,906.0	3.8	50.3	0.08	-	-
Centros poblados	98.0	0.05	-	-	-	-
Total	180,932.9	100.0	59,070.3	99.91	2,733.3	100.0

* Incluye humedales con árboles de mangle y yolillo.

** Se refiere a aquellas plantaciones que fueron determinadas en la fotointerpretación.

El área analizada en este estudio que no se encuentra en alguna categoría de manejo de áreas silvestres es de 68,169 hectáreas.

La cobertura de bosques no protegida en parques nacionales, y con diferente grado de alteración, llegaba a 57,333 hectáreas. Esta superficie se encuentra fragmentada y en algunos casos bloques continuos grandes ya han sido separados o cortados. Esto dificulta la conexión natural que establecía la Reserva Forestal Golfo Dulce con los parques nacionales Corcovado y Piedras Blancas, ubicados uno de otro a 45 kilómetros de distancia.

Los fragmentos de charrales menores de 50 hectáreas (Has), sumaban 249, con una superficie de 3,598 hectáreas y cubrían el 61.9% del área total con charrales. Estos bloques son una transición al cambio de uso con pastos, es decir, no son áreas de recuperación de bosques, sino de degradación de cobertura natural. Gran parte de estos charrales se encuentran en tierras con capacidad de uso forestal, por lo que esta uso debería revertirse a bosques; de otra manera las tierras sobreutilizadas aumentarán en casi 6,000 hectáreas en el corto plazo.



La explotación maderera, seguida por la “limpia” de las tierras para fines de establecer pastos es la tendencia que se observa. Los pastos ocupaban 34,600 hás (20% del total) y poco más de 13,000 hás se encontraban dentro de la R.F. Golfo Dulce (22.5% de las tierras de la reserva). Se indentificaron 458 bloques de pastos, de los cuales poco más 50% tenían menos de 10 hectáreas. El uso de pastos analizado aisladamente puede parecer poco importante. Sin embargo, cuando se suma el área total de cuencas o microcuencas, o las tendencias en ciertas zonas geográficas de la Península, entonces este mosaico muestra un patrón que va fragmentando y aislado, uno de otros, los grandes bloques de bosques. Gran parte de estos bloques pequeños no evidencian una ocupación permanente por parte de finqueros, o por lo menos eso no se refleja por la presencia de viviendas permanentes.

Las nuevas investigaciones realizadas en varios países tropicales muestran la importancia que tiene para la conservación de los ecosistemas de bosques tropicales, que las áreas de bosques sean de gran tamaño y, de ser posible, en bloques continuos. Se puede decir que una reserva que abarque sólo el 10% del hábitat original retendrá sólo el 50% de las especies originalmente presentes. Los parches de hábitat más grandes perderán especies en forma mucho más lenta, pero cualquier pérdida de hábitat llevará a perder especies. En todo fragmento pequeño de hábitat además de la pérdida de especies con relación al tamaño del área, habrá, y a menudo en forma rápida, reducción en las especies remanentes debido a extinciones secundarias (Mackinnon⁷, 1997). Las implicaciones de esta fragmentación aun no han sido evaluadas en la Península de Osa.

Un estudio realizado en Java, Indonesia, mostró que los pequeños fragmentos de bosque entre 10 y 40 hás, habían perdido 80% de las especies de aves originalmente esperadas, comparadas con solo 25% de pérdida en áreas con bosque de más de 10.000 hás.⁸

En el área analizada de Osa, el 63% de los bloques con bosque tienen menos de 20 hás. y cubren el 2.3% de la superficie. Si se analizan los bloques de mayores dimensiones hay 10 bloques de más de 500 hás. que representan poco más del 85% de los bloques. El hecho de que sean pocos bloques, no significa que éstos no se encuentren de alguna manera intervenidos. Los bosques que rodean el sector oriental del parque nacional Corcovado muestran gran alteración, y gran parte de los bosques de tierra

7 MacKinnon, K. (1997). The ecological foundations of biodiversity protection. In: Kramer, R.; van Schaik, C. y Johnson, J. Eds. (1997). Last stand, protected areas and the defense of tropical biodiversity. Oxford University Press, New York, pp.36-63.8

8 Helvoort citado por Mackinnon, 1997. Mackinnon, K. The ecological foundations of biodiversity protection. In: Kramer, R.; van Schaik, C. y Johnson, J. Eds (1997). Last stand, protected areas and the defense of tropical biodiversity. Oxford University



planas ya fueron eliminados. Algunos bloques están unidos por pequeñas áreas de bosques, y de no ser por esas pequeñas secciones formarían un bloque aparte. Especial cuidado habrá que tener para que esas áreas aumenten su grado de conexión y que no se produzcan fragmentaciones en otras zonas. Igualmente preocupante es el mejoramiento de caminos, como el realizado entre el sector Rancho Quemado y Bahía Drake, que corta el único bloque continuo de bosque ubicado al norte del parque nacional Corcovado; y que puede activar la eliminación de la cobertura de bosque a ambos lados del camino. Todos estos bloques se encuentran dentro de la R.F. Golfo Dulce y establecían un continuo de bosques que unía los parques nacionales de Corcovado y Piedras Blancas. Sin embargo, con la fragmentación, el corredor biológico pierde paulatinamente su efectividad con consecuencias para la flora y la fauna que ni siquiera se sospechan.

Una publicación reciente muestra la gran riqueza de especies de plantas que estos bosques contienen. Thömsen (1997)⁹ en una parcela de cuatro hectáreas ubicada en la quebrada de Aguabuena encontró 2.274 árboles de más de 10 cms., de DAP que se distribuyeron en 291 especies y en 60 familias. Este bosque fue comparado con inventarios realizados en 113 sitios del Neotrópico (incluyendo sitios de México, Costa Rica, Panamá, Colombia, Ecuador, Guyana Francesa, Guyana, Suriname, Brasil, Venezuela y Perú) y se encontró que: los bosques de Osa son menos densos y tienen árboles más grandes que otros bosques lluviosos del Neotrópico; el área basal fue 28.4% más alto que el promedio; el área basal por árbol fue 57% mayor que el promedio y la altura máxima fue 41.5% mayor que el promedio. Los bosques maduros en Aguabuena ocuparon el tercer lugar en riqueza de especies en comparación con 89 sitios Neotropicales analizados.

9 Thömsen, K. (1996). Potential of non-timber forest products in tropical rain forest in Costa Rica. Ph.D. dissertation. Faculty of Natural Science, University of Copenhagen, Denmark. 150 p. + appendix.



CAPACIDAD DE USO

En el área estudiada hay 36,460.6 hectáreas con capacidad de uso agrícola. Estas tierras se ubican en la zona costera de la Península, entre Punta Matapalo y las tierras aluviales del Río Rincón. Estas tierras han sido tradicionalmente usadas en arroz y pastizales. En los últimos tres años, le ha podido observar una alternancia entre pastos y cultivos de arroz, que depende de las características del mercado.

CUADRO 2.

Clases y Subclases de capacidad de uso de la tierra-Clases forestales en Península de Osa (superficie en hectáreas).

Subclase	Area	%	Subclase	Area	%	Subclase	Area	%
VI5	3,490.2	3.7	VII6r	5,859.8	6.2	VIII6r	405.2	0.43
VI5t	20,703.5	22.2	VII6d	48.8	0.05	VIII6d	12,501.0	13.4
VI5tzv	61.4	0.06	VII7t	115.8	0.12	VIII7pt	52.0	0.05
VI4ep	73.6	0.08	VII6p	0	0	VIII7ppi	0	0
VI4tzv	1,461.0	1.56	VII6n	70.5	0.07	VIII7p	5,496.0	5.9
VI4zv	3,790.1	4.0	VII6t	3,445.6	3.6	VIII7n	1,019.9	1.09
Total	29,579.2	31.6	VII6	14,725.2	15.8	VIII7	13,241.6	14.2
			VII5pzvn	211.1	0.22	VIII6t	59.0	0.06
			VII5zvn	1,241.7	1.3	VIII7tp	323.0	0.34
VF	3,378.4	3.6	VII5zv	789.6	0.84	Total	33,097.8	35.5
Total	3,378.4	3.6	VII5n	555.1	0.59			
			VII5	93.5	0.10			
			Total	27,156.9	28.90			

Los porcentajes están referidos al total de tierras con capacidad de uso forestal en el área de estudio, las que suman un total de 93,212.2 hectáreas. Las tierras con capacidad de uso agrícola suman una superficie de 36,460.6 hectáreas. El porcentaje total de las clases de capacidad, indicado en negrita, es aproximado por el redondeo de las cifras. Simbología para las subclases se encuentra en el Anexo 1.



A partir de la llegada de la Empresa Ston Forestal, algunas de las tierras con capacidad agrícola han sido cultivadas con melina, una especie de rápido crecimiento que se usa para madera o la fabricación de papel.

La Reserva Indígena Guaymí presenta en su gran parte capacidad de uso forestal, y las clases se distribuyen de la manera siguiente: Clase VI (765 hás.), Clase VII (1,188 hás.) y Clase VIII (714 hás.), las que en su gran mayoría están con bosques.

Como se observa en el cuadro 2, en las clases de capacidad de uso VI una cantidad importante se concentran en las subclases VI5t y VI4zv (tierras que presentan limitantes por la textura -t- de los suelos y por zona de vida -zv- que es muy lluviosa), que en conjunto representan el 82% del total de la clase. El total de clase VI muestra que se aproxima a las 30,000 hectáreas, una superficie interesante para desarrollar actividades de manejo forestal si se encontrara en un bloque continuo, lo que no es el caso de la Península de Osa. Para analizar la distribución de la capacidad de uso en la clase VI se hizo una búsqueda de los bloques que tuvieran más de 1,000 hectáreas. Se encontraron siete bloques con superficies variables entre 1,003 y 3,809 hectáreas, todos ellos ubicados en zonas con fuerte pendiente.

En cuanto a la clase VII, una gran parte de la superficie se concentra en las subclases con limitantes por textura de suelos, zona de vida muy lluviosa y presencia de niebla. Una superficie importante se encuentra en la subclase VIIdr que corresponde a humedales y la vegetación es muy diferente a la encontrada en las tierras altas. En cuanto a bloques de más de 1,000 hectáreas se encontraron seis, con superficies variables entre 1,026 y 1,308 hectáreas, todos ellos ubicados en zonas con fuerte pendiente.

La clase VIII que mide cerca de 33,100 hás., constituyen tierras que por sus limitantes no presentan condiciones para la explotación forestal y deben ser protegidas por sus funciones ambientales. Estas áreas constituyen un valioso complemento a las áreas protegidas en parques nacionales, ya que aumentan la extensión de algunos hábitats. Por estas razones éstas áreas no deben cambiar de uso, ni ser alteradas. Deben ser prioritarias para iniciativas de pago por servicios ambientales que promueve el Estado.



CONFLICTOS DE USO DE LA TIERRA: CAPACIDAD DE USO FRENTE A USOS DE LA TIERRA

Se considera conflicto de uso cuando las tierras se usan de una manera diferente a como lo determina la capacidad de uso. Este conflicto se puede dar por subuso o sobreuso. El subuso se produce cuando algunas actividades productivas (se sobreentiende que los manejos tecnológicos son adecuados, lo que no siempre es cierto) menos intensivas se llevan a cabo en tierras que tienen capacidad productiva para soportar una mayor intensidad. Algunos ejemplos de estos son: la actividad ganadera de baja capacidad de carga, o charrales o bosques secundarios en tierras con capacidad agrícola. El sobreuso se refiere a actividades productivas de mayor intensidad sobre tierras que no tienen capacidad para sostenerlas en el largo plazo: ejemplos de esto son usos agrícolas o ganaderos en tierras de capacidad de uso forestal; usos agrícolas o ganaderos en tierras de capacidad “protección”; o plantaciones forestales de ciclo corto en tierras de uso forestal (que se consideran más bien como un cultivo).

En términos generales el subuso¹⁰ es más permisible que el sobreuso, ya que el subuso no degrada la capacidad productiva de las tierras. Sin embargo, ambos niveles pueden ser considerados a cierta escala si hubieren necesidades de tipo ecológico-ambientales o socioeconómicas que lo justifiquen. En términos de sobreuso, las tierras que requieran ser ocupadas más intensivamente deben usar tecnologías adecuadas para hacer frente a las limitantes que pueden presentar las tierras. Sin embargo, eso que se establece en las metodologías y directrices de manejo solo se aplican en la realidad en casos muy contados. El cuadro 3 presenta las tierras sobreutilizadas en la Península de Osa.

10 Hay ciertos bosques en tierras relativamente planas que pueden ser de capacidad agrícola. No debe olvidarse que la capacidad de uso es un criterio de ordenamiento territorial pero no es el único. Muchas de esas áreas pueden ser remanentes últimos de un ecosistema que tenía una extensión mayor hace algunas décadas. El dejarlas y conservarlas justifican plenamente ese tipo de subuso. Lo mismo puede ocurrir con bosquetes de especies nativas dejadas en algunos pastizales de especies ya muy escasas o en peligro de extinción.



CUADRO 3.

Tierras sobreutilizadas de acuerdo con la capacidad de uso. Clases forestales, según Subclases. Península de Osa, marzo 1995 (superficie en hectáreas)

Subclase	Area	%	Subclase	Area	%	Subclase	Area	%
VI5	1,514.0	5.9	VIIIdr	27.6	0.1	VIIIIdr	93.2	0.36
VI5t	7,717.7	30.1	VIIId	4.3	0.01	VIIIId	2,452.8	9.56
VI5tzv	26.8	0.1	VII7t	0	0	VIII7pt	0	0
VI4ep	50.9	0.2	VII6n	0	0	VIII7n	17.0	0.06
VI4tzv	899.1	3.5	VII6t	1,303.9	5.0	VIII7p	1,227.6	4.8
VI4zv	1,445.6	5.6	VII6	3,880.6	15.1	VIII7	2,682.7	10.5
Total	11,653.5	45.4	VII5pzvn	28.4	0.11	VIII6t	16.8	0.06
			VII5zvn	90.3	0.35	VIIItp	112.2	0.4
VF3f	1,395.4	5.4	VII5zv	110.2	0.43	Total	6,602.3	25.7
Total	1,395.4	5.4	VII5n	26.6	0.1			
			VII5	25.3	0.09			
			Total	5,497.3	21.4			

Los porcentajes están referidos al total de tierras sobreutilizadas de acuerdo con la capacidad de uso de la tierra, las que sumaban un total de 25,634.9 hectáreas.

En la Península de Osa se encontraban poco más de 25,600 hás., sobreutilizadas (ver mapa 1). En cuanto al área analizada con capacidad de uso de la tierra forestal, este sobreuso se da en el 27.5% del área total; es decir, más de la cuarta parte de las tierras con capacidad de uso forestal ya están sobreutilizadas. El 45.4% de sobreuso se encontraba en la Clase VI; el 21.4% de las tierras con clase VII y el 25.7% de las tierras con capacidad VIII. Las tierras con capacidad VIII, de protección, por su fragilidad deben ser utilizadas con actividades de bajo a muy bajo impacto. Estas áreas complementan las áreas protegidas que se encuentran en parques nacionales y reservas biológicas.

Analizando la situación de la R. F. Golfo Dulce las tierras sobreutilizadas sumaban unas 13,650 hectáreas, es decir el 23.1% de la reserva. El principal sobreuso es por uso con pastos, y a tierras que se encuentran en transición a ser usadas con pastos (ya en



1995 se encontraban con charrales). Este análisis refleja la situación de la Península hace poco más de dos años. Con la continuación de la deforestación en la Península, la situación actual a 1997 ha empeorado. El cuadro 4 muestra las tierras utilizadas de acuerdo con la capacidad de uso.

CUADRO 4.

Tierras utilizadas de acuerdo con la capacidad de uso. Clases forestales, según Subclases. Península de Osa, marzo-1995 (superficie en hectáreas).

Subclase	Area	%	Subclase	Area	%	Subclase	Area	%
VI5	1,974.2	3.0	VIIldr	5,299.0	7.9	VIIIldr	248.2	0.37
VI5t	12,970.8	19.5	VIIld	22.9	0.03	VIIIld	9,563.3	14.3
VI5tzv	34.5	0.05	VII7t	0	0	VIII7pt	51.9	0.08
VI4ep	22.7	0.03	VII6n	70.5	0.1	VIII7n	990.4	1.5
VI4tzv	561.7	0.84	VII6t	2,139.	3.2	VIII7p	4,207.3	6.3
VI4zv	2,343.8	3.5	VII6	10,780.0	16.2	VIII7	10,513.0	15.7
Total	17,907.7	26.8	VII5pzvn	182.8	0.27	VIII6t	42.1	0.06
			VII5zvn	1,151.4	1.73	VIIItp	210.9	0.32
			VII5zv	675.7	1.0	Total	25,827.0	38.7
VF3f	1,980.8	3.0	VII5n	525.0	0.8			
Total	1,980.8	3.0	VII5	68.3	0.1			
			Total	20,914.6	31.1			

Los porcentajes están referidos al total de tierras utilizadas de acuerdo con la capacidad de uso de la tierra, en las clases forestales. Estas suman un total de 66,630 hectáreas.

El cuadro 4, muestra las tierras utilizadas a capacidad, es decir son de vocación forestal y tenían cobertura de bosque (alterados o no). En cuanto a las tierras de capacidad de uso forestal que tenían bosque en 1995, se puede señalar lo siguiente:

- Había 17 bloques de tierras con capacidad VI con más de 200 hectáreas cada uno y con cobertura con bosques, sus tamaños variaban entre 202 y 1,012 hectáreas. Estas áreas relativamente pequeñas muestran que existe muy poco bosque disponible en esta clase para aprovechamiento futuro.



•Había 18 bloques con tierras con capacidad de uso VII y con cobertura de bosques; sus tamaños variables entre 229 y 803 hectáreas. Estos bloques se encontraban principalmente en la zona ubicada al norte del río Rincón y presentan formas muy diversas y complejas que hacen difícil su explotación en forma técnica. Algunos bloques compactos con áreas variables entre 230 y poco más de 400 hectáreas se encuentran a lo largo del sector Mogos, en la zona del Corredor Biológico entre los dos parques nacionales.

LA PENINSULA DE OSA Y SU BIODIVERSIDAD EN TRES PUBLICACIONES RECIENTES EN EL CONTEXTO MUNDIAL Y LATINOAMERICANO

En el ámbito internacional tres importantes investigaciones, recientemente publicadas destacan el alto valor biológico de la Península de Osa y su importancia en el contexto ya sea latinoamericano o mundial. El solo hecho que la Península haya sido considerada muestra el grado de deterioro existente en otras regiones del mundo y la preocupación existente sobre estos ecosistemas a nivel internacional. Una de estas publicaciones es “Los últimos bosques-frontera. Ecosistemas y economías en el borde” publicado por el Instituto de Recursos Mundiales¹¹. Mundialmente queda solo el 20% de los bosques originales en bloques grandes poco perturbados. El 70% de estos bosques se concentran en tres países, Rusia, Canadá y Brasil. En Centroamericano quedaba sólo un 55% de bosques, perturbados y no perturbados; y al considerar los llamados bosques frontera¹² ese porcentaje llegaba a sólo el 10%. Casi un 90% de estos bosques están amenazados por extracción maderera (principal causa), remoción de vegetación, conversión de bosques a usos agropecuarios, actividades mineras y otros. En Costa Rica sólo dos bloques fueron clasificados como bosques frontera, uno es la Península de Osa y el otro es la Cordillera de Talamanca. La clasificación los coloca en la categoría “No queda mucho tiempo”, y de no tomarse medidas en el corto plazo es probable que desaparezcan.

11 Bryant, D.; Nielsen, D. y Tangle, L. (1997). The last frontier forests: ecosystems and economies on the edge. What is the status of the world's remaining large, natural forest ecosystems?. World Resources Institute-Forest Frontier Initiative. Washington, D.C., 42 p.

12 Bosques frontera, de acuerdo con el Instituto de Recursos Mundiales son aquellos bosques continuos de ecosistemas de bosques naturales intactos. Estos bosques son suficientemente grandes como para mantener toda su biodiversidad, incluyendo poblaciones viables de un rango amplio de especies asociadas con cada tipo de bosque.



Otra publicación es el estudio realizado por el Banco Mundial en asocio con el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) que salió a la luz pública a fines de 1995. Este estudio establece prioridades para mantener la representación de todos los ecosistemas y tipos de hábitat en los portafolios de inversión regional, y reconoció los aspectos de paisaje como guía esencial para la planificación efectiva de la conservación. Sin este marco de referencia, objetivo para evaluar la situación de conservación y la particularidad biológica de áreas geográficas, los donantes corren el riesgo de desestimar algunas áreas que están seriamente amenazadas y tengan un muy alto valor de biodiversidad. En Costa Rica la Península de Osa se ubicó en la Ecoregión “Bosques húmedos del lado Pacífico del Istmo de Panamá, Costa Rica*Panamá y fue clasificada como Amenazada, es decir, los hábitats intactos remanentes están restringidos a fragmentos aislados de tamaño variable (unos cuantos bloques grandes pueden estar presentes), con probabilidades de bajas a medianas de mantenerse en los próximos 10 a 15 años sino se da una inmediata o continua protección o restauración. Algunas especies ya han sido extirpadas debido a la pérdida de hábitats viables. En términos de prioridad de conservación, la Península fue clasificada como de Alta prioridad en escala regional.

Una tercera publicación es “Centros de diversidad de plantas¹³”, un trabajo publicado en tres volúmenes que contiene información de 234 sitios importantes para la conservación de la diversidad de plantas en el mundo. Los fundamentos para este estudio son la preocupación acerca de la rápida pérdida mundial y degradación de los ecosistemas naturales y la urgente necesidad de mostrar estas áreas de importancia botánica primaria, con la esperanza que éstas reciban niveles adecuados de recursos para asegurar su conservación. De los 234 sitios seleccionados, ocho correspondieron a América Central y tres a Costa Rica. La Península de Osa fue uno de estos sitios, la que contiene entre 4.000 y 5.000 especies de plantas vasculares y más de 500 especies de árboles. La Península fue evaluada como “Amenazada” especialmente por extracción maderera, minería, construcción de caminos y colonización.

En la Península de Osa el mercado de maderas es muy restringido¹⁴, y las maderas que tienen mayor demanda son las menos abundantes. Las especies finas representan sólo el 2.7% del volumen total aprovechado. En el período enero-febrero 1996 se autorizó

13 World Wildlife Fund for Nature-The World Conservation Union (1997). Centres of plant diversity. A guide and strategy for their conservation. Volume 3. The Americas. IUCN Publications Unit. Cambridge, UK. 562 P.

14 Jiménez, J.J. (1996). Diagnóstico del mercado de maderas de la Península de Osa. Informe de consultoría elaborada para Fundación Neotrópica. Aguabuena de Osa, C.R. p.i. + anexos.



por parte de las autoridades estatales la corta de 11.405 m³ de madera. El 67% de este volumen provino de 12 especies, entre ellas nazareno, ajo y chiricano, tres especies amenazadas o en peligro de extinción. El resto del volumen provino de 67 especies maderables!.

Las especies que viven en los bosques lluviosos son más vulnerables a la extinción. Una especie se extingue cuando todas las poblaciones locales han sido extirpadas. Esto es más probable cuando las poblaciones locales o el rango geográfico de la especie, o ambos, son pequeños. Las poblaciones locales pequeñas son un resultado inevitable de la alta diversidad de especies, lo que es característico de los bosques lluviosos. Las especies tropicales también tienden a tener rangos geográficos más pequeños¹⁵.

PLAN DE USO POTENCIAL

El plan de uso potencial requiere el análisis de muchas otras variables y la participación de diversos actores con potestad de tomar decisiones en la región estudiada, tanto gubernamentales como privados. Hay muchas interrogantes y acciones por llevar a cabo. Entre ellas ¿Cómo volver a establecer algún tipo de cobertura forestal natural en las áreas con pastos que se encuentran dentro de la reserva forestal o en otras zonas?. Esta respuesta no es fácil. En los estudios sobre la fragmentación de los bosques, se ha podido determinar que una gran proporción de las plantas y los animales son incapaces de cruzar sectores abiertos para llegar al próximo parche de bosque. Los factores como tamaño del fragmento, grado de aislamiento y tiempo de separación del bosque continuo, pueden influir directamente sobre la biodiversidad del fragmento y, de manera compleja, la biodiversidad de la colección de fragmentos que ocupan el paisaje. La falla de muchos animales para moverse entre fragmentos puede restringir también la migración de especies de plantas cuando estos animales incluyen a dispersores de semillas; el flujo genético puede restringirse si estos son polinizadores. El efecto borde en los fragmentos se incrementa a medida que el fragmento se reduce en tamaño. El borde de un fragmento producirá un gradiente en las condiciones microclimáticas, aunque no necesariamente simples. Efectos en radiación, temperatura del aire, disminución de la humedad relativa, se han registrado cuando se analiza el interior del bosque con sus

¹⁵ Kramer, van Schaik y Johnson, Eds., 1997. op. cit.

¹⁶ Turner, I.M. (1996). Species loss in fragments of tropical rain forest: a review of the evidence. *Journal of Applied Ecology* (33):200-209.



bordes. En Manaos, tales efectos en el microclima se pueden extender unos 40 metros dentro de los límites del bosque¹⁶. Ello crea condiciones a ciertas especies de flora y fauna que pueden ser más tolerantes a estas nuevas características.

Nuevos estudios muestran la importancia de los árboles semilleros en la composición de los bosques secundarios, y la cercanía o lejanía que se encuentran de los sitios que se quieran “recuperar”. En la región Huétar Norte, un estudio¹⁷ realizado sobre una parcela cubierta con pastos y utilizada con ganado por 25 años, se encontró que solamente en un 3.6% de la regeneración de árboles, no se pudo localizar algún árbol semillero dentro de un círculo de 50 metros medido a partir del centro de la parcela, lo que ocurrió a partir de las semillas forestales, cuyos mecanismos de dispersión son de mayor alcance (viento, agua, aves). En forma complementaria se analizó la influencia de un solo árbol semillero (*Otoba novogranatensis*) en la regeneración de un bosque secundario de nueve años de edad. El árbol se encontraba a 40 metros de distancia y no se encontró otro individuo en un kilómetro a la redonda. El estudio concluyó que la regeneración disminuyó exponencialmente dentro del bosque secundario conforme aumentó la distancia al árbol semillero. También se determinó que en otro bosque secundario de 12 años de edad, localizado a 400 metros de distancia de este mismo árbol semillero, no se encontraron individuos de esta especie. Ello indica el relativamente limitado radio de dispersión de esta especie.

En un estudio sobre frutos y semillas de cinco especies forestales (*Dipterix panamensis*, *Hyeromina alchorroides*, *Strypnodendron excelsum*, *Vochysia ferrugine* y *Vochysia guatemalensis*) hecho en la Región Huétar Norte, Müller (1997)¹⁸ concluyó que los árboles madre tienen una fuerte influencia sobre el peso y el tamaño de las semillas, por lo que no es recomendable hacer una selección cualitativa de las semillas de un lote con base en el tamaño de las mismas. Para las especies estudiadas, esta práctica tendría como consecuencia la eliminación de los árboles con semillas pequeñas y la reducción de la diversidad genética del lote de semillas. En general, en todas las especies se presentaron diferencias con respecto de la capacidad de sus semillas para ser almacenadas.

17 Fedlmeier, C. (1996). Desarrollo de bosques secundarios en zonas de pastoreo abandonadas de la Zona Norte de Costa Rica. Contribución de la Universidad Georg-August, Göttingen, a la agricultura y la forestería de los trópicos y sub-trópicos. Vol. 109. Göttingen, 177 p.

18 Müller, E. (1997). Investigaciones en frutos y semillas de árboles individuales de cinco especies forestales de la Región Huétar Norte de Costa Rica, con especial consideración en el almacenamiento. Tesis de Doctorado, Universidad de Hamburgo. COSEFORMA, Cooperación en los Sectores Forestal y Maderero, Convenio Costarricense -Alemán. 237 p.



Las semillas provenientes de algunos árboles no germinaron después del almacenamiento. Aunque este aspecto no ha llamado mucho la atención hasta el momento, tiene mucha importancia para la conservación de la diversidad genética de las especies. Con la excepción de *Strypnodendron excelsum* que pudo ser almacenada por 24 meses, para las semillas de las otras especies, el rango de almacenamiento varió entre uno a cuatro meses máximo. Es por ello que establecer rodales o huertos semilleros sea esencial para garantizar el abastecimiento de semillas a largo plazo.

Para la selección de árboles semilleros hay que tomar en cuenta que muchos árboles no fructifican anualmente; la presencia de semillas al momento de hacer los inventarios puede ser el único indicador adecuado de un árbol semillero funcional¹⁹.

Los estudios realizados y el aporte de la ciencia en ampliar el conocimiento de los ecosistemas tropicales y sus componentes, muestran la complejidad que se debe tener en cuenta al momento de tomar decisiones. Sin embargo, muy pocas veces se establece esta integración. Y gran parte de la información científico-técnica no llega en cantidad y formato adecuados, para quienes toman decisiones nacionales, regionales o locales. A ciertos niveles empresariales en el campo de recursos naturales, esa integración investigación-producción-decisión es más activa y frecuente (exportadores de flores, café, melina, teca, plantas ornamentales, melones), pero constituyen más la excepción que la regla. Es por ello que la estrategia de difusión de la información que produce Fundación Neotrópica en sus áreas, trabajo, la gente y organizaciones locales tienen prioridad.

Pero si bien la complejidad de los ecosistemas nos advierte acerca de su difícil “manejo” y una gran parte del territorio ya no tiene bosques naturales, hay otros aspectos que envían señales que no contribuyen al estilo de desarrollo sostenible, que a partir de la segunda mitad del la decenio de 1980 se impulsa en Costa Rica. Entre estas señales se encuentran algunos artículos de la Ley Forestal no.7575 y su reglamento. Un primer comentario con respecto de esta Ley es que en la definición de bosque se considera sólo aquellas áreas que tengan más de dos hás., que tengan más de 70% de cobertura de dosel, y tengan más de 60 árboles/há >15 cms., de DAP. Con un gran porcentaje del

19 Janzen, D. y Vázquez-Yanes, C. (1991). Aspects of tropical seed ecology of relevance to management of tropical forested wild-lands. In: Gómez-Pompa, A.; Whitmore, T. y Hadley, M. Rain forest regeneration and management. Man and the Biosphere series, vol. 6. UNESCO & The Parthenon Publishing Group. Paris, pp. 137-157.



bosque fragmentado, y la importancia que tienen estos fragmentos para la flora y la fauna, especialmente su influencia como aportadores de semillas de especies que ya no se encuentran en amplias áreas del país, genera una mayor vulnerabilidad para futuros esfuerzos de recuperación de zonas con bosques secundarios. Algunos aspectos controversiales se encuentran en el Reglamento de esta Ley²⁰, entre los que se destacan:

1. En el artículo 14 del reglamento se establece que “para el aprovechamiento maderable de los bosques será necesario la elaboración de un plan de manejo siguiendo los criterios de sostenibilidad oficialmente aprobados...”. El reglamento no especifica cuales son esos criterios. La Resolución no.204 SINAC-MINAE²¹ estableció criterios de sostenibilidad en forma temporal por un período de dos meses, de manera de atender los planes de aprovechamiento y manejo recibidos durante 1996 y principios de 1997. La Resolución estableció dos principios: Plan de Manejo e Impacto de Aprovechamiento. Aunque suena raro, siguiendo los textos pertinentes del reglamento, estos indican que: “para el aprovechamiento maderable de los bosques será necesario la elaboración de un plan de manejo siguiendo los criterios de sostenibilidad oficialmente aprobados” y la resolución no.204 complementa que “uno de los principios de sostenibilidad es hacer un plan de manejo” (?).

2. El artículo 21 establece en uno de sus párrafos que “Si de las labores de ejecución del plan de manejo, sobreviene alguna situación que por sus efectos NO ponga en peligro la estructura y composición del bosque, se hará una prevención formal por escrito al propietario o propietaria del plan de manejo y al regente”. Puede ser un error de redacción, pero esto es lo que indica el reglamento.

Con lo expuesto anteriormente y otras variables que conforman la realidad de la Península de Osa, el panorama aún presenta oportunidades, pero se requiere una visión nueva, y reconocer y aceptar que es una zona muy compleja y diversa, y ello la hace única y de importancia mundial. Esas son las oportunidades con que cuenta Costa Rica en esta parte del mundo. Y es una de las pocas regiones del país en donde se puede integrar lo agrícola, con lo forestal, la conservación de naturaleza y la búsqueda de nuevas opciones para el desarrollo regional. Pero para ello es fundamental que el deterioro no continúe en la región. La sociedad costarricense debe

20 Decreto no.25721-MINAE. La Gaceta no.16, jueves 23 de enero de 1997.

21 La Gaceta, 14 de marzo de 1997.



establecer prioridades de manera que los diferentes usos de la tierra y las tierras con cobertura de bosques naturales, se integren en visiones de largo plazo. Ese largo plazo debe medirse en términos generacionales (en un siglo hay cuatro generaciones).

A la luz de la gran inversión que se ha hecho en el país en investigación apoyada tanto por la sociedad costarricense como por la comunidad internacional representada por gobiernos amigos, agencias internacionales, organizaciones no gubernamentales, fundaciones, etc., el país no puede seguir siendo planificado cada cuatro años, que es el período de gobierno. Seguir sobreutilizando las tierras forestales con bosques, mientras enormes extensiones del país continúan sub-utilizadas ya no es aceptable. La tarea se torna más urgente si se considera que la población costarricense pasará de 3.3 millones en 1997 a poco menos de 6.0 millones en unos 30 años.

La Península de Osa, con un 72% de capacidad de uso forestal, y una parte importante de tierras de protección, y con una superficie forestal que puede contribuir a restaurar algunas zonas, entre las “vocaciones” naturales que presenta esta región se encuentran:

- El ecoturismo especializado, ordenado, en fincas privadas, que contribuyan a resguardar el patrimonio de biodiversidad y en conjunto con las áreas protegidas en parques nacionales integrarse efectivamente en una estrategia de largo plazo. La participación de la gente local, las autoridades de gobierno, las ONG's y la empresa privada juegan papeles importantes en esa visión. Esta iniciativa ya está en proceso. Frente a la pérdida de cobertura de bosques en la R.F. Golfo Dulce algunos finqueros nacionales y un número no determinado de extranjeros han establecido reservas entre las que se encuentran: Lapa Ríos, Horizontes, Marengo, Campanario, Río Oro, Bosque del Cabo, Observatorio Biológico La Leona, Reserva Hacienda Paraíso Tropical, Punta Achioté, San Lázaro, Aguabuena y Rancho Quemado. En nuevas iniciativas se está promoviendo la “inversión en tierras con ecosistemas naturales por su valoración futura por escasez”. Estos conceptos cobran una dimensión muy práctica en los bosques de Osa, ya que son los únicos que quedan en América Central.

- La producción de agua de calidad, la cual se reduce en disponibilidad cada año que pasa por el deterioro de las cuencas, es otra vocación de los bosques de Osa. El informe “Estado del Mundo 1997” del WorldWatch Institute, indicaba que aquellos países que contaban con menos 1.000 m³/persona/año son generalmente considerados escasos de



agua. Para comienzos de 1990, 26 países con una población de 230.000.000 de personas estaban en la categoría de escasos de agua. Al igual que hace unos decenios, los proyectos de captura de CO₂ o prospección de biodiversidad ni siquiera se imaginaban posibles, en el futuro no muy lejano el bombeo de agua de algunas cuencas de Osa para algunas ciudades intermedias que se ubiquen al sur de San José no será un asunto tan extraordinario. O quizás buques tanques lleguen a ciertas zonas del país para transportar agua a regiones con escasez en otros países.

En la evaluación del desarrollo sostenible se está en permanente búsqueda de indicadores que muestren su progreso. Las condiciones que presente la Península de Osa en el futuro, serán un buen indicador del grado de desarrollo sostenible de Costa Rica.

ANEXO 1

Factores y parámetros con su respectiva simbología y categorías limitantes en la actividad forestal según la metodología de capacidad de uso.

Parámetro	Factores de Parámetros	Símbolo	Categorías limitantes
EROSION	Pendiente	1	0 < 3 %
		2	3 < 8 %
		3	8 < 15 %
		4	15 < 30 %
		5	30 < 50 %
		6	50 < 75 %
		7	> 75 %
	Erosión sufrida	e	moderada severa-muy severa
SUELOS	Profundidad efectiva	p	superficial
	Textura	t	finas-muy finas
	Pedregosidad	pi	alta-abundante
	Fertilidad	f	baja
	Toxicidad	s5	alta
	Salinidad	s6	alta
DRENAJE	Drenaje	d	excesivo-muy lento
	Riesgo de inundación	r	muy severo
CLIMA	Zona de vida	zv	pluviales-páramo
	Período seco	s	moderado-fuerte
	Neblina	n	moderado-fuerte
	Viento	v	moderado-fuerte



LA RECUPERACION DE TIERRAS DEGRADADAS EN EL LADO PACIFICO DE LA SERRANIA DE TILARAN

Vicente Watson ¹

INTRODUCCION

Diferentes estudios sobre la capacidad de uso de las tierras de Costa Rica, coinciden en que más de un 50% de la superficie del país tiene capacidad de uso de la tierra forestal (SEPSA 1978, Vásquez 1989 y Watson *et al.* 1993). Por otro lado, la cobertura boscosa del país se ha reducido de un 99% que debió tener en su estado natural (Tosi, 1974), a una cifra cercana a una tercera parte de la superficie del país según el Mapa de Uso Actual de la Tierra de Costa Rica de 1992 que es el más reciente (Instituto Meteorológico Nacional, 1995). Si se toma uno de los mapas de capacidad de uso de la tierra, por ejemplo el Mapa de la Capacidad de Uso de las Tierras Forestales de Costa Rica (Watson *et al.*, 1993) y se comparán con el Mapa de Uso de la Tierra de 1992 anteriormente mencionado (Instituto Meteorológico Nacional, 1995), se obtiene que hay más de un 25% del territorio nacional que actualmente no tiene bosque y que debería tenerlo, lo cual implica que en el país más de 1.250.000 hectáreas de tierras ya fueron o están en proceso de degradación.

¿Cómo recuperar estas tierras degradadas? es lo que trata el presente artículo. Las ideas expresadas se basan en las experiencias del autor, tanto como un profesional con más de 15 años de trabajo en las diferentes áreas del país y fuera de éste, en calidad de consultor en ecología aplicada y forestal, así como por su vivencia personal por provenir de una familia de un pequeño productor agropecuario, ubicado en el Lado Pacífico de la Serranía de Tilarán. También el trabajo contiene los aportes de la investigación sobre la calidad de la regeneración natural realizada en la zona de Abangares como parte de la tesis de Maestría presentadas por el estudiante holandés Danny Hooftman y el autor en la Universidad Agrícola de Wageningen, Holanda (Hooftman 1995 y Watson 1995).

¹ Centro Científico Tropical



LA DEGRADACION DE LAS TIERRAS

La combinación del uso en agricultura de subsistencia, especialmente de maíz, en terrenos quemados con la incidencia de lluvias torrenciales de muy alta intensidad típicas del Lado Pacífico de la Serranía de Tilarán y con terrenos de pendientes muy fuertes (30, 40 y más de 50%) provocaron que la parte superior del suelo se erodara (más protector ha sido el sistema de frijol tapado). Posteriormente, cuando se dio la expansión ganadera en la zona, alrededor del decenio de 1970, la exposición completa de los suelos se cambió por el pisoteo de los animales que en los terrenos quebrados igualmente provoca una erosión muy fuerte. Por ejemplo, la profundidad del suelo medida en un sitio con pendiente cercana al 30% en Abangares, presentó una diferencia de 45 cm cuando se midió en un terreno de pastoreo y en relación con otro sitio de similares condiciones pero bajo cobertura boscosa. Esta pérdida de profundidad del suelo tiene implicaciones serias, en relación con la disminución de la capacidad de almacenamiento de agua, cantidad de nutrientes disponibles y pérdida de materia orgánica.

La degradación también incluye la transformación de la vegetación. Esta se ve reducida, desde un bosque denso que constituía la vegetación original, a un pastizal con unos pocos árboles aislados, unas fajas angostas de árboles a lo largo de los ríos y quebradas y pequeñas áreas boscosas en las partes más accidentadas. Los pastizales pueden presentar más o menos árboles aislados, lo cual depende del finquero.

Los efectos de esta transformación del paisaje ecológico se observan también en el aspecto social. En la época de los cultivos de subsistencia, la tierra estaba dividida en muchas fincas pequeñas. Con la generalización de la ganadería, alrededor de los años de la década de 1970, los propietarios más grandes compraron a los más pequeños o también al crecer los hijos y tener que repartirse la tierra, la cantidad que le correspondía a cada uno era tan pequeña que no le permitía vivir de ésta, por lo que generalmente se vendía la propiedad y se repartía el dinero entre los hijos. La mayoría de las veces el dinero se gastaba y los pequeños propietarios se convirtieron en peones de las fincas grandes y los jóvenes emigraron hacia el Valle Central o a las tierras de las bananeras. Así, los pueblos de esta zona marginal del país viven una especie de desesperanza, interrumpida solamente durante los días festivos, cuando muchos de los



emigrantes vuelven para visitar a sus parientes. Este fenómeno se da especialmente para la Navidad y la Semana Santa. La única esperanza de romper esta situación es a través de la repartición de tierras por parte del IDA, institución que toma un sinnúmero de años antes de efectuar un asentamiento, tal como sucedió con la parcelación en San Juan Grande de Abangares, la cual hace veinte años que se necesitaba, diez que se concibió y cuatro desde que se iniciaron las gestiones y hasta ahora parece que se va a convertir en realidad.

LA RESTAURACION DE LAS TIERRAS DEGRADADAS

• Esfuerzos anteriores realizados

Diversos grupos han realizados esfuerzos por poner a producir las tierras degradadas en esta zona. En San Juan de Abangares, un grupo de alemanes compraron cinco fincas que en total sumaban unas 550 hectáreas. Ellos construyeron casas y otras instalaciones a la orilla del río, las cuales usan para venir de vacaciones. También plantaron un lote con cítricos e impulsaron la siembra de marañón entre otros finqueros, con la promesa de que se iba a instalar una planta procesadora de la semilla de esta fruta en Barranca. Hoy día la plantación de cítricos es un fracaso (la fruta es muy seca), el marañón nadie lo compra y solamente perduran las casas a la orilla del río, las cuales son ocupadas ocasionalmente.

Se realizó otro esfuerzo con reforestación a través de los incentivos denominados Certificado de Abono Forestal por Adelantado (CAFA) para los pequeños y medianos productores. El Centro Agrícola Cantonal de Abangares promovió principalmente dos especies: El pochote (*Bombacopsis quinatum*) y el guayaquil (*Albizzia guachepele*). Estas plantaciones en bloques sufrieron pérdidas fuertes, debido a fuegos fortuitos que frecuentemente durante la época seca, se inician en algún lugar y azuzados por las ráfagas de viento de más de 100 km/hora en algunos días entre diciembre - abril de todos los años, no respetan rondas, ni caminos y, a veces, hasta a los mismos ríos con su habitual faja de bosque ribereño, son capaces de sobrepasar. También, las pocas



áreas de plantaciones que han tenido mejor suerte se encuentran en las tierras planas, donde algunos finqueros medianos han plantado teca (*Tectona grandis*) y en las faldas de las laderas donde el suelo es más profundo y las plantas reciben humedad extra por gravedad. Tampoco se vislumbra que haya suficientes recursos económicos para hacer plantaciones en áreas muy grandes y en todo caso, en la mayoría de las áreas quebradas las plantaciones han dado resultados muy pobres, por lo que la opción de reforestación no promete ser viable.

El último intento de restauración se dio con la aplicación de los incentivos para la Conservación del Bosque (CCB) el cual se ha transformado en el Pago por Servicios Ambientales (PSA). En esto se aprovechó la coyuntura del bajo precio de la carne que fue la razón principal de que en San Juan Grande de Abangares, de una área total estudiada de 4519 ha con un 76.4% en pastos en el año 1981, se pasara a un 46.7% en el año 1992 en este uso. Por otro lado, el terreno abandonado y que se encontraba en un proceso de regeneración natural aumentó del 5.2% en 1981 al 34% en 1992 (Watson, 1995). Los incentivos mencionados vinieron a dar la oportunidad de obtener una cierta cantidad de algo que no producía nada, aunque por el momento, los CPB y PSA cubren menos de un 5% del área.

•Las posibilidades técnicas

Descartado el pastoreo que en este tipo de terrenos rinde muy poco y cada vez degrada más el sitio, las posibilidades de producir algo en las tierras escarpadas típicas del lado pacífico de la Serranía de Tilarán tendrán que estar asociadas con la vegetación arbórea. De ésta también deberán descartarse las plantaciones por sus altos costos, bajo rendimiento ante la degradación del sitio y alto riesgo de incendios forestales no controlados. Así, solamente se vislumbra el potencial uso de la regeneración natural para: primero estabilizar la degradación y luego, con el tiempo, restaurar las tierras degradadas del lado pacífico de la Serranía de Tilarán.



RESTAURACION DE TIERRAS POR MEDIO DE LA REGENERACION NATURAL

•Razonamiento para el establecimiento del estudio

Se trató de encontrar un modelo que explicara el valor de la regeneración natural, desde el punto de vista de producción de maderas y también de la biodiversidad. Dado que eran muchos los factores que influyen la regeneración natural, se limitó el estudio al efecto de los árboles remanentes que los finqueros han dejado en los potreros.

La razón por la que se escogió este factor fue que se encontró en la literatura, que los árboles aislados juegan un papel muy importante, ya que proveen semillas directamente para el establecimiento de la regeneración natural y también sirven de lugares donde se paran las aves, las cuales, a través de sus defecaciones, riegan semillas que traen de los bosques vecinos (Purata, 1986). Con este razonamiento se planteó la hipótesis siguiente: De existir un número suficiente de árboles aislados en el terreno, la regeneración natural iba a ser valiosa puesto que habían altas probabilidades de que se diera una adecuada distribución de semillas para el establecimiento de la vegetación.

•Pasos del estudio

Para tratar de construir el modelo se midieron 45 parcelas de 50 m x 10 m con bosque secundario y que se ubicaban en estratos con diferentes números de árboles aislados (árboles padres). Las parcelas se dividieron en subparcelas con diferentes tamaños cada vez más pequeñas para medir los árboles con diámetro (DAP) mayor a 10 cm (50m x 10m), los árboles con DAP entre 5cm y 10cm (50m x 5m), contar los brinzales con altura mayor a 1 m (50 m x 1 m) y contar todas las especies presentes, en bloques muy pequeños (5 de 1 m² cada uno). Finalmente para poder relacionar la regeneración natural con los árboles remanentes, se midió el (DAP), la altura total, el diámetro de copa y la ubicación de los árboles (padres) que estaban ubicados a una distancia menor a 100 m alrededor de las parcelas.



Seguidamente se asignó un valor en dólares a cada parcela para poder comparar el valor como bosque de producción entre una parcela y otra. También se obtuvo un valor por parcela para efectos de biodiversidad se aplicó el índice de Shannon - Wever (Sokal y Rohlf, 1981). El valor en dólares de la parcela se tomó como la suma de los valores del árbol más valioso existente en cada cuadro de 5m x 5m de la parcela. Para esto fue necesario determinar el valor de un árbol de tamaño aprovechable, para cada una de las especies comerciales existentes en el área de estudio.

•Valor comercial de la regeneración natural

Se encontró que el valor comercial de la regeneración natural desde el punto de vista de producción de madera, está correlacionado positivamente con el área de cobertura de copa de los árboles remanentes (m²/ha) en el momento del abandono de la tierra, negativamente con la pendiente del terreno (%), positivamente con la edad desde el abandono (años) y con el número de especies presentes como árboles remanentes. Específicamente, la ecuación que mejor expresó la relaciones de estas variables en un análisis de regresión múltiple fue la siguiente:

$$\text{Valor (\$)} = 2.095 \cdot \text{SUC}(\text{m}^2/\text{ha}) - 1.210 \cdot \text{Pend}(\%) + 2.228 \cdot \text{Edad}(\text{años}) - 1.824 \cdot \text{Nspp}$$

$R^2 = 0.32$ siendo significativo (F) al 0.0032.

donde **Valor (\$)** = Valor en dólares de una parcela de 1/20 de ha.

SUC = Superficie cubierta por las copas, en m²/ha, de los árboles remanentes ubicados a menos de 100 alrededor de las parcelas.

Pend = Pendiente del terreno en %.

Edad = Número de años desde el abandono de la parcela.

Nspp = Número de especies presentes en los árboles remanentes alrededor de las parcelas.

Lo anterior sugiere que eventualmente se podría llegar a predecir, por ejemplo, que una parcela de 500 m² que tenga 5 árboles remanentes con diámetro de copa de 12 m cada uno, esté en una pendiente de 40%, haya sido abandonado hace 15 años y que los cinco árboles sean de especies diferentes, tendrá un valor comercial esperado de:

$$\text{Valor (\$)} = 2.095 \cdot 5 \cdot 3.1416 \cdot (12/2)^2 - 1.210 \cdot 40 + 2.228 \cdot 15 - 1.824 \cdot 5 = \$ 1178.8$$



•Valor para biodiversidad de la regeneración natural

Los resultados para la biodiversidad indican que ésta se relaciona positivamente con el número de especies de los árboles remanentes y con la edad desde el abandono.

La ecuación encontrada que tenía un mayor R² fue la siguiente:

Shannon H' = 4.068*Edad (años) + 1.988 * N°ssp (árboles remanentes).

Dicha ecuación tenía un R² ajustado de = **0.307** con un F significativo al **0.002**

Conclusión

- El lado pacífico de la Serranía de Tilarán ha sufrido un proceso severo de degradación con consecuencias funestas, desde el punto de vista ambiental y social.
- Existen muy pocas alternativas para la recuperación de las tierras degradadas en esta área, habiéndose probado varias opciones, ninguna, con excepción de la regeneración natural, parece muy prometedora para las laderas de fuerte pendiente, que son la mayoría.
- La regeneración natural, abundante en la región con un 34% de área que tiene una cobertura de más de 10 años de edad, podría servir de una base importante para la recuperación de estas tierras.
- Los árboles remanentes dejados en los potreros juegan un papel importante en el valor comercial de la regeneración natural, tanto desde el punto de vista de producción de madera como del valor para la biodiversidad.
- Con base en los árboles remanentes dejados en los potreros del Lado Pacífico de la Serranía de Tilarán, la pendiente del terreno, la edad y las especies de los árboles remanentes, y probablemente el efecto del fuego, con un poco más de investigación, se estaría en capacidad de predecir con cierta exactitud, los lugares donde la regeneración natural puede resultar en un bosque de alto valor tanto comercial como para la biodiversidad.



Bibliografía

- Hooftman D.* 1994. The seed bank of young monsoonal secondary forest in Costa Rica. (MSc Thesis) Forestry Department, Wageningen Agricultural University. The Netherlands.
- Instituto Meteorológico Nacional.* 1995. Mapa de uso actual de la tierra de Costa Rica - 1992. Escala 1: 200.000. Instituto Meteorológico Nacional. San José, Costa Rica.
- Purata Velarde, S. E..* 1986. Studies in secondary succession in Mexican Tropical rain forest. Acta Universitatis Upsaliensis: Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science, 19. Uppsala, Sweden. 34 p.
- Secretaría de Planificación del Sectorial Agropecuario (SEPSA).* 1978. Mapa de capacidad de uso de las tierras de Costa Rica. Escala 1:200.000. San José, Costa Rica.
- Sokal, R. y F. J. Rohlf.* 1981. Biometry. Second edition. W. H. Freeman and Company, New York. 859 pp.
- Solórzano, R.; R. de Camino, R. Woodward, J. Tosi, V. Watson, A. Vásquez, C. Villalobos, J. Jiménez, R. Reppeto, and W. Cruz.* 1991. Accounts Overdue: Natural Resources Depreciation in Costa Rica. World Resources Institute and the Tropical Science Center, Washington D.C. 110 p.
- Tosi, Joseph A.* 1974. Los recursos forestales de Costa Rica. En Acta final del Primer congreso Nacional sobre conservación de Recursos Naturales Renovables celebrado en abril 22- 26 de 1974. Facultad de Agronomía Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Vásquez, Alexis.* 1989. Mapa de capacidad de uso de las tierras de Costa Rica. Escala 1:200.000. Proyecto MAG-FAO. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica.



Watson, Vicente. 1995. Potential natural regeneration on the Pacific Side of Tilaran Range in Costa Rica. (MSc Thesis) Forestry Department, Wageningen Agricultural University. The Netherlands.

Watson, Vicente; Cervantes, Sonia; Castro, Cesar, Solís, Magda; Leonardo Mora, Ina T. Porras; Beatriz Cornejo y James Mayers. 1997. Políticas exitosas para los bosques y la gente. Centro Científico Tropical (CCT), Instituto Internacional para el Ambiente y el Desarrollo (IIED) y la Junta Nacional Forestal Campesina (JUNAFORCA). San José, Costa Rica.

Watson, Vicente; Rodríguez, Carlos; Cubero, Diógenes; Bolaños, Rafael; Ugalde, Marcos; Solórzano, Francisco; Durán, Norberto; Pedroza, Jeannette; Alpízar, Edwin; Vásquez, Alexis y Barrantes, Patricia. 1993. Mapa de la capacidad de uso de las tierras forestales de Costa Rica. Escala 1:50.000. Estudio elaborado para el Centro de Estudios Ambientales y Políticas (CEAP) de la Fundación Neotrópica con el aporte económico de la Fundación John D. & Catherine T. MacArthur. Centro Científico Tropical. San José, Costa Rica.



CAMBIOS EN USO Y CUBIERTA DE TIERRAS: UNA PRIORIDAD DE LA MISION AL PLANETA TIERRA DE LA NASA

Anthony C. Janetos ¹

INTRODUCCION

La importancia del cambio en el uso y la cubierta de tierras, como tema de investigación científica y como política imperativa, está clara. En los últimos cincuenta años la población humana de la Tierra prácticamente se ha duplicado, y probablemente lo hará de nuevo en el próximo siglo. Las tasas más altas de crecimiento demográfico se encuentran en su mayoría en los países en vías de desarrollo del trópico y subtrópicos. Al mismo tiempo, los incrementos en la cantidad de gases invernadero, tanto en países industrializados como en países en vías de desarrollo, presentan nuevos desafíos para la política ambiental internacional y para los objetivos de desarrollo sostenible.

Este artículo describe el estado actual y las experiencias recientes de los programas de investigación de la Oficina de la Misión al Planeta Tierra (Office of Mission to Planet Earth) de la NASA. Estos programas fueron creados para buscar respuestas a muchos de los desafíos implícitos en la comprensión del uso de tierras y otros cambios mundiales.

LA MISION AL PLANETA TIERRA DE LA NASA

En respuesta a los problemas planteados por éstos y otros cambios mundiales, la National Aeronautics and Space Administration (NASA) de los Estados Unidos ha instituido dentro de su estructura la Oficina de la Misión al Planeta Tierra (MTPE). El Plan Estratégico de la NASA identifica el objetivo principal del MTPE como "... desarrollar la comprensión de la totalidad del sistema terrestre, y los efectos de cambios en el medio ambiente mundial inducidos por la naturaleza y por el hombre." MTPE reconoce tres metas principales para lograr este objetivo:

¹ Manager y Senior Scientist Land-Cover and Land-Use Change Program Mission to Planet Earth NASA.



- Ampliar el conocimiento científico del sistema terrestre aprovechando las capacidades únicas de la NASA desde posiciones estratégicas en el espacio, aeronaves y plataformas in situ;
- Difundir información sobre el sistema terrestre; y
- Posibilitar el uso productivo de ciencia y tecnología del MTPE en los sectores públicos y privados.

De esta forma, el plan estratégico de la NASA identifica claramente los fines principales del MTPE como la adquisición de conocimiento, una función educacional y la ayuda a las comunidades científica y a la comunidad en general para usar ese conocimiento para fines productivos. Es claro que existe una gran cantidad de comunidades usuarias potenciales, y de tipos de información que el programa de la NASA podría proveer.

Durante los primeros años del MTPE, el financiamiento para la investigación fue impulsado en gran medida, por la preocupación ante la posibilidad de cambios a largo plazo en el sistema climático físico, causados por el incremento de concentración atmosférica de gases invernadero generados por el hombre. Esta preocupación generó un amplio programa de investigación, que incluía casi todos los aspectos de química y física atmosférica, pero que hacía relativamente poco énfasis en recursos naturales o en los procesos biológicos, químicos y físicos que los regulan. Además, el énfasis en la comprensión de las conductas humanas que provocan cambios globales, y en las consecuencias humanas de esos cambios era casi inexistente.

PRIORIDADES CIENTIFICAS DEL MTPE

Durante los últimos años, sin embargo, los avances en el conocimiento científico sobre cambios mundiales, y el creciente reconocimiento dentro de los Estados Unidos de la relevancia de los programas de investigación ambiental, impulsaron al MTPE a identificar una serie de prioridades de investigación para guiar sus programas. La publicación del Plan de Investigación Científica del MTPE documentaba cinco amplias categorías de prioridades científicas, o temas, así como la continuación de una amplia base de investigaciones iniciadas por curiosidad.



- **Cambios en la cubierta de tierras, y productividad global**
Documentar y comprender tendencias y patrones de cambios en la cubierta regional de tierras, biodiversidad, y producción global primaria.
- **Predicción climática estacional e interanual**
Suministrar observaciones globales y conocimiento científico para mejorar pronósticos de la ocurrencia y de la extensión geográfica de anomalías climáticas transitorias.
- **Variabilidad climática a largo plazo**
Suministrar observaciones globales y conocimiento científico sobre los mecanismos y factores que determinan las tendencias y variaciones climáticas a largo plazo.
- **Ozono atmosférico**
Detectar cambios en el ozono atmosférico y comprender sus causas y consecuencias.
- **Peligros naturales**
Aplicar ciencia y tecnología de sensores remotos del MTPE a la caracterización de desastres y reducción de riesgos en terremotos, incendios, inundaciones y sequías.

Una característica notable de este conjunto de prioridades, es que cada una demuestra la importancia de la documentación y comprensión de la interacción de variables y procesos naturales, y la influencia humana en la totalidad del sistema terrestre. Por lo tanto, por primera vez, existe un reconocimiento explícito dentro de este programa de investigación de la importancia de comprender la influencia de la humanidad en el sistema terrestre, y en el uso de la investigación científica para mitigar los efectos de cambios ambientales en la sociedad.

Estas prioridades de investigación también guían la distribución de recursos en campañas y misiones in situ y de satélites, así como el desarrollo de nuevas misiones de satélites y programas de investigación. Responden no sólo a necesidades domésticas, sino también a agendas internacionales de investigación científica identificadas por el World Climate Research Program (WCRP) y el International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP). Debido a la larga historia y amplia base de apoyo a la ciencia ambiental dentro del MTPE, los resultados científicos de estos programas ya han presentado importantes contribuciones en diversos procesos de evaluación científica internacionales, como WMP/UNEP Stratospheric Ozone Assessment, el IPCC Scientific and Impacts Assessments of Climate Change, y el UNEP Global Biodiversity Assessment.

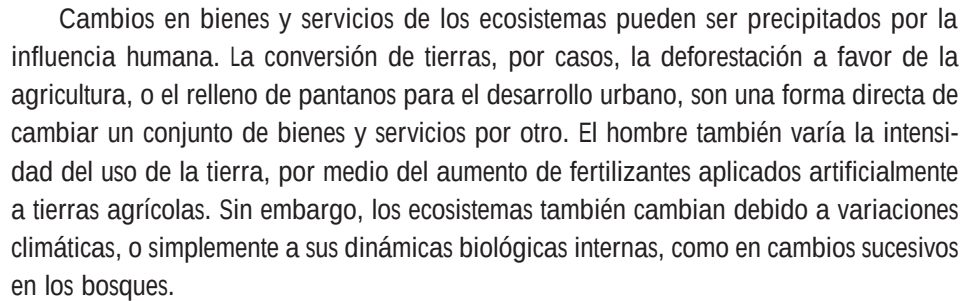


CAMBIOS EN EL USO Y EN LA CUBIERTA DE TIERRAS

De las cinco prioridades del MTPE, el tema más recientemente iniciado es el de Cambios en uso y cubierta de tierras (Land-Cover and Land-Use - LCLUC) (Janetos *et al.*, 1996). Aunque se trata en parte de una respuesta de la NASA y los Estados Unidos a la agenda internacional de investigación establecida por el programa IGBP LUCC, también continúa una creciente tradición de la NASA de investigaciones científicas de la relación entre ecosistemas terrestres y la atmósfera. Este trabajo, iniciado por medio del Programa de Ecología Terrestre (Terrestrial Ecology Program), empezó investigando la física de sensores remotos de paisajes terrestres, progresó a una serie de campañas de campo interdisciplinarias para responder a cuestiones metodológicas sobre sensores remotos de flujos de superficies, y se ha ampliado a una importante serie de investigaciones que combinan sensores remotos, modelaje de ecosistemas, medida de flujos, y estudios de procesos.

La importancia de cambios en el uso y cubierta de tierras en materia de cambios globales, es sumamente clara. El crecimiento demográfico y la demanda de recursos naturales por parte de las sociedades humanas inexorablemente ponen presión en el uso de la tierra. Esta presión es fuerte tanto en el mundo industrializado, donde el uso per cápita de los recursos naturales es sumamente alto, aunque las poblaciones no están creciendo rápidamente; como en el mundo en vías de desarrollo, donde el crecimiento de la población es extremadamente rápido y la sociedad procura mejorar las condiciones de vida. De hecho, el concepto mismo de desarrollo sostenible está intrínsecamente ligado al uso de la tierra.

Los bienes y servicios producidos por los ecosistemas son la materia prima necesaria para un desarrollo sostenible. Por un lado, los bienes son productos provenientes del ecosistema, como madera, comida, y fibra, que entran y son intercambiados en mercados económicos. Por otro lado, los servicios del ecosistema no son intercambiados en el mercado. Son el resultado de procesos y características del ecosistema. La purificación del agua en sistemas ribereños y en pantanos, el control del flujo de aguas, la regulación y el mejoramiento del clima regional y local, son ejemplo de servicios del ecosistema de gran importancia para sociedades humanas, pero cuyo valor no es totalmente capturado en mercados económicos.



El diagrama de flujo ilustra las interacciones entre los siguientes componentes:

- Factores económicos** y **Agricultura, bosques y otros bienes y servicios a los hombres** están conectados por una línea de doble sentido.
- Factores económicos** influye en **Intensificaciones en la conversión de cambios en el uso y cubierta de la tierra**.
- Intensificaciones en la conversión de cambios en el uso y cubierta de la tierra** influye en **Función del ecosistema** y **Factores climáticos**.
- Función del ecosistema** influye en **Agricultura, bosques y otros bienes y servicios a los hombres**, **Cambios bioquímicos**, **Cambios biofísicos** y **Factores climáticos**.
- Cambios bioquímicos** influye en **Exportación a los océanos** y **Flujos de gas desde y hacia la atmósfera**.
- Cambios biofísicos** influye en **Flujos de agua CO₂ desde y hacia la atmósfera** y **Factores climáticos**.
- Exportación a los océanos** y **Flujos de gas desde y hacia la atmósfera** están conectados por una línea de doble sentido.
- Flujos de gas desde y hacia la atmósfera** y **Flujos de agua CO₂ desde y hacia la atmósfera** están conectados por una línea de doble sentido.
- Factores climáticos** influye en **Factores económicos** y **Intensificaciones en la conversión de cambios en el uso y cubierta de la tierra**.
- Aerosoles carbonáceos y emisiones directas de gas** influye en **Factores climáticos**.
- Inundaciones, erosión, estabilidad de la tierra** influye en **Factores climáticos**.



Muchos de los cambios en uso y cubierta de tierras más importantes pueden ser detectados en imágenes de satélite. Datos provenientes del “Normalized Difference Vegetation Index” (NDVI) del “Advanced Very High Resolution Radiometer” (AVHRR) han sido usados para seguir cambios anuales en la extensión y el funcionamiento de praderas en el Sahel (Tucker, etc.), y han demostrado claramente la respuesta de dichas praderas tanto a variaciones climáticas anuales como al uso humano directo. Datos del “Landsat Multispectral Scanner” (MSS) y “Thematic Mapper” (TM) se han usado para medir índices de desaparición de bosques tropicales húmedos en la zona amazónica brasileña (Skole y Tucker 1993, INPE), así como también en el sureste de Asia y en Africa central. Actualmente, un consorcio de agencias dentro de los Estados Unidos mapea la vegetación de todo el país con el uso de datos Landsat TM, para producir el primer mapa del país replicable de vegetación a nivel de asociación vegetal, derivado consistentemente. Globalmente en, el verano pasado el IGBP 1km Land-Cover Project lanzó el primer resultado de cubierta de tierras con resolución de 1 km y estableció por primera vez una base para un estudio replicable sobre las características de la superficie de la Tierra.

Debido a estos logros y a que pronto la disponibilidad de imágenes se multiplicará, el Programa de cambios en uso y cubierta de tierras del MTPE a establecido dos metas principales:

- Expandir la comprensión de las consecuencias de los cambios en el uso y la cubierta de tierras en la continuación de provisión de bienes y servicios ecológicos.
- Desarrollar la capacidad de realizar inventarios globales continuos de cubiertas de tierras desde el espacio, desarrollar la comprensión científica y los modelos necesarios para simular los procesos que ocurrén, y evaluar las consecuencias de los cambios previstos y observados.

Estas metas establecen un marco de trabajo y prioridades para diversas actividades que toman en cuenta las fortalezas de la observación y la investigación de la NASA a la vez que las aplican a nuevos desafíos.



ELEMENTOS DEL PROGRAMA LCLUC

El Programa de cambios en uso y cubierta de tierras del MTPE de la NASA consta de cuatro dimensiones de investigación. A continuación, una breve descripción del énfasis que el programa de la NASA tiene en cada una.

A) Factores motivadores

Estos son los factores que impulsan cambios en paisajes y los impactos resultantes en los ciclos biogeoquímicos e hidrológicos y en flujos de gases y energía. Se pueden separar ampliamente en factores climáticos y ecológicos y factores socioeconómicos, los cuales pueden interactuar.

B) Respuestas y consecuencias

La NASA ha concentrado sus esfuerzos iniciales en aquellas partes del mundo que actualmente sufren mayor presión, donde ya ocurren cambios importantes, y donde es probable que la presión de actividades humanas aumentará más rápidamente. Para el Programa LCLUC de la NASA, existen tres amplias categorías de respuestas a los impulsores de cambios: conversión de cubierta de tierras, intensificación del uso de tierras, y degradación de la tierra.

C) Modelos e implicaciones

El Programa LCLUC de la NASA desarrollan técnicas para incorporar cambios en el uso y en la cubierta de tierras a modelos biogeoquímicos y biofísicos existentes.

D) Técnicas y métodos

Parte del Programa LCLUC está destinado al desarrollo, mejora e implementación de técnicas y métodos de sensores remotos importantes para la documentación y comprensión de cambios en el uso y la cubierta de tierras. Se ha establecido un cercano sinergismo entre el componente de ciencia de sensores remotos del "Terrestrial Ecology Program" y el "Pathfinder Program" de la NASA, con "EOS Interdisciplinary Science and Instrument Science Teams".



RESUMEN DE LA ESTRATEGIA DEL PROGRAMA

inicialmente el LCLUC fue diseñado alrededor de una serie de estudios regionales, complementados con estudios metodológicos que exploran la producción y validación de bases de datos regionales, provenientes de sensores remotos particularmente importantes. Los estudios de casos utilizan una combinación de observaciones espaciales, mediciones in situ, estudios de proceso y modelos numéricos, para responder a una combinación de factores motivadores de cambio: que incluyen climáticos, ecológicos y socioeconómicos, los procesos de cambio, y las respuestas y consecuencias al cambio. El LCLUC reconoce que los cambios en uso y cubierta de tierras implican una serie de interacciones entre variables biofísicas y socioeconómicas. Es necesario un enfoque interdisciplinario. Dentro de LCLUC, los estudios de casos son estructurados para reforzar la ciencia interdisciplinaria, e incluyen colaboraciones entre ecologistas, economistas, científicos políticos y especialistas en sensores remotos. La gráfica 1 muestra ejemplos de estas interacciones y una indicación de los enlaces que se necesitan desarrollar entre las disciplinas.

La gráfica contiene ejemplos de bases de datos de satélites y sus estudios asociados que resultarán en la medida en que las misiones de la NASA se alineen con las de otras agencias de satélites alrededor del mundo. Durante los próximos años, se dará particular énfasis a la utilización de los sistemas superiores de datos y sensores desarrollados por el "Earth Observing System" y el Landsat 7.

Una meta específica para el "Science Team" será el desarrollo de una serie de reportes y valoraciones sobre las consecuencias del cambio en el uso de tierras en diferentes partes del planeta. Estos reportes irán más allá de la mera publicación de un gran número de trabajos científicos, ya que estarán dirigidos al público en general y a dirigentes de alto nivel. Los reportes estarán en la línea de valoraciones integradas y asociarán observaciones y ciencia al mejoramiento en el manejo de recursos y del ambiente. Se espera de que los proyectos regionales se comuniquen entre sí, y que desarrollen bases para valoraciones regionales, que inicien o se adhieran a iniciativas regionales, que comprendan científicos fuera de este programa. Se anticipa que la NASA participará en una serie de reuniones regionales para proveer las bases para el desarrollo de valoraciones regionales del LCLUC en el contexto del IPCC.



PRIORIDADES INICIALES

Es prudente continuar las inversiones que el MTPE ha realizado durante los últimos años. Estas inversiones se han concentrado principalmente en regiones en que actualmente ocurren cambios rápidos, que tienen implicaciones en cambios globales en biogeoquímica, clima y biodiversidad, o son la meta de mayores colaboraciones de investigación internacional. Las siguientes regiones meta forman el enfoque inicial de una serie de estudios de casos que combinan sensores remotos y métodos in situ.

Prioridades para asuntos específicos del LCLUC

A) Factores motivadores

(1) Motivadores climáticos y ecológicos: Para el desarrollo de bases de datos históricos y climáticos, el LCLUC dependerá principalmente de componentes pre-existentes del MTPE y de agencias científicas nacionales e internacionales.

Variables a corto y largo plazo en el clima, y dinámicas internas de los ecosistemas impulsan algunos aspectos del cambio en el uso y en la cubierta de tierras en escalas temporales de décadas. Variables interanuales en extremos climáticos pueden actuar como catalizadores para cambios en la cubierta de tierras, por ejemplo, varios años de sequía pueden cambiar la composición del ecosistema, así como también el uso de la tierra. Estos factores deben ser considerados tanto en cualquier intento de comprender los patrones actuales de uso y cubierta de tierras, como en cualquier intento de proyección.

(2) Motivadores socioeconómicos: El programa de la NASA investigará procesos de dimensión humana directamente cuando estos están asociados a cambios recientemente observados en el paisaje o en modelos regionales de predicción.

Factores económicos, políticos y sociales impulsan la actividad humana responsable tanto de la conversión de cubiertas de tierras como de cambios en regímenes de manejo de tierras. Claramente, las dinámicas poblacionales y la actividad económica son factores determinantes en la distribución e intensidad de cambios en la cubierta de tierras. La presión mundial por el desarrollo económico, y la necesidad de aumentar la producción y distribución de alimentos, deben ser cuantificados, comprendidos y finalmente modelados. Cualquier intento de comprender los patrones actuales de uso y cubierta de tierras



debe considerar explícitamente la historia del uso de la tierra. El programa MTPE estará asociado a otras investigaciones de las dimensiones humanas de cambio en el uso de tierras, tanto dentro de los Estados Unidos como en el resto del mundo. Esta asociación hará posible una comprensión más completa de los factores físicos y humanos que determinan la extensión, tasas de crecimiento, y consecuencias del cambio en uso y cubierta de tierras.

B) Respuestas y consecuencias

(1) Conversión de cubierta de tierras: El interés principal de la NASA es identificar la distribución actual de los diferentes tipos de cubierta de tierras, y rastrear su conversión hacia otros tipos. La medición de las altas tasas de conversión de bosques hacia otros tipos, como ocurre en los trópicos húmedos, es de particular importancia en este programa, debido a la relación que tiene con emisiones de gases, biodiversidad, y desarrollo sostenible.

Los datos sobre la distribución y la velocidad del cambio en la cubierta de tierras pueden ser usados en el desarrollo y en la verificación de modelos biogeoquímicos y biofísicos; en el análisis del efecto de patrones espaciales y de la conversiones pasadas sobre los procesos y estructuras de los ecosistemas; en los efectos sobre la biodiversidad a diferentes escalas de análisis; y, en los efectos de la provisión de servicios ecológicos a escalas locales y regionales. Además, estos datos serán de vital importancia para identificar los tipos de cubierta de tierras, en los que se necesita realizar estudios sobre ecosistemas y procesos in situ, para establecer parámetros en modelos de ecosistemas a escala de paisaje y a escalas mayores, así como para comprender los patrones actuales de funcionamiento biogeoquímico y biofísico. Los datos sobre cambios en uso y cubierta de tierras son también necesarios para establecer parámetros para modelos climáticos globales. En esta área también se pueden explorar relaciones con patrones y cambios en química troposférica y con posibles cambios en hidrometeorología a gran escala.

(2) Intensificación en el uso de tierras: Inicialmente el interés principal del LCLUC es comprender las consecuencias de la intensificación en el manejo de sistemas agrícolas, agroforestales y de ganadería, particularmente en los trópicos y subtrópicos, y tener la capacidad de medir la degradación in situ a largo plazo, de ecosistemas forestales que ocurre debido, por ejemplo, a la utilización imprudente de los bosques.



Estos datos pueden ayudar a comprender las consecuencias del manejo de los estados terminales en los cambios de uso de tierras. Detectar la degradación in situ de los recursos forestales es difícil. Investigaciones recientes en el “Landsat Pathfinder Humid Tropical Forest Project” sugieren que, a pesar de que Landsat puede detectar la presencia de tala intensiva de bosques, para obtener estimaciones regionales consistentes y replicables de degradación a largo plazo, se necesita investigación metodológica y técnica adicional. De manera similar, cuantificar fenómenos como cambios a largo plazo en la frecuencia de incendios en bosques o sabanas, requerirá tanto buena documentación histórica como mejoras en las técnicas de medición vía satélite.

Existe potencial para un mayor énfasis en bosques y agricultura en sistemas templados y boreales, a medida que países individuales llegan a comprender mejor las implicaciones de las Climate and Biodiversity Conventions para bosques y agricultura. Aquí también existen grandes oportunidades para que el programa de la NASA, desarrolle interacciones con una variedad de estudios de casos rurales, así como también con otros programas estadounidenses en las agencias de desarrollo y manejo de tierras. Estos vínculos serán especialmente importantes para la construcción de la historia del manejo de tierras en casos de estudios específicos. La consideración principal para la localización de la investigación in situ, será tener localidades representativas de los tipos de uso y cubierta de tierras más importantes, identificados en los estudios iniciales de conversión de cubierta de tierras, así como aquellas áreas en las que se intensifican actualmente las actividades de manejo.

(3) Degradación de tierras en ambientes áridos y semiáridos: El problema de degradación de la tierra es crucial para el mantenimiento de la sociedad humana. La degradación de tierra afecta la ecología y el potencial de producción de alimentos en regiones que necesitarán sostener poblaciones humanas crecientes. Esta tarea responde a la necesidad de definir, desarrollar y evaluar técnicas de medición con sensores remotos y métodos de integración de datos para caracterizar la degradación de tierras causada por salinización, desertificación, erosión y otras consecuencias de uso insostenible de la tierra y/o variabilidad climática extrema. El objetivo de la investigación es obtener la comprensión científica y las técnicas de observación necesarias para un uso más eficiente de recursos de suelos utilizados y no utilizados.



A los investigadores del LCLUC se les incentiva a usar sensores remotos y datos in situ, integrados a técnicas de sistemas de información geográfica (GIS), de manera que permitan obtener mejores valoraciones de las causas de degradación de tierras, vulnerabilidad a más degradación, y desarrollo de opciones para un uso más sostenible de la tierra. Datos provenientes de sensores remotos, como “Landsat Thematic Mapper” (TM), “Spot Panchromatic and Multispectral”, “Lewis Hyperspectral”, “Clark Panchromatic”, y datos provenientes de otros satélites y sensores aéreos, pueden facilitar el monitoreo, cuantificación, y pronóstico de la degradación de tierras. Datos in situ sobre clima, uso de tierras, población y otras variables relevantes pueden combinarse con datos de sensores remotos usando técnicas GIS.

Áreas geográficas de interés especial incluyen la región de la frontera México-Estados Unidos, regiones importantes para la productividad agrícola estadounidense, el delta del Nilo, el delta del Yangtze en China, y cualquier área donde la degradación de la tierra sea una amenaza para la producción sostenible de alimentos para poblaciones crecientes.

C) Modelos e implicaciones

Será de importancia la capacidad de formular, parametrizar, y evaluar modelos capaces de explicar las dinámicas biogeoquímicas y biofísicas de la superficie terrestre y sus interacciones con la atmósfera. Desde la perspectiva de esta iniciativa, el nuevo énfasis será en el desarrollo de bases de datos y técnicas que capaciten los modelos a usar mejores representaciones de las cubiertas reales de tierras, en lugar de vegetación natural potencial, y a representar cambios en cubierta de tierras, debidos tanto a las dinámicas internas de los ecosistemas, como a perturbaciones climáticas o humanas. Será necesario explorar vínculos con otros estudios de procesos en química troposférica, aerosoles radiativos e hidrometeorología para obtener un mejor conocimiento de la relación entre cambios en cubierta de tierras, los procesos que los provocan, y cambios biogeoquímicos y físicos en el sistema climático y en la atmósfera de la tierra.

En última instancia, la habilidad para modelar sistemas en los que suceden cambios en cubierta de tierras será lo que proveerá a científicos y dirigentes de las herramientas



para evaluar las posibles consecuencias de las diferentes prácticas de manejo de tierras, y a medir las consecuencias de las políticas que afectan la conversión de cubiertas de tierras. Habrá lazos cercanos entre el LCLUC y los esfuerzos existentes y en desarrollo, en “Earth System Modeling”, patrocinados por Ciencia MTPE y los equipos EOS Interdisciplinarios de la NASA. El proyecto también estará vinculado a las actividades tanto de modelaje de los proyectos sobre IGBP GCTE, IGAC y LUCC, y a las de comparación de modelos internacionales

D) Técnicas y métodos

Las técnicas y métodos para aplicar datos de satélites a problemas de cambios en uso y cubierta de tierras están en vías de desarrollo en diversas partes de programas actuales de la NASA. Se busca coordinar esta iniciativa con el desarrollo y prueba de algoritmos que es apoyado por el componente de ciencia de sensores remotos del “Terrestrial Ecology Program” de la NASA, con el “Pathfinder Program” de la NASA, y con “EOS Interdisciplinary Science and Instrument Science Teams”. El programa LCLUC focalizará estas actividades y utilizará los archivos globales de datos de alta resolución de satélites adquiridos durante los últimos veinte años, para responder a los cambios en uso y cubierta de tierras. También podrá utilizarse una serie temporal de imágenes de satélite de baja resolución, para mejorar las clasificaciones de cubiertas de tierras para uso en modelos mundiales y regionales. Un área específica en la que se requiere urgentemente progreso metodológico, es en la combinación de datos físicos y socioeconómicos en modelos de proceso y pronóstico de cambios de cubierta de tierras en la región.

Además de utilizar datos de sensores actuales y anteriores, durante los próximos años las contribuciones de TRMM, EOS AM-1 y Landsat-7 serán críticas para el éxito del programa de investigación propuesto. Se espera que estas misiones proveerán datos cuantitativos desde el espacio, sobre características de la superficie terrestre, regímenes climáticos y dinámicas vegetales subyacentes alrededor del mundo. El Programa MTPE LCLUC fomentará el desarrollo de nuevos algoritmos de monitoreo de la cubierta de tierras usando datos de estos sistemas de sensores.

También se investigarán nuevas capacidades tecnológicas para adquirir, manejar, procesar, disseminar y archivar datos e información electrónicamente, junto con elementos



de EOSDIS (e.g. Pathfinder), para evaluar y continuar desarrollando la habilidad de poner datos importantes en manos de científicos y gerentes de tierras, de forma rápida y fácil.

De particular interés es el desarrollo de nuevas técnicas que se concentran en el uso de datos de sensores remotos próximamente disponibles. En particular, la NASA está interesada en recibir propuestas, que exploren las aplicaciones potenciales de datos de satélites hiperespectrales y de muy alta resolución. El advenimiento de Landsat 7, las misiones Clark y Lewis y la reciente declasificación de imágenes de muy alta resolución de satélites de defensa, presentan oportunidades para investigación exploratoria. El Programa LCLUC está interesado en investigación técnica orientada a técnicas operacionales, para detección automática de cambios a nivel regional, o mejoramiento en algoritmos de clasificación, para poder mejorar la situación con respecto a documentación de cambios en uso y cubierta de tierras.

PRIORIDADES INICIALES PARA ESTUDIO DE CASOS

Estados Unidos y las Américas: El programa LCLUC apoya el desarrollo de nuevos y mejores datos en uso y cubierta de tierras en la región y en el continente. Además, la NASA está interesada en estudios bien documentados de casos que combinen uso de tierras, cubierta de tierras, datos atmosféricos y climáticos, y modelos de ecosistemas, para posibilitar la evaluación de las respuestas de sistemas ecológicos a múltiples tensiones-presiones. Recibirán prioridad estudios que esclarezcan la vulnerabilidad de los bienes y servicios de los ecosistemas ante una combinación de tensiones antropogénicas, regímenes de manejo, y variabilidad climática. Se dan especial atención, a la investigación que mejore nuestra comprensión de la influencia de decisiones de manejo local y regional sobre el funcionamiento del paisaje.

Sureste de Asia: Se debe construir una base de investigación científica dentro de países de Asia y de Asia suroriental, que valore las consecuencias de la conversión de bosque a agricultura, la degradación in situ a largo plazo de áreas boscosas, y de la intensificación agrícola. Recibirán prioridad propuestas que representen vínculos con científicos locales y con proyectos IGBP.



Africa del Sur y Central: Las transformaciones de la tierra que actualmente ocurren en los densos bosques húmedos, los bosques estacionales, y las sabanas de África, son de considerable interés para este programa. La actividad regional de LCLUC será desarrollada e implementada en conjunción con los países anfitriones y con programas internacionales como el "USAID Central Africa Project for the Environment" (CARPE), IGBP, LUCC y START. Recibirán prioridad propuestas que representen vínculos con científicos locales y con proyectos IGBP.

Rusia y los Países de la Antigua Unión Soviética: Los esfuerzos principales de LCLUC en esta región consistirán en aprovechar bases de datos y estudios desarrollados dentro del contexto de "Earth Sciences Joint Working Group"; y la coordinación de actividades con las de otras agencias con interés particular en el bosque boreal. Recibirán prioridad investigaciones enfocadas hacia la comprensión de los efectos de incendios y de la explotación de concesiones madereras. Recibirán prioridad propuestas que representen vínculos con científicos locales y con proyectos IGBP.

Cuenca del Amazonas: La cuenca del Amazonas es un área meta importante para las actividades del LCLUC. Para lograr una estrecha relación con otras áreas del programa MTPE, el LCLUC se unió en una propuesta al "Terrestrial Ecology Program" de la NASA, como parte del "Large-Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia" (LBA).

IMPLEMENTACION DEL PROGRAMA

El programa LCLUC dio inicio con una combinación de estudios regionales con base en satélites, estudios de campo representativos sobre procesos y parametrización, y esfuerzos globales y regionales de modelaje. Se establecen actualmente, fuertes vínculos con programas nacionales e internacionales existentes.

Durante la primera fase del programa (1996-1999), el enfoque es patrocinar un pequeño número de actividades regionales en áreas donde actualmente ocurren cambios importantes, o donde han ocurrido recientemente. Las prioridades iniciales para estudios regionales se presentan seguidamente. El énfasis a corto plazo es en (1) nuevas y mejores



bases de datos regionales; (2) desarrollo de modelos de procesos de ecosistemas y uso de tierras; y (3) estudios de campo sobre procesos y parametrización dirigidos a la sumistración de una base para investigación a largo plazo para valorar la provisión de bienes y servicios regionales bajo administración y escenarios climáticos cambiantes. Parte del objetivo de la NASA para el programa LCLUC es que sus proyectos suministren prototipos apropiados para esfuerzos de tipo Pathfinder en el futuro, i.e. proyectos científicos que suministren la racionalidad para ensamblar y distribuir en la comunidad científica grandes bases de datos de sensores remotos.

Durante la segunda fase del programa (1999-2002), el enfoque cambiará a la verificación de modelos y su aplicación a cambios en el uso de la tierra y problemas de administración de la tierra, especialmente utilizando datos provenientes de sensores de satélites EOS (e.g. TRMM, Landsat 7, MODIS, MISR y ASTER).



Resumen

El desarrollo del programa de “Misión al Planeta Tierra” sobre cambios en uso y cubierta de tierras representa un paso importante en el programa para la comprensión del sistema terrestre de la NASA. Este programa combina observaciones desde el espacio con estudios in situ de procesos, sobre un fenómeno global, pero que es la suma de muchos cambios regionales y locales. Mediante la focalización de los recursos en el estudio del uso y cubierta de tierras, la NASA espera combinar sus puntos en investigación científica con una nueva habilidad de ayudar a gerentes a adquirir y utilizar información relevante.

Bibliografía

Janetos A.C., Justice, C.O., Harriss, R.C., 1996. Mission To Planet Earth Land-Cover/Land-Use Change Program, Proceedings of the Chapman Conference.

Skole, D.L. and Tucker C.J. 1993. Tropical deforestation and habitat fragmentation in the Amazon: satellite data from 1978 to 1988. Science 260: pp. 1905-1910.



DESARROLLO DEL PROYECTO GLOBESAR EN COSTA RICA

Carlos L. Elizondo ¹

Luis B. Zamora ²

En marzo de 1995 una delegación canadiense del Centro de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC) y el Centro Canadiense de Teledetección (CCRS) se reunieron en San José con representantes de algunas instituciones designadas de Costa Rica, Panamá, Honduras y Nicaragua para revisar sus necesidades, prioridades y capacidades en la tecnología de sensores remotos, para considerar la cooperación técnica potencial y la transferencia tecnológica en la difusión y utilización de datos radáricos satelitales aplicados a estudios ambientales en cada país. Dos años más tarde, en febrero de 1997, se inició el Proyecto Regional GlobeSAR para América Central, que incluyó solamente los tres primeros países. El principal objetivo de este Proyecto es desarrollar la capacidad de investigación en el uso y aplicaciones de imágenes de satélite con radar en Costa Rica, Panamá y Honduras, a través de la transferencia de tecnología geoespacial y la promoción de investigaciones aplicadas para la evaluación y levantamiento de sus recursos físicos y naturales.

OBJETIVOS DEL PROYECTO NACIONAL

El Instituto Geográfico Nacional, como institución coordinadora en Costa Rica, ha considerado tres objetivos generales para el Proyecto GlobeSAR - Costa Rica:

1. Desarrollar la tecnología de teledetección espacial con radar satelital en varios laboratorios e instituciones de Costa Rica.
2. Investigar la aplicación de esta técnica para estudios de recursos naturales en algunas áreas del territorio nacional.
3. Capacitar un grupo de profesionales costarricenses en el manejo y análisis digital de datos de sensores remotos radáricos.

¹ Instituto Geográfico Nacional



El Proyecto tiene mucha importancia para Costa Rica en la promoción de la tecnología de información espacial y su uso potencial en diversos proyectos vinculados al desarrollo sostenible. La incorporación de técnicas modernas de investigación, la utilización de métodos digitales y la diseminación de datos geospaciales para planificación, control y evaluación son acciones críticas para el crecimiento y desarrollo a largo plazo del país. En particular se puede enfatizar que nacionalmente:

- a) Es necesario modernizar los sistemas existentes en la adquisición y procesamiento de datos radáricos y otros tipos de datos satelitales para el control, levantamiento y planificación ambientales;
- b) Es necesario establecer una amplia difusión del uso de la tecnología espacial de teledetección satelital;
- c) Existen muy pocos profesionales capacitados en técnicas modernas de análisis digital de datos radáricos, y
- d) Se debe promover el uso de otras técnicas de investigación y control de recursos naturales.

ACTIVIDADES PROGRAMADAS

Durante los dos años de duración del Proyecto (1997-1998), se llevan a cabo un variado número de actividades relativas a organización, adquisición de datos, capacitación, trabajo de campo, investigación, procesamiento digital y diseminación de resultados. En febrero de 1997, se efectuó una Reunión de Coordinación Regional en la sede de la Universidad de Costa Rica, con la colaboración del Centro de Investigaciones en Desarrollo Sostenible (CIEDES) y la participación de delegados de Canadá, Costa Rica, Honduras y Panamá. En dicha reunión se evaluó el estado del Sistema Satelital RADARSAT canadiense; se conocieron los objetivos y la programación de cada proyecto nacional; se analizó el requerimiento de datos, equipo o software y se planteó el cronograma general de actividades.



El I Taller de Capacitación relativo a “Sistemas Radáricos y Aplicaciones RADARSAT” se desarrolló del 15 al 17 de mayo de 1997 en la sede de la Escuela de Geografía de Universidad citada, bajo la dirección de expertos internacionales de AERDE - CCRS de Canadá y el CIAT de Colombia, con la participación de un grupo multidisciplinario de 27 profesionales procedentes de 17 centros nacionales de investigación geoespacial.

Las actividades programadas incluyen un II Taller de Capacitación sobre “Análisis Digital de Datos RADARSAT”, conjuntamente con la demostración de software especializado para el procesamiento de imágenes satelitales, la adquisición de equipo técnico de computación para facilitar el desarrollo de las investigaciones, la entrega de los datos radáricos a los investigadores principales, la asistencia técnica o asesoría directa a cada investigador y la realización de un Seminario Nacional. También se ha programado un Seminario Internacional a efectuarse en Honduras en noviembre de 1998.

IMAGENES RADARSAT

Se han seleccionado cinco áreas de Costa Rica para la adquisición de las imágenes del satélite RADARSAT y la realización posterior de diversas investigaciones aplicadas. Cada área cubre 100 x 100 Km., dado que se ha programado el modo operacional Standard del satélite con diferentes ángulos de incidencia en órbita descendente. El área denominada “Osa” cuenta con dos imágenes adicionales debido a la participación de investigadores del CIAT de Colombia en otro proyecto internacional de la misma área. Esas imágenes fueron adquiridas en Modos Operacionales Fino (50 x 50 Km.) y Standard (100 x 100 Km.) en órbita ascendente desde 1996. Todas las imágenes han sido adquiridas en diferentes fechas y modos operacionales, para facilitar los estudios multitemporales en las áreas de traslape y considerar el potencial estereoscópico del sistema; por esa razón se ha programado una segunda imagen “Guatuso” con diferentes coordenadas de centro de imagen y una imagen “Tárcoles” que se traslapa con la imagen “Tortuguero”. El detalle de las imágenes es el siguiente:



IMAGEN	FECHA	HORA	MODO	HTM FILE
1. OSA I	MAY 09 - 96	11:18:00	ASC - S1	osa1-S1-A.htm
2. OSA II	MAY 13 - 96	11:13:00	ASC - F5	osa2-F5-A.htm
3. OSA III	MAY 04 - 97	11:15:20	DES - S6	osa3-S6-D.htm
4. GUATUSO I	MAY 14 - 97	11:23:10	DES - S6	gua1-S6-D.htm
5. TORTUGUERO	MAY 21 - 97	11:19:06	DES - S6	tor -S6-D.htm
6. TEMPISQUE	JUN 07 - 97	11:23:20	DES - S6	tem -S6-D.htm
7. GUATUSO II	NOV 15 - 97	11:19:03	DES - S4	gua2-S4-D.htm
8. TARCOLES	NOV 22 - 97	11:23:21	DES - S5	tar -S5-D.htm

Las áreas se han escogido con base al interés institucional reportado al inicio del Proyecto, el tipo de posibles aplicaciones y el potencial de los datos radáricos en relación con las condiciones topográficas y geográficas.

INVESTIGACIONES REGISTRADAS

El Proyecto convocó a la mayoría de centros o laboratorios nacionales con procesamiento en datos geospaciales, registrados en el Instituto Geográfico Nacional, para presentar propuestas de investigación y se les manifestó el interés de que participarán en las actividades programadas. Se inscribieron formalmente 17 propuestas con la participación de 29 investigadores de diferentes disciplinas, procedentes de 15 centros especializados. También se ha considerado el registro de 8 propuestas con carácter complementario, presentadas por otros o los mismos investigadores y que no han sido formalizadas, aunque las áreas seleccionadas tendrán datos satelitales de acuerdo con la cobertura de las imágenes.

Esas investigaciones registradas corresponden a diversos tipos de aplicaciones forestales, geológicas, hidrológicas, planificación, recursos costeros, desastres naturales, uso de la tierra y cartografía, según el siguiente detalle:



INVESTIGACIONES ADSCRITAS

- **Forestal**

Determinación de árboles caídos por medio de radar en el bosque muy húmedo Tropical de Osa, Costa Rica.

Procesamiento digital de imágenes RADARSAT para el monitoreo de los ecosistemas de manglar en Térraba-Sierpe, Costa Rica.

Uso de Tecnología de Radar para Evaluar la Fragmentación de Ecosistemas en Costa Rica.

- **Geología**

Delimitación de zonas hidrogeológicas y análisis de la vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos utilizando datos RADARSAT en Costa Rica.

Identificación con imágenes RADARSAT de estructuras volcánicas, terrazas cuaternarias y neotectónica en las llanuras del norte de Costa Rica.

Utilidad de datos RADARSAT en la cartografía geoestructural de la zona entre la cordillera Volcánica de Guanacaste y la prolongación del Graben de Nicaragua en Costa Rica.

- **Hidrología**

Aplicación de la técnica de radar en los proyectos hidrodinámicos de sedimentación en el sistema lagunar Caño Negro, Costa Rica.

Discriminación de la cobertura de la tierra y cartografía geoestructural usando imágenes RADARSAT en la cuenca del río Térraba, Costa Rica.

Integración de las imágenes RADARSAT en el análisis y la gestión de cuencas hidrográficas en Costa Rica.

Reconocimiento con RADARSAT de cambios en el uso de la tierra y su impacto sobre las áreas de recarga para abastecimiento de agua potable en la cuenca del Tempisque, Costa Rica.



- **Planificación urbana**

Potencial de la Tecnología Radárica en la Cartografía de la Expansión Urbana del Gran Área Metropolitana de Costa Rica.

Utilidad del sistema RADARSAT para el estudio del crecimiento urbano y la dinámica del uso de la tierra en Alajuela, Costa Rica.

- **Recursos costeros**

Detección de cambios en la geomorfología litoral y en el uso de la tierra en zonas de recarga de acuíferos costeros en el Golfo Dulce, Costa Rica.

Detección de riesgos naturales con datos RADARSAT en el antiguo delta del Río Pirrís, Costa Rica.

- **Desastres naturales**

Identificación del potencial de inundación mediante imágenes Radarsat en la Región Norte de Costa Rica.

- **Uso de la tierra**

Utilización de imágenes satelitarias en la actualización de mapas de uso y cobertura de la Tierra en la Cuenca del Río Tempisque, Costa Rica.

Reconocimiento de humedales y cambios costeros en el sector oriental del Golfo de Nicoya, Costa Rica.

INVESTIGACIONES COMPLEMENTARIAS

- **Cartografía**

Potencial del sistema RADARSAT en la actualización cartográfica a escala 1/50.000 en Costa Rica.

- **Forestal**

Determinación de cobertura vegetal con datos RADARSAT en zonas nubosas de las Cordilleras Volcánicas de Guanacaste y Tilarán en Costa Rica.



Uso de imágenes RADARSAT en la identificación de áreas de cobertura boscosa y plantaciones forestales en áreas seleccionadas de Costa Rica.

- **Geología**

Actualización cartográfica y seguimiento de la actividad efusiva del Volcán Arenal, Costa Rica.

Aplicación de imágenes RADARSAT al estudio del GAP de Nicoya, Costa Rica.

Reconocimiento con técnicas radáricas del basculamiento de las terrazas marinas en la Península de Osa, Costa Rica.

- **Hidrología**

Análisis estacional de humedales y límites de aguas superficiales con RADARSAT en un sector de la frontera norte de Costa Rica.

Estado de la geodinámica fluvial con datos RADARSAT en la cuenca del Río Sucio en Costa Rica.

INSTITUCIONES PARTICIPANTES

Diversas instituciones se participan en el Proyecto de diferente forma, a través de los centros o laboratorios especializados en el procesamiento de datos y generación de información geoespacial. Se distinguen 3 organizaciones internacionales y 9 nacionales. Otras entidades participan en los talleres de capacitación y en los eventos de divulgación de resultados. Las organizaciones diferenciadas son las siguientes:

ORGANIZACIONES INTERNACIONALES

- Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID - CANADA)
- Centro Canadiense de Teledetección (CCRS - CANADA)
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT - COLOMBIA)



ORGANIZACIONES NACIONALES

- Centro Científico Tropical (CCT)
- Comisión Nacional de Emergencias (CNE)
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (ICAA)
- Instituto Costarricense de Electricidad (ICE)
- Departamento de Ambiente
- Departamento de Geología
- Instituto Geográfico Nacional (IGN)
- Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE)
- Sistema Nacional de Areas de Conservación (SINAC)
- Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (SENARA)
- Universidad de Costa Rica (UCR)
- Escuela de Geografía (EG)
- Centro de Investigaciones en Desarrollo Sostenible (CIEDES)
- Programa de Investigaciones Geográficas (PROIGE)
- Universidad Nacional Autónoma (UNA)
- Escuela de Ciencias Ambientales (ECA)
- Observatorio Vulcanológico Y Sismológico de Costa Rica (OVSICORI)
- Programa Regional de Maestría en Vida Silvestre (PRMVS)



CONSIDERACION GENERAL

El Proyecto GlobeSAR - Costa Rica, se ha considerado como una segunda etapa del Proyecto SAREX (RADAR) Costa Rica - Canadá, desarrollado entre 1992-1994 con la misma cooperación canadiense del CIID y CRRS. En esa oportunidad, los datos radáricos fueron adquiridos para una gran extensión del territorio nacional desde avión y sirvieron de prueba para los sensores que se instalarían en el Sistema Satelital RADARSAT. Los resultados en el ámbito internacional fueron bastante satisfactorios por las diversas aplicaciones realizadas con carácter interinstitucional y multidisciplinario, y se confirmó el alto potencial de la teledetección radárica en zonas tropicales para reconocimiento de los recursos naturales. Ese Proyecto RADAR no permitió profundizar en el procesamiento digital de este tipo de datos, dado su objetivo de establecer una base tecnológica básica que amplíe la capacidad existente en el país.

El Proyecto actual forma parte de una iniciativa más amplia internacionalmente, donde también participan países de Suramérica. Se espera, a la conclusión de todos los proyectos nacionales, contar con una evaluación exacta de la capacidad de esa tecnología para el inventario de los recursos en cada país y garantizar la transferencia tecnológica de una manera amplia, que cubra la capacitación de los recursos humanos disponibles, la adquisición de equipos adecuados, la divulgación de software especializado y el conocimiento de las técnicas o métodos apropiados para el máximo aprovechamiento futuro de los datos generados mediante teledetección radárica.



MEDICION Y DIAGNOSTICO DE COBERTURA BOSCOA: ¿QUE TAN UTILES SON LAS IMAGENES DE SATELITE EN NUESTRO MEDIO?

Lucio Pedroni, Sergio Velásquez¹

INTRODUCCION

En Costa Rica la teledetección inició en el decenio de 1940 , cuando por primera vez se tomaron e interpretaron fotografías aéreas del territorio nacional (Leclerc, Beaulieu y Charles Hall, en preparación). Con el pasar de los años han llegado al mercado nuevos tipos de sensores remotos y, a las plataformas transportadas por aviones (cámaras ópticas, sistemas tipo scanner, radar y láser) se han sumado aquellas montadas en satélites (AVHRR, Landsat MSS, Landsat TM, SPOT, RADARSAT, etc.). Muchos de estos sensores han sido utilizados en investigaciones realizadas en Costa Rica, así que hoy contamos con más de 25 estudios para áreas superiores a 5000 km² (Leclerc *et al.*, en preparación) y un número sin duda mayor para áreas de tamaño menor. ¿Cuáles enseñanzas nos dan estas experiencias y las de países con condiciones similares a las de Costa Rica? ¿Qué tan útil y confiable es el análisis de imágenes de satélite para medir y diagnosticar la cobertura boscosa de Costa Rica? Y, sobre todo, ¿Qué podemos esperar de esta tecnología en el futuro?

En este artículo discutiremos estos aspectos refiriéndonos sobre todo a las imágenes de los sensores Landsat. De todas los datos de satélite disponibles en el mercado, las imágenes de los satélites Landsat son las que con más frecuencia han sido analizadas en Costa Rica (Leclerc *et al.*, en preparación). Es probable que esta tendencia siga por un tiempo, a pesar de que nuevos sensores, con mejor resolución espacial, espectral, radiométrica y temporal (incluidas nuevas generaciones de sensores Landsat) entrarán en el mercado en los años venideros. El costo por unidad de área de las imágenes Landsat es comparativamente más bajo que el costo de las imágenes producidas por otros tipos de sensores, y esto es un factor determinante en Costa Rica donde es notorio que los recursos financieros no son abundantes.

1 Centro Agronómico Tropical de Investigación



EL PROGRAMA LANDSAT

Los satélites Landsat pertenecen a un programa de la NASA diseñado para monitorear de manera sistemática y consistente los recursos terrestres. El primer satélite Landsat fue lanzado en julio de 1972 y el último (Landsat 6) en octubre de 1993. Sin embargo, no se logró poner en órbita Landsat 6, por lo que el sensor que actualmente sigue funcionando, más allá de su vida útil, es el de Landsat 5, puesto en órbita en octubre de 1984 (Jensen 1996). Los sensores remotos transportados por los satélites Landsat son pasivos y de tipo scanner multi-espectral. Recogen datos recorriendo una órbita polar y heliosíncrona a lo ancho de una franja de 185 km, con una frecuencia de 18 días (Landsat 1-3) y 16 días (Landsat 4-5) respectivamente. La primera generación de satélites Landsat llevaba un sensor llamado Multispectral Scanner (MSS, Landsat 1-3, julio de 1972 - julio 1982), que tenía una resolución espacial de 79 x 79 m y tomaba datos en dos bandas visibles y dos del infrarrojo reflectivo. Con el Landsat 4 (julio de 1982) se puso en órbita un nuevo sensor, el Thematic Mapper (TM), que tiene una mejor resolución espacial (28.5 x 28.5 m) y recoge datos en tres bandas visibles, tres del infrarrojo reflectivo y una del infrarrojo térmico. Próximamente se lanzará Landsat 7, que tendrá características similares a Landsat 5, con la adición de un canal pancromático (con resolución espacial de 15 x 15 m) y también con mejoras en la resolución espacial del canal térmico y en la calibración del sensor.

La serie Landsat produjo 25 años de medición sistemática y consistente de la superficie del planeta, lo que nos ofrece la posibilidad de estudiar los cambios de cobertura del suelo que han ocurrido en un cuarto de siglo.

Actualmente, la mayoría de las imágenes de Landsat para la región centroamericana y, en particular Costa Rica son distribuidas por tres instituciones: CLIRSEN (Ecuador), EROS Data Center (USGS, Estados Unidos (USA) y EOSAT (USA). Los precios varían según el tipo de producto (impreso o digital), el grado de preproceso de la imagen (orientada al paso u orientada al mapa), y la actualidad de las imágenes (imágenes de 10 o más años son significativamente más baratas).



VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO Y ANALISIS DE IMAGENES DIGITALES

El análisis de imágenes digitales, como las producidas por los sensores Landsat MSS y Landsat TM, tiene las siguientes ventajas sobre la interpretación de fotografías aéreas:

- Mejor resolución radiométrica: se pueden distinguir claramente varios tonos de “gris” en cada banda (256 con Landsat TM), cuando el ojo humano con dificultad diferencia una decena de tonos de manera consistente.
- Rango y resolución espectral: Se pueden analizar simultáneamente varias porciones del espectro electromagnético (7 “bandas” con Landsat TM y 4 con Landsat MSS).
- Hay más consistencia y replicabilidad en el proceso de análisis digital de la imagen (con computadora) que en el proceso visual de foto-interpretación.
- Potencial de combinar los datos de la imagen con datos de sistemas de información geográfica (SIG).
- Menor costo por superficie analizada.

Sin embargo también existen desventajas, entre ellas:

- El análisis computarizado de las imágenes solamente usa el tono del color y a veces la textura y el sitio, pero generalmente no usa el tamaño, la forma, los patrones, la sombra, y la asociación como criterios de interpretación.
- La resolución espacial (“área mínima visible”) es generalmente inferior a la de los sistemas fotográficos (79 x 79 m con Landsat MSS y 28.5 x 28.5 con Landsat TM). Esto podría cambiar con las nuevas generaciones de sensores remotos (4 x 4 m y hasta menos).
- Falta de conocimiento sobre la relación entre la energía medida por el sensor y la energía reflejada y emitida por los objetos al suelo.
- Cobertura frecuente de nubes, especialmente en los trópicos húmedos. Esta es quizás la limitante más importante que tenemos con sensores ópticos en Costa Rica.



Es importante que por cada aplicación se evalúen cuidadosamente las ventajas y desventajas respectivas del uso de imágenes de satélite versus otras alternativas, tales como la interpretación de fotografías aéreas. No es cierto que el análisis de imágenes, por utilizar una tecnología más sofisticada, produce siempre los resultados más confiables, como no es cierto que el análisis computarizado de las imágenes es siempre mejor de la interpretación visual de las imágenes.

PRINCIPALES LIMITANTES BIOFISICAS EN EL ANALISIS DE IMAGENES DE SATELITE EN COSTA RICA

Con una imagen Landsat completa podemos “ver” y analizar simultáneamente un área de aproximadamente $185 \times 178 \text{ km} = 32.930 \text{ km}^2$. Para cubrir la misma área con fotografías aéreas a una escala de 1:60,000 deberíamos interpretar aproximadamente 300 fotografías, o 1500 fotografías si la escala de las mismas fuera de 1:30,000. De allí la ventaja de trabajar con imágenes de satélite. Sin embargo, las características intrínsecas de las imágenes digitales de los sensores ópticos y las características particulares del clima, de la topografía, de la vegetación y del uso de la tierra en Costa Rica, hacen que en el país el análisis de las imágenes de satélite sea más difícil de concluir con niveles bajos de error (confusión) que en otras partes del mundo. Veamos:

- **El fraccionamiento del territorio:** En Costa Rica las propiedades son muy fraccionadas y por lo tanto el uso y la cobertura del suelo tienden a presentarse de manera muy fragmentada. Eso es particularmente importante en el caso de los bosques, donde se ha demostrado que los fragmentos de bosques de tamaño pequeño son más numerosos y cubren una área total más grande que los pocos fragmentos de gran tamaño que quedan en el país (Sanchez-Azofeifa, 1996). Mapear correctamente áreas pequeñas de bosque es muy importante, puesto que dichos fragmentos tienen una función importante en el paisaje por ser corredores biológicos (Fournier, 1997), reservas de semillas forestales y lugares donde la fauna deposita semillas procedentes de otros lugares. Sin embargo, un territorio muy fragmentado es difícil de clasificar digitalmente por las siguientes razones: primero, los bordes de los fragmentos en la



imagen digital se representan como “pixeles mixtos”, los cuales tienen características espectrales distintas a los pixeles que se encuentran dentro del fragmento y fuera del fragmento. Estos pixeles muchas veces no son clasificados correctamente por los algoritmos más comunes de análisis digital. Segundo, un territorio muy fragmentado presenta pocas áreas homogéneas de tamaño suficientemente grande para tomar las “firmas espectrales” de las categorías que se necesita mapear.

- **Las nubes:** Costa Rica es uno de los países más lluviosos del mundo. Además, está caracterizado por regímenes de lluvia claramente distintos en las dos vertientes atlántica y pacífica. La frecuencia de 16 días de las mediciones del Landsat, combinada con la muy baja frecuencia de cielos completamente despejados hacen que la probabilidad de obtener escenas sin o con muy pocas nubes es muy baja en Costa Rica. Los intervalos entre dos escenas aceptablemente limpias de nubes pueden ser de varios años.
- **Las brumas:** En Costa Rica, son frecuentes las brumas matutinas. Estas brumas crean una diferencia entre la señal emitida por los objetos al suelo y la señal medida por el sensor, especialmente en la bandas visibles del espectro electromagnético. Estas brumas no son necesariamente visibles en la imagen, y con la variabilidad climática que tenemos en Costa Rica, tampoco son uniformes a lo ancho de los 185 km de la escena. Hay técnicas para remover el efecto de la bruma (un ejemplo sencillo es el “desplazamiento” de los histogramas hacia la izquierda) y es recomendable aplicarlas sobre todo cuando se comparan imágenes de diferentes fechas para detectar cambios de cobertura (por ejemplo en estudios sobre la deforestación y recuperación de bosques). Estas técnicas se basan en el supuesto de que las condiciones atmosféricas son uniformes dentro de toda la escena, lo que es poco probable en Costa Rica. En consecuencia, tanto la corrección como la no corrección de los efectos de la bruma sobre los valores radiométricos puede introducir, o mantener, “ruidos” en los datos que dificultan una clasificación correcta de la imagen y representan un obstáculo adicional para los estudios multi-temporales, que son tan necesarios para monitorear los cambios de cobertura del suelo.
- **La topografía:** Aún desde alturas orbitales (703 km para Landsat TM) la topografía ocasiona deformaciones geométricas de montañas y valles que se manifiestan como



un desplazamiento de los picos de las montañas hacia afuera, con respecto al centro de la imagen. Este desplazamiento puede ser del orden de un pixel de 25 m para una diferencia de elevación de 300 m (Haefner *et al.*, 1992). Por lo tanto, en terrenos muy quebrados, como lo son las cordilleras de Costa Rica, las deformaciones geométricas pueden ser importantes aún después del proceso de rectificación y georeferenciación.

Aún más importante que la distorsión geométrica de la imagen, es el efecto que la topografía muy quebrada de Costa Rica tiene sobre los valores radiométricos. El ángulo de incidencia de los rayos solares varía de acuerdo con la pendiente, el aspecto y la época del año. Desde una perspectiva orbital una misma categoría de cobertura del suelo tendrá luminosidades muy diferentes, que dependen de su ubicación en laderas de pendiente y aspecto diferente. Hay varios métodos para remover el efecto de la topografía sobre los valores radiométricos medidos por el sensor. Sin embargo, la aplicación de estos métodos requiere del uso de un Modelo de Elevación Digital (MED), el cual debería tener una resolución espacial cuatro veces superior a la de la imagen (Haefner *et al.* 1992). En Costa Rica todavía no tenemos un MED con estas características de resolución y por lo tanto no podemos hacer correcciones radiométricas confiables de los efectos topográficos. Estas correcciones serían útiles para el estudio de la cobertura boscosa del país, puesto que muchas de las grandes áreas de bosque natural primario que quedan en Costa Rica se encuentran en zonas montañosas.

- El uso de **índices de vegetación**, como el NDVI (infrarrojo cercano - rojo / infrarrojo cercano + rojo), podría ayudarnos para obviar el problema de luminosidades distintas en pendientes y aspectos diferentes. Estos índices expresan los valores radiométricos como cocientes de los valores originalmente medidos por el sensor, y por lo tanto no deberían variar con la pendiente y el aspecto. Además, en algunos estudios han sido útiles para discriminar diferentes tipos de vegetación tropical (Li *et al.* en preparación). No obstante, tales resultados positivos no se han obtenido en todos los estudios realizados en bosques tropicales: por ejemplo, Sader *et al.* (1989) observaron que el NDVI estuvo más correlacionado con el aspecto y la pendiente que con



los diferentes tipos de bosque que querían discriminar. Se presume que el NDVI está correlacionado positivamente con el índice de área foliar (LAI, Leaf Area Index) el cual, a su vez, en algunos casos está correlacionado con la biomasa. Sin embargo, a valores altos del LAI, hay poca variación del NDVI, razón por la cual en las zonas húmedas del trópico, donde la vegetación es muy densa y el LAI es alto, el NDVI no ayuda necesariamente a discriminar diferentes tipos de bosques. Además, no siempre se pudo demostrar la correlación entre NDVI, LAI y biomasa, así que esta última - tan importante para calcular el contenido de carbono de los bosques - todavía no puede ser medida confiablemente con los sensores remotos actualmente disponibles (Nelson *et al.* 1988, Sader 1988).

- **La diversidad de la vegetación** de la zona tropical es otro factor que complica el análisis de las imágenes de satélite: en nuestros bosques podemos encontrar entre 40 y 100, a veces hasta 300 especies por hectárea. En comparación, hay entre 10 y 20 especies por hectárea en los bosques templados de la costa este de Norte América y entre 1 y 5 en los bosques boreales (Botkin y Lee, 1992). Esta diversidad biológica se traduce en una multitud de diferentes texturas foliares, geometrías de copas, coloraciones de hojas y flores, aberturas de las copas, gradientes de humedad en claros, copas, epífitas, etc..., que causan respuestas espectrales distintas y poco homogéneas que no siempre se pueden relacionar de manera unívoca con las categorías de cobertura del suelo que se quieren discriminar. Las firmas espectrales de diferentes tipos de bosque y de algunos cultivos tropicales resultan poco separables y causan causando más confusiones en la clasificación (errores de omisión y errores de comisión) que en situaciones como las que se encuentran en zonas florísticamente más simples y homogéneas, tales como las que se hallan en las latitudes norteadas. Cabe destacar que no es siempre posible discriminar espectralmente categorías de cobertura que para los fines del usuario deben clasificarse separadamente y, al revés, una misma cobertura del suelo puede tener dos o más firmas espectrales claramente distintas. Por eso, el análisis computarizado de las imágenes de satélite, que generalmente sólo hace uso de los valores radiométricos y no considera criterios tales como asociación, textura, forma, etc., no es siempre el método más conveniente para producir un mapa temático. Hay experiencias en donde se ha comprobado que



en los trópicos la interpretación visual de las imágenes puede producir resultados superiores, en términos de exactitud de la clasificación, al análisis computarizado (Tuomisto, Linna y Kalliola, 1994). Obviamente no podemos hacer de estas experiencias una regla general para los trópicos, sin embargo debemos considerar la opción de la interpretación visual como una alternativa válida (y quizás más económica) para la clasificación digital que requiere de costosos equipos y programas.

- **Misma imagen, resultados diferentes: ¿Quién tiene razón?** En muchos casos preferimos el análisis computarizado a la interpretación visual porque lo consideramos más objetivo y consistente. En cierta medida, en esto, nos equivocamos. En el análisis de las imágenes de satélite hay muchos parámetros que se escogen, aunque con criterios razonables, de manera subjetiva: las categorías de leyenda, la selección de las bandas, el cálculo de índices, la ubicación, número y tamaño de los sitios de entrenamiento y de control, el agrupamiento de las firmas espectrales, el algoritmo de clasificación, etc. Aunque existan procedimientos de análisis más ortodoxos que otros, en este trabajo no hay procedimientos y estándares internacional o nacionalmente establecidos. Dos analistas que trabajan de manera independiente con la misma imagen de satélite producirán inevitablemente dos resultados diferentes, y así lo harán diez, cien o mil analistas. El resultado de la clasificación de una misma imagen de satélite representa una muestra de una población cuasi infinita de posibles resultados. Para evitar que este hecho provoque controversias y rivalidades poco útiles al desarrollo de la ciencia y de la tecnología de la teledetección en nuestro país, sería recomendable que la comunidad científica nacional se ponga de acuerdo sobre los “mínimos” en cuanto a procedimientos e indicadores de calidad de los productos del análisis de imágenes de satélite.



ESTADO DEL CONOCIMIENTO DEL TRATAMIENTO DIGITAL DE IMAGENES DE SATELITE EN COSTA RICA

Debido a factores de tiempo, no ha sido posible realizar una investigación profunda de la capacidad técnica de las instituciones que se dedican al tratamiento digital de imágenes con diferentes propósitos (académicos y/o comerciales) y en diferentes campos, incluso el que atañe a la cuantificación de cobertura boscosa. Este tipo de trabajo requiere del inventario del recurso humano, infraestructura, equipo y programas, capacidad financiera, experiencia, etc., por lo que, sin estos criterios, no sería posible hacer un análisis objetivo de cada una de ellas. Sin embargo, es imprescindible discutir algunos aspectos importantes en cuanto al desarrollo de la tecnología durante el presente decenio.

Es innegable el gran auge que ha tenido la utilización de las imágenes de satélite en el área de los recursos naturales. Esto ha provocado que de muy pocas instituciones y personas que tenían un conocimiento sólido de esta tecnología durante el decenio pasado y que realizaban tratamiento digital de imágenes (tal el caso del CATIE), se haya pasado a una serie de instituciones con diferentes intereses (universidades, centros de investigación, organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, fundaciones, empresas e instituciones extranjeras, etc.). Como consecuencia, durante los últimos años, el personal con conocimientos técnicos en el área de teledetección en general se ha incrementado, en algunos casos porque ha realizado estudios de especialización en el extranjero y en otros, por capacitación (existen cursos especializados en las universidades del país, pero no así un programa de postgrado en la materia). Así mismo, las aplicaciones e investigación científica que se hacen, con el uso de estas imágenes varían de institución a institución. Sin embargo, las universidades y centros de enseñanza se han centrado más en aplicaciones prácticas (en donde la clasificación de la imagen es solamente un componente) a través del desarrollo de tesis, y por razones obvias de tiempo, en pequeñas áreas. Prácticamente nulo ha sido el desarrollo de investigación para encontrar nuevas técnicas que permitan avanzar en la diferenciación de los distintos tipos de bosque tropical (inclusive las fases sucesionales del bosque secundario). A lo sumo, nuestra investigación ha estado relegada a la prueba y comparación de diferentes sensores y distintas estrategias y técnicas ya probadas en otras latitudes para evaluar su adaptabilidad a nuestras condiciones (Puig, 1996).



La proliferación de instituciones que utilizan imágenes teledetectadas ha generado, hasta cierto punto, efectos negativos en el desarrollo de esta técnica en Costa Rica. Algunas veces instituciones o personas con poca capacidad económica para adquirir imágenes “crudas” para desarrollar sus aplicaciones, han obtenido imágenes sin el consentimiento de sus dueños. Como consecuencia, las instituciones que adquieren imágenes para sus fines privados han limitado de manera drástica la cesión de datos crudos, dado las restricciones de derecho de propiedad que tienen.

Por otro lado, el hecho que varias instituciones trabajen sobre el mismo tema con poca o nula comunicación, ha generado desacuerdos en cuanto a los resultados alcanzados en los análisis de cuantificación de áreas boscosas. Estos desacuerdos podrían evitarse a través de la formulación de estándares nacionales, principalmente en lo que se refiere a la descripción de las clases informacionales, establecimiento de puntos de control para toma de firmas espectrales y estimación de errores. Además, han existido y existen muchos proyectos centroamericanos y globales (Corredor Biológico Centroamericano, PROARCA CAPAS, por citar algunos), en los que se contratan organismos foráneos (universidades o empresas privadas, generalmente norteamericanas) para que hagan la clasificación de imágenes. Los datos generados por estos proyectos son generalmente poco conocidos o de accesibilidad limitada.

Podemos concluir entonces, que a pesar de que el recurso humano y la capacidad de las instituciones por realizar aplicaciones mediante el uso imágenes de satélite se ha incrementado y mejorado en calidad en los últimos años, se ha avanzado poco en el campo de la investigación científica en esta materia y se ha generado un problema de credibilidad de los resultados de los análisis debido a la falta de un diálogo y acuerdo entre el gremio de los profesionales de la teledetección, que discuta los resultados y los productos generados y que formule las reglas del juego, tanto para los trabajos realizados por organismos nacionales como internacionales.



¿HACIA DONDE VAMOS, O HACIA DONDE QUEREMOS IR?

En lo técnico...

En lo que se refiere a los sensores que están o estarán disponibles en el futuro, se preve que varios de éstos tendrán mejor resolución espectral y espacial. El avance de la tecnología a este nivel exige de computadoras cada vez más rápidas y con mayor capacidad para almacenar datos, así como de programas especializados para el tratamiento digital de imágenes de alta resolución (nuevos algoritmos).

Se ha ofrecido que el costo de las imágenes de este tipo tenderá a la baja en el futuro, no obstante parte de esta baja se verá descompensada por el costo que tendrá el adquirir el equipo y programas necesarios para su clasificación.

Las nuevas imágenes de alta resolución, por su bajo cubrimiento en área, serían útiles, en nuestro medio, como fuentes de información detallada (muestras) en proyectos de alcance nacional, la cual luego podría ser trasladada a sensores de menor resolución para ayudar a reducir el error en la estimación de áreas boscosas. Es de hacer notar que proyectos a nivel de áreas pequeñas (microcuenca o finca) se verán beneficiados por el detalle de la información.

En lo científico...

En muchos proyectos costarricenses hemos utilizado, por falta de tiempo o limitaciones técnicas, procedimientos de análisis bien conocidos, sin intentar diseñar nuestros propios experimentos para contribuir al desarrollo de la ciencia de la teledetección. Como hemos visto arriba, nuestro país tiene características particulares que dificultan el análisis de imágenes de satélite. Hagamos de estas limitaciones un desafío científico e investiguemos soluciones innovadoras y apropiadas para nuestro medio.

Algunas ideas:

- **Integrar información geográfica en el análisis de datos espectrales.** Se han hecho pocos intentos, hasta ahora, para utilizar la información y la capacidad de análisis de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para mejorar los procedimientos de



análisis de las imágenes de satélite. La teledetección se usa para generar mapas que se ingresan al SIG, pero la posibilidad de hacer fluir información en el sentido contrario casi no se ha aprovechado. Los resultados que han obtenido estudios hechos en el extranjero han sido muy prometedores (Maselli *et al.* 1995). ¿Por qué no intentarlo en Costa Rica? Hemos mencionado las ventajas de incorporar un MED en el análisis de las imágenes; hay otras posibilidades y debemos explorarlas. Por ejemplo: la observación de campo y la literatura (Sader y Joyce 1988, Veldkamp *et al.* 1992) nos enseñan que en Costa Rica hay más bosques en áreas alejadas de las carreteras, en zonas montañosas y muy lluviosas, dentro de parques nacionales, etc. ¿Cómo cuantificar estas relaciones y luego incluirlas en la clasificación de datos espectrales?

- **Probar nuevos tipos de clasificadores:** Hemos trabajado mucho con clasificadores basados en reglas de decisión “pixel por pixel”. Sabemos que los bosques tropicales tienen respuestas espectrales menos homogéneas que las de monocultivos y de bosques templados o boreales. ¿Por qué no experimentar con nuevos tipos de clasificadores, como los clasificadores por objeto o contextuales? Estos clasificadores ya han demostrado su superioridad para discriminar bosques secundarios tropicales (Foody *et al.* 1996, Li *et al.*, en preparación). ¿Podemos confirmarlo en Costa Rica?
- **Combinar diferentes tipos de sensor:** Tenemos varios tipos de sensores remotos que operan en diferentes partes del espectro electromagnético y a diferentes resoluciones (espaciales, temporales, espectrales). ¿Cómo integrar los datos de estos diferentes sensores, y como muestrear escenas de baja resolución espacial (áreas grandes) con escenas de alta resolución espacial (áreas pequeñas)?



EN LAS ACTITUDES Y LA ORGANIZACION...

En Costa Rica la experiencia con imágenes de satélite es relativamente reciente comparada con la de otros países. No obstante, trabajamos de manera aislada, bajo presión de tiempo, y recogemos información de diversas fuentes y olvidamos que nuestro medio nos pone desafíos científicos, técnicos, y económicos que debemos atender. Alrededor de 25 proyectos han cuantificado la cobertura de la tierra de parte o de la totalidad del territorio nacional utilizando teledetección. Sin embargo, en muchos casos, los datos que se generan como producto no están disponibles, no son fácilmente accesibles o sencillamente se desconoce su existencia. Es por esta razón que todos nos beneficiaríamos de un acceso más fácil a la información y a los datos que otros han generado, en poder consultar metadatos de los diferentes SIGs del país, en aprender nuevos métodos, en generar estándares de calidad nacionales y cumplirlos, en aprovechar de la experiencia y solidaridad de uno y otro, y en consolidarnos como un gremio de profesionales en teledetección y SIG.

El monitoreo del uso de la tierra (y por ende de los recursos boscosos), requiere de una densa base permanente de puntos de control bien distribuída en todo el país. Después de 25 proyectos que han utilizado o utilizan la tecnología de sensores remotos, es de esperar que exista una vasta red de estos puntos de control. El compartir estos datos y su homogenización a una leyenda común, sería un buen punto de partida y un paso hacia adelante para mejorar los productos que se generan con esta tecnología. Por supuesto que toda base de datos requiere de su mantenimiento, empresa en donde las instituciones y personas vinculadas con la tecnología podrían demostrar su buena voluntad para trabajar para el bien de la comunidad.



Bibliografía

- Botkin D. B. y M. T. Lee, 1992.* Biological Diversity and Forests. p 47-74. In: Narendra P. S. (editor), *Managing the World's Forests, Looking for Balance Between Conservation and Development.* Dubuque, Iowa, EEUU, 605p.
- Foody G. M., G. Palubinskas, R. M. Lucas, P. J. Curran, and M. Honzak, 1996.* Identifying terrestrial carbon sinks: classification of successional stages in regenerating tropical forest from Landsat TM data. *Remote Sensing of Environment*, 55:205-216.
- Fournier L. A., 1997.* Fragmentos de bosques y corredores biológicos. Ponencia presentada a la reunión de expertos en conservación de bosques (en la presente memoria)
- Leclerc G., N. Beaulieu, and C. Hall, (en preparación).* Remote Sensing and Land Use Analysis For Agriculture in Costa Rica.
- Jensen J. R., 1996.* Introductory Digital Image Processing. A Remote Sensing Perspective. Second edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey. 316p.
- Itten K. I., P. Meyer, T. Kellenberger, Leu R., Sandmeier St., Bitter P., y Seidel K., 1992.* Correction of the impact of topography and atmosphere on Landsat TM forest mapping of alpine regions. *Remote Sensing Series*, Vol. 8. University of Zürich, Suiza. 48p.
- Li Yinghong, Paul Mausel y You Wu, 1997 (in press).* Discrimination between advanced secondary succession and mature moist forest near Altamira, Brasil, using Landsat TM data.
- Maselli F., C. Conese., T. De Filippis, and M. Romani, 1995.* Integration of ancillary data into a maximum-likelihood classifier with nonparametric priors. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 50:2-11.
- Mausel Paul, You Wu, Yinghong Li, Moran Emilio y Eduardo Brondzio, 1993.* Spectral identification of successional stages following deforestation in the Amazon. *Geocarto International*, 4:61-71



- Nelson R., R. Swift, y W. Krabill, 1988.* Using airborne lasers to estimate forest canopy and stand characteristics. *Journal of Forestry*, 86:31-38.
- Puig, J. 1996.* Identificación de fases de desarrollo de bosques secundarios húmedos tropicales de tierras bajas en Costa Rica, mediante análisis digital de imágenes de sensores remotos. Tesis Mag. Turrialba, Costa Rica. CATIE, 49p.
- Sader, S., A. 1988.* Remote Sensing Investigations of Forest Biomass and Change Detection in Tropical Regions. International Union of Forestry Research Organizations, Hytiala, Finland.
- Sader A. S., R. B. Waide, W. T. Lawrence, y A. T. Joyce, 1989.* Tropical forest biomass and successional age class relationships to a vegetation index derived from Landsat TM data. *Remote Sensing of Environment*, 28:143-156.
- Sanchez-Azofeifa A. 1996.* Assessing Land Use/Cover change in Costa Rica. PhD Thesis, University of New Hampshire, 181p.
- Tuomisto H., A. Linna, y R. Kalliola, 1994.* Use of digitally processed satellite images in studies of tropical rain forest vegetation. *International Journal of Remote Sensing*, 15:1595-1610.
- Veldkamp E., A. M. Weitz, I. G. Staritsky, y E. J. Huising, 1992.* Deforestation trends in the Atlantic zone of Costa Rica: a case study. *Land Degradation and Rehabilitation*, 3:71-84.



ESTIMACION DE BIOMASA ARRIBA DEL SUELO EN ARBOLES DE UN BOSQUE HUMEDO TROPICAL

Edgar Ortiz Malavas¹

INTRODUCCION²

Mediciones de altura total en árboles son costosas aún en las mejores condiciones. En el caso de bosques húmedos tropicales en donde existen tres o cuatro estratos, es prácticamente imposible obtener mediciones de altura total precisas, dado que los topes de los árboles no son visibles. Por esta razón es recomendable estimar biomasa total de un árbol utilizar ecuaciones de biomasa que requieren únicamente la medición del diámetro.

Sin embargo, ecuaciones de biomasa que incluyen únicamente diámetro como variable independiente son de limitada aplicación. Estas ecuaciones se desarrollan al utilizar datos provenientes de un tipo específico de bosque, y proveen estimaciones de biomasa válidas sólo para ese tipo de bosque. Otra alternativa es usar ecuaciones de biomasa de dos entradas, diámetro (d) y altura (h). Estas ecuaciones se construyen si se utiliza información de diferentes tipos de bosque y proveen estimaciones de biomasa para un rango más amplio de bosques. Sin embargo, para usar estas ecuaciones se requiere medir la altura total de los árboles.

Un método que combina las ventajas de una ecuación de biomasa de árboles individuales de dos entradas y las ventajas prácticas de una ecuación de una entrada, es desarrollar para cada tipo de bosque una ecuación para predecir altura (h) en función del diámetro (d). Una vez obtenida la ecuación, ésta puede sustituirse en las ecuaciones de biomasa de dos entradas, y de esa forma transformar las últimas en ecuaciones de biomasa locales.

¹ Instituto Tecnológico de Costa Rica

² Relaciones alométricas entre altura y diámetro en árboles de un bosque húmedo tropical.



Una limitación en la aplicación de esta estrategia en un bosque húmedo tropical es la alta diversidad de especies. Si la relación alométrica entre altura y diámetro es específica para cada especie, sería necesario desarrollar una ecuación de altura frente al diámetro para cada una de ellas. Sin embargo, los resultados de varios autores (Claussen, J. y C. Maycock, 1995; King, 1990) sugieren que es posible definir grupos de especies según su tolerancia a la luz, y que posiblemente especies de similar grupo ecológico poseen igual alometría. El objetivo de este estudio es probar la anterior hipótesis, la cual puede traducirse en dos preguntas específicas: 1- ¿Es la relación alométrica entre altura y diámetro constante a diferentes etapas de desarrollo en árboles de una determinada especie?; 2- ¿Es la relación alométrica entre altura y diámetro igual en árboles clasificados según su tolerancia a la luz?

METODOLOGIA

Información de altura total (h) y diámetro (d) de 100 árboles de cinco especies de un bosque húmedo tropical fue utilizada para responder las preguntas antes planteadas. Los datos fueron recolectados en un bosque húmedo tropical cerca de Horquetas de Sarapiquí, Heredia, Costa Rica. Aunque este tipo de bosque es muy rico en especies, la especie dominante es **Pentaclethra macroloba**. De aproximadamente 103 especies presentes en este tipo de bosque, cinco especies fueron seleccionadas para el estudio. Estas especies fueron: **Pentaclethra macroloba** O. Kuntze, **Carapa guianensis** Aublet, **Vochysia ferruginea** Mart, **Virola** sp, y **Tetragastris panamensis** O. Kuntze.

Para responder la primera pregunta, los datos de diámetro y altura de cada una de las especies fueron ajustados a dos distintos modelos de regresión. La primera ecuación es la propuesta por el modelo de razón alométrica constante (CAR), esto es: $h = b_0 d^{b_1}$.

El segundo modelo es el de razón alométrica variable (VAR), esto es: $h = b_0 d^{b_1} e^{b_2 d}$. Si para una determinada especie el coeficiente b_2 del modelo VAR es estadísticamente diferente a cero, la especie muestra una relación alométrica variable entre altura y diámetro. Si por otro lado, el coeficiente b_2 no es estadísticamente diferente a cero, se concluye que la especie muestra una alometría constante.



Para responder la segunda pregunta los datos fueron agrupados según tolerancia a la luz de las diferentes especies. Tres grupos fueron definidos: especies *esciófitas*, *esciófitas parciales*, y *heliófitas*. Las especies fueron agrupadas según se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1.

Clasificación de las cinco especies según tolerancia a la luz y grupo ecológico

ESPECIE	TOLERANCIA	GRUPO ECOLOGICO
Pentaclethra macroloba	Esciófita	Sucesión tardía
Tetragastris panamensis	Esciófita	Sucesión tardía
Carapa guianensis	Esciofita parcial	Sucesión tardía
Virola sp	Esciófita parcial	Sucesión tardía
Vochysia ferruginea	Heliófita	Sucesión temprana

Los datos agrupados fueron utilizados para ajustar un modelo de regresión para cada grupo, para lo cual se utilizó la ecuación propuesta en el modelo de razón alométrica variable (VAR). Las ecuaciones resultantes fueron comparadas para probar si las ecuaciones de regresión eran estadísticamente idénticas, esto es, paralelas y con igual intercepto. Las diferentes ecuaciones fueron comparadas de dos en dos y se utilizó una prueba de F-Fisher según lo propuesto por el principio de la suma de cuadrados adicional.

RESULTADOS

Cuatro de las cinco especies presentan alometría variable entre altura y diámetro. El coeficiente b_2 del modelo de razón alométrica variable fue estadísticamente diferente de cero para **Carapa** ($p=0.097$), para **Virola** ($p=0.037$), para **Pentaclethra** ($p=0.066$), y para **Tetragastris** ($p=0.049$). **Vochysia** muestra una alometría entre diámetro y altura más simple. Para esta especie el coeficiente b_2 del modelo de regresión VAR no es estadísticamente diferente a cero ($p=0.528$), por lo que esta especie muestra una alometría constante entre diámetro y altura. Estos resultados muestran que



las especies que presentan una alometría variable entre diámetro y altura, son las pertenecientes al grupo de especies de sucesión tardía.

La comparación de las ecuaciones de regresión entre h y d de las dos especies clasificadas dentro del grupo de esciófitas (*Pentaclethra* y *Tetragastris*) indica que ambas especies poseen ecuaciones idénticas, esto es, paralelas y con igual intercepto ($p=0.131$). De igual forma, la comparación de las ecuaciones para las especies esciófitas parciales (*Carapa* y *Virola*), demuestra que ambas especies poseen ecuaciones idénticas ($p=0.553$). Sin embargo, la comparación de las ecuaciones de regresión de ambos grupos, esto es, esciófitas y esciófitas parciales, indica que estos grupos no poseen ecuaciones idénticas ($p=0.0001$). En el caso de *Vochysia*, que representa las especies heliófitas, fue demostrado anteriormente que esta especie presenta una relación alométrica constante entre diámetro y altura, razón por la cual, se puede asegurar que los tres grupos de especies presentan distintas relaciones alométricas entre diámetro y altura.

Con respecto a la primera pregunta formulada se concluye que algunas especies presentan alometría variable entre diámetro y altura. Las especies que muestran alometría variable son las clasificadas como de sucesión tardía. *Vochysia ferruginea*, especie que representa a las de sucesión temprana, presenta una relación alométrica constante. Estas conclusiones concuerdan con las de Cluassen, J. y C. Maycock (1995), quienes por medio de diferente metodología, llegan a obtener resultados similares.

Con respecto a la segunda pregunta planteada, se concluye que especies clasificadas dentro de un mismo grupo de tolerancia a la luz, poseen similar alometría entre diámetro y altura.

Las conclusiones anteriores indican que no es necesario desarrollar un modelo de predicción de altura para cada una de las especies en un bosque húmedo tropical, sino que es posible agrupar las especies según su tolerancia a la luz, y desarrollar un modelo de predicción de altura en función del diámetro para cada grupo. Así mismo, las conclusiones anteriores sugieren que en el caso de las especies heliófitas se puede utilizar un modelo de razón alométrica constante, pero que para las especies esciófitas y esciófitas parciales es recomendable un modelo de razón alométrica variable, u otro capaz de modelar una relación alométrica entre altura y diámetro que cambia a distintas etapas de desarrollo de los árboles.



ECUACION PARA ESTIMAR BIOMASA ARRIBA DEL SUELO EN ARBOLES DE UN BOSQUE HUMEDO TROPICAL

INTRODUCCION

Ecuaciones de biomasa de dos entradas son aquellas que incluyen diámetro y altura total como variables predictoras. Este tipo de ecuaciones proveen estimaciones de biomasa más exactas que las que se pueden obtener a partir de ecuaciones de una entrada.

Para desarrollar ecuaciones de biomasa de dos entradas se han propuesto muchos modelos, y el gran número de ecuaciones indica que no existe un modelo aplicable para todas las especies y tipos de bosque.

El objetivo de este estudio es desarrollar un sistema de ecuaciones para estimar biomasa arriba del suelo para árboles de las especies más frecuentes en un bosque húmedo tropical. Para alcanzar este objetivo se plantearon dos preguntas: 1- ¿Cuál de las ecuaciones de biomasa propuestas en la literatura provee estimaciones más precisas?, y 2- ¿Es posible desarrollar ecuaciones de biomasa para especies agrupadas según su tolerancia a la luz?

METODOLOGIA

Para contestar la primera pregunta ocho modelos fueron seleccionados. La formulación matemática y la técnica de regresión utilizada para estimar sus coeficientes son presentados en el cuadro 1. Para seleccionar el mejor modelo se utilizó el siguiente procedimiento: a) primero fueron eliminados como modelos candidatos, aquellos que presentaban coeficientes de regresión no significativos ($\alpha=0.05$), b) los modelos que presentaban distribución de residuos inadecuados fueron eliminados en una segunda instancia, y c) los modelos remanentes fueron comparados y se utilizaron los índices



propuestos por Schlaegel (1981), a saber: el índice de ajuste (IF) y el error de estándar de regresión en unidades reales (Se).

Después de seleccionar el mejor modelo de regresión, este fue utilizado para responder la segunda pregunta del estudio. Las especies fueron agrupadas según tolerancia a la luz (ver cuadro 1). Para responder esta pregunta, primeramente se compararon las ecuaciones de regresión de las especies pertenecientes a un mismo grupo de tolerancia, y seguidamente se compararon las ecuaciones aplicadas para cada uno de los tres grupos de especies. Estas pruebas se desarrollaron mediante el uso de una prueba de F-Fisher y se siguió el principio de la suma de cuadros adicional.

Cuadro 2.

Ecuaciones de biomasa de doble entrada incluidas en el estudio y técnica de regresión utilizada.

Nombre	Ecuación	Técnica de regresión
Factor de Forma Constante	$wt = b_1 d^2 h + E$	CMS
Variable Combinada	$wt = b_0 + b_1 d^2 h + E$	CMS
Variable Combi. General.	$wt = b_0 + b_1 d^2 + b_2 h + b_3 d^2 h + E$	CMS
Logarítmica	$wt = e^{b_1 d^{b_2 h^{b_3}}} E$	CMS con TL
Logarítmica Generalizada	$wt = b_0 + b_1 d^{b_2 h^{b_3}} + E$	RNL
Honer	$wt = d^2 / (b_0 + b_1 h^{-1}) + E$	CMS con TM
VAR	$wt = b_0 (d^2 h)^{b_1} \exp(b_2 d^2 h) E$	CMS con TL
CAR	$wt = b_0 (d^2 h)^{b_1} E$	CMS con TL

Notas:

wt = peso seco total arriba del suelo (en kg)

h = altura total del árbol (en m).

d = diámetro a 1.30 m (en cm).

b₀, b₁, b₂, b₃ = coeficientes del modelo

E = error del modelo

CMS = cuadrados mínimos simple

RNL = regresión no lineal

TL = transformación logarítmica

TM = transformación matemática



RESULTADOS

Tres de los modelos propuestos fueron eliminados debido a que uno de sus coeficientes no era estadísticamente diferente a cero ($\alpha=0.05$). El modelo del factor de forma constante y el de variable combinada no calificaron debido a que sus residuos no estaban uniformemente distribuidos y mostraron varianza desigual. Los dos modelos remanentes fueron el modelo logarítmico y el de razón alométrica constante (CAR). El índice de ajuste de ambos modelos fue muy similar, sin embargo, el modelo logarítmico fue superior dado que tenía un menor error estándar de regresión (Se).

Fue encontrado que las dos especies esciófitas (*Pentaclethra* y *Tetragastris*) poseían ecuaciones de biomasa idénticas (paralelas y con igual intercepto, $p=0.49$), y que las dos especies clasificadas como esciófitas parciales (*Carapa* y *Virola*) también poseían ecuaciones idénticas ($p=0.66$). El grupo de las esciófitas y el de las esciófitas parciales mostraron tener ecuaciones de biomasa diferentes ($p=0.01$). En igual forma el grupo de especies esciófitas y el grupo de heliófitas mostraron tener diferentes ecuaciones de biomasa ($p=0.0001$). Sin embargo, el grupo de especies esciófitas parciales y el de heliófitas mostraron tener ecuaciones idénticas. Este último resultado sugirió la posibilidad de agrupar estas especies en un solo grupo dado que árboles de éstas poseen fustes con características similares. Esto es, estas especies tienden a desarrollar fustes de gran altura y libres de ramas.

Para probar esta posibilidad se crearon dos grupos de especies. El grupo de *esciófitas* y el grupo de *esciófitas parciales* junto con las *heliófitas*. Las ecuaciones de biomasa de ambos grupos fueron comparadas y se encontró que ambos grupos poseían ecuaciones de biomasa diferentes ($p=0.001$).

Los resultados del estudio indican que el mejor modelo para construir ecuaciones de biomasa para árboles de un bosque húmedo tropical es el modelo logarítmico, también conocido como el modelo de Schumacher-Hall. Los resultados también señalan que es posible desarrollar una ecuación de biomasa para las especies *esciófitas*, y otra ecuación para estimar la biomasa arriba del suelo para las *esciófitas parciales* y *heliófitas*.



RESULTADOS GENERALES

De acuerdo con los resultados antes expuestos, se desarrolló un sistema de ecuaciones para estimar biomasa arriba del suelo, para árboles de un bosque húmedo tropical de la región de Sarapiquí. Estas ecuaciones, así como sus características se presentan en los cuadros 3 y 4.

CUADRO 3.

Ecuaciones para estimar altura total de un árbol en función de su diámetro para árboles en un bosque húmedo de la zona de Sarapiquí, Heredia, Costa Rica.

Sp. Group	Model	MSE	R ²	rango-d (cm)
Vochysia	$h = 3.7802 d^{0.5236}$	0.0069	0.9205	18-93
Esciófitas	$h = 4.0048 d^{0.5572} e^{-0.0040 d}$	0.0124	0.9330	4-115
Esciófita Parcial	$h = 1.9550 d^{0.8487} e^{-0.0085 d}$	0.0095	0.8958	12-100

NOTAS:

- 1- Los modelos no incluyen ajuste para corregir el error debido a transformación logarítmica.
- 2- h es altura total de los árboles (en m).
- 3- d es diámetro de los árboles a 1.3 m (en cm).
- 4- MSE and R² son respectivamente el cuadrado medio del error y el coeficiente de determinación de los modelos logarítmicos.
- 5- rango-d indicate el ámbito de valores de diámetro utilizados para construir el modelo.

CUADRO 4.

Ecuaciones para estimar biomasa arriba del suelo para árboles en un bosque húmedo de la zona de Sarapiquí, Heredia, Costa Rica.

Grupo de especies	Ecuación	MSE	IF	Rango diámetro (cm)	Rango altura (m)
Esciófitas	$wt = 0.01689 d^{1.6651} h^{1.4412}$	0.0233	0.984	4-115	7-38
Esciófitas parciales y heliófitas	$wt = 0.01363 d^{1.8520} h^{1.2611}$	0.0265	0.974	12-100	14-50



NOTAS:

- 1- Las ecuaciones no incluyen ajuste por sesgo debido a la transformación logarítmica
- 2- wt es biomasa arriba del suelo (en kg),
- 3- h es la altura total del árbol (en m).
- 4- d es el diámetro a 1.3 m (en cm).
- 5- los rangos de altura y diámetro indican los tamaños de árboles que fueron utilizados para desarrollar las ecuaciones.
- 6- MSE es el cuadro medio del error del modelo logarítmico.
- 7- IF es el índice de ajuste (IF) según definido por Schlaegel (1981).

Bibliografía

- Cluassen, J. y C. Maycock. 1995. Stem Allometry in a North Queensland Tropical RainForest. Biotropica 27(4):421-426.*
- King, D. 1990. Allometry of Saplings and Understory Trees of a Panamanian Forest. Functional Ecology 4:27-32.*
- Schlaegel, B. 1981. Testing, Reporting, and Using Biomass Estimation Models. USDA, Southern Forest Experiment Station, Proceedings Reprint, New Orleans, Louisiana.*
- Wiemann, M. and G. Williamson. 1988. Extreme Radial Changes in Wood Specific Gravity in Some Tropical Pioneers. Wood Fib. Sci. 20(3): 344-349.*
- . 1989. Radial Gradients in the Specific Gravity of Wood in Some Tropical and Temperate Trees. Forest Sci. 35(1):197-210.



IDENTIFICACION DEL USO DE LA TIERRA Y ETAPAS SUCEсивAS DE LOS BOSQUES EN LAS RESERVAS FORESTALES DE RIO LOS SANTOS Y RIO MACHO

Eileen H. Helmer¹

INTRODUCCION

La identificación de tierras deforestadas ha recibido considerable atención de parte de los científicos. Para entender cómo perturbaciones provocadas por el hombre interactúan con la recuperación forestal, se necesita monitorear la extensión y condición de los bosques tropicales secundarios. También es importante analizar el crecimiento de los bosques tropicales secundarios en los estudios de biodiversidad, los procesos de las cuencas y los flujos y estados biogeoquímicos tales como la fijación de carbón (Helmer and Brown, en prensa, Brown and Lugo 1990, Detwiler and Hall 1988).

Los investigadores han utilizado con éxito las imágenes de satélite para monitorear los cambios forestales en los trópicos húmedos (e.g. Sader and Joyce 1988). Sin embargo, se ha dicho que con las imágenes de satélite del método "Landsat Thematic Mapper" (TM) es difícil distinguir los bosques tropicales secundarios de más de 12 a 20 años, de los bosques primarios (Sader *et al.* 1991, Moran *et al.* 1994, Steining 1996). También puede resultar poco precisa la distinción de cierta clase de terrenos problemáticos (Sader *et al.* 1989, Foody *et al.* 1996). Asimismo se tienen dificultades en la interpretación de imágenes de satélite de regiones tropicales montañosas, debido a las variaciones topográficas en la iluminación de las vertientes y los cambios en la vegetación de zonas de diferente altitud.

AREA DE ESTUDIO

Las 42300 hectáreas (Has) del área de estudio se ubican en el sur de Costa Rica, en la parte suroeste de la Cordillera de Talamanca. Incluye propiedades privadas y parte de dos reservas forestales, ubicadas a ambos lados de la carretera Interamericana. Estas reservas son Río Los Santos en la costa pacífica, creada en 1975, y la Reserva Forestal de Río Macho, en la vertiente Atlántica, creada durante la década de los años 1960 (Kappelle and Juárez 1994).

¹ Department of Forest Science, Oregon State University.



La mayor deforestación del área de estudio tuvo lugar entre 1950 y principios del decenio de 1970, cuando pequeños caseríos se convirtieron en pueblos después de la construcción de la carretera Interamericana en los años 1940 y siguientes. El paisaje actual consiste en un mosaico de bosque primario, tierras de ganadería, huertas, tierras abandonadas y bosques secundarios de diferentes edades (Kappelle *et al.* 1996).

PROCESAMIENTO DE LAS IMAGENES DE SATELITE

El procesamiento previo de imágenes Landsat TM de dos fechas (1986 y 1992), consistió en el registro y normalización radiométrica de las imágenes por interferencias atmosféricas, y se utilizó un método basado en Hall *et al.* (1991). Posteriormente se transformó la información espectral en índices de banda útiles, se cubrieron las nubes y las sombras de las nubes y se aisló la formación forestal climática de mayor interés.

Se transformaron las imágenes a los índices de brillo, verdor y humedad del “TM Tasseled Cap” (TC), se utilizaron los coeficientes presentados en Crist *et al.* (1986). Se utilizó esta transformación porque probablemente los índices TC capturan la mayor variación en las bandas TM, de la 1 hasta la 5 y la 7 (Cohen *et al.* 1995). Además el índice de humedad fue útil para distinguir el bosque primario maduro en el noroeste de los Estados Unidos (Cohen *et al.* 1995).

Para aislar los bosques montañosos de robles (*Quercus* esp) de bosques más bajos o más húmedos se utilizó un mapa digital a escala 1:250,000, de la clasificación de zona de vida de Holdridge (Bolaños and Watson 1993, Holdridge *et al.* 1971). Este paso separó la montaña lluviosa (pluvial) y la montaña húmeda más baja de la premontaña y zonas de bosques húmedos más bajos. La separación pareció necesaria con base a una evaluación preliminar de la respuesta espectral a etapas sucesivas del bosque. Se había observado que el bosque húmedo primario en la montaña baja y la premontaña, podía confundirse con el bosque secundario de regiones más altas a causa de similitudes en las respuestas espectrales. También se aisló la vegetación subalpina y se digitalizaron polígonos simples. La evaluación de la información espectral también indicó que el bosque subalpino y las tierras de arbustos podían ser confundidas con bosque montañoso secundario.



INFORMACION DE REFERENCIA

La información de referencia se obtuvo al registrar el tipo de cubierta de cerca de 350 laderas contiguas. De la interpretación de imágenes previas a las más recientes, se infirió la edad para las laderas de referencia de vegetación secundaria. Se categorizó entonces las clases de cobertura por uso de la tierra. Cerca del 80% de las laderas de referencia provenían de observaciones de campo realizadas en 1996 y 1997. El resto fue de interpretación de fotos aéreas en blanco y negro, a escala 1:60,000, del mismo año y estación de las imágenes TM más recientes.

Se agruparon los tipos de cobertura en categorías que indicaran si las tierras previamente deforestadas se usaban todavía para ganadería o agricultura. La tabla 1 detalla los tipos de cobertura según estas categorías. Las tierras usadas incluyen tierras dedicadas a la ganadería y agricultura; tierras abandonadas y de transición que incluyen todas las tierras no cultivadas intensivamente o utilizadas para pasto; y laderas soleadas con bosque primario y otros arbustos (café, mora) o ecosistemas forestales que no han sido modificadas significativamente por los humanos en épocas recientes (6 años). Tierras de transición son aquellas usadas para ganadería o agricultura dentro de los 6 años previos a las imágenes más recientes. A pesar de que estas tierras pueden haber desarrollado una vegetación densa desde 1986, se supuso que su abandono a largo plazo era menos probable. Por lo tanto, se incluyeron estas tierras con Tierras Usadas en la clasificación final.

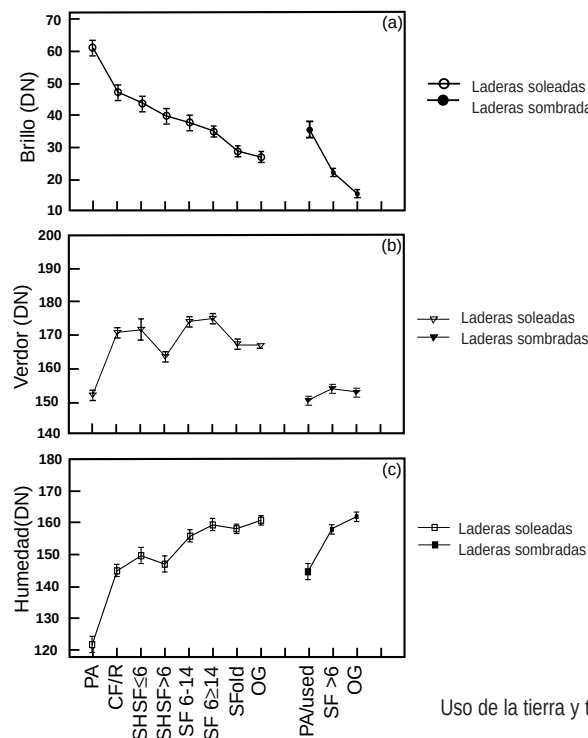
RESPUESTA ESPECTRAL A LA CUBIERTA DE LA TIERRA

En ambas laderas, soleadas y sombreadas, en 1992, el brillo disminuye y la humedad se incrementa a lo largo de los diferentes usos de tierra, gradientes sucesivos de ganadería - árboles y cosechas de arbustos-, bosques secundarios recientes y bosques primarios (figura 1). El verdor fue más bajo en tierras de pastoreo, se incrementó a través de la gradiente hasta un máximo en el bosque secundario mayor de 14 años, y disminuyó a un nivel constante en bosques secundarios de 25 a 35 años y bosques primarios (figura 1b). Una excepción a la tendencia del verdor se dio en tierras abandonadas dominadas por árboles y ciertas especies de arbustos, que tenían un verdor relativamente más bajo.



La relativa insensibilidad de la humedad a la topografía, dio como resultado que la humedad fue el único indicador para el cual, con un 95% de confianza, el bosque primario no se confundió con otro tipo de cobertura de diferente iluminación, o con bosque secundario de iluminación semejante. Los mayores niveles de humedad se dieron en el bosque primario, independientemente de la iluminación topográfica. Ninguna investigación previa ha publicado estas tendencias en humedad por uso de la tierra y regeneración forestal. Una investigación ha concluido que cuando un bosque secundario alcanza entre 12 y 35 años de edad, es espectralmente inseparable del bosque primario (Moran *et al.* 1994, Steininger 1996). La humedad podría por lo tanto, ser un indicador útil para bosques primarios en los trópicos húmedos.

Figura 1. En laderas soleadas, PA es pastos, CF/R es *Cafea* o *Rubus*, SHSF < 6 es bosque secundario con arbustos, menos de 6 años de edad, SFSH>6 es bosque secundario dominado por árboles y arbustos con más de 6 años de edad, SF 6-14 es bosque secundario entre 6 y 14 años, SF>14 es bosque secundario con más de 14 años, SFold es bosque secundario con 25 a 35 años, OG es bosque primario. En laderas sombreadas, PA/used pastos y otros terrenos usados, por ejemplo, *Cafea* o *Rubus*, SF>6 es algún bosque secundario con más de 6 años, y OG es bosque primario.





RESULTADOS

Al utilizar tanto las tres bandas Tasseled Cap de 1992, como las tres bandas TC para ambos años en la clasificación de máxima verosimilitud, resultó un Kappa de 83 + 8.7 por ciento de precisión.

De las aproximadamente 23.000 Ha en el área de estudio, alrededor de 46% se utilizan todavía para ganadería, huertos, y cosechas de árbol/arbusto (café y moras), o son tierras de pastos frondosos. Un 54% no han sido usadas en forma intensiva por 6 a 10 años o más. De las tierras abandonadas, cerca de 9.000 Ha (39% del área de estudio) mantienen bosques secundarios. Los bosques secundarios de arbustos ocupan cerca del 15% del área, o cerca de 3.500 Ha. Un 34% (14.400 Ha.) de toda el área de estudio todavía mantiene bosque primario. Cerca del 2% del área es páramo subalpino, y alrededor de 9% contiene bosque subalpino y tierras de arbustos.

Conclusiones

Se encontró que el uso de la tierra y las etapas sucesivas de los bosques pueden mapearse a partir de imágenes de "Landsat" TM, aún en regiones con terrenos complejos. Se utilizaron los siguientes pasos de procesamiento de imágenes digitales para distinguir en forma precisa la cobertura de la tierra: (1) se estratificaron las imágenes por zonas ecológicas, (2) se transformaron las imágenes en índices Tasseled Cap de brillo, verdor y humedad, (3) se utilizaron imágenes de varias fechas, y (4) se estratificaron las clases de cobertura de la tierra por iluminación topográfica.

También se encontró que una parte significativa de las áreas deforestadas han sido transformadas de nuevo en bosques. Sin embargo, la sucesión de las etapas en los bosques puede realizarse en forma más lenta en algunas áreas. Además, el bosque secundario puede ser más abundante en la región de estudio porque mucha parte está en el área de Reserva Forestal. Investigaciones futuras deberían analizar qué fuerzas biofísicas y económicas influyen en la distribución espacial de la condición y ocurrencia del bosque secundario.



Bibliografía

- Bolaños M., R.A. & V.C. Watson. 1993.* Mapa ecológico de Costa Rica según el sistema de clasificación de zonas de vida del mundo de L.R. Holdridge. Centro Científico Tropical e Instituto Costarricense de Electricidad. Mapa digital cortesía de V.C. Watson.
- Brown, S. & A. Lugo. 1990.* Tropical secondary forests. *Journal of Tropical Ecology* 6:1-32.
- Cohen, W.B., T.A. Spies & M. Fiorella. 1995.* Estimating the age & structure of forests in a multi-ownership landscape of western Oregon, U.S.A. *International journal of remote sensing* 16:721-746.
- Crist, E.P. & R.C. Cicone. 1984.* A physically based transformation of Thematic Mapper data - the TM tasseled cap. *I.E.E.E. Transactions on Geoscience & Remote Sensing*. 22:256-263.
- Detwiler, R.P. & A.S. Hall. 1988.* Tropical forests & the global carbon cycle. *Science* 239:42-47.
- Foody, G.M., G. Palubinskas, R.M. Lucas, P.J. Curran & M. Honzak. 1996.* Identifying terrestrial carbon sinks: classification of successional stages in regenerating tropical forest from Landsat TM Data. *Remote Sensing of the Environment* 55:205-216.
- Helmer, E.H. & S.Brown. In Press.* Gradient analysis of biomass in Costa Rica & a first estimate of trace gas emissions from biomass burning. En: *Ecology of tropical development: Quantifying the myth of sustainable development in Costa Rica*.
- Holdridge, L.R., W.C. Grenke, W.H. Hatheway, T.Liang & J.A. Tosi. 1971.* Forest environments in tropical life zones: a pilot study. Pergamon Press, New York. 747 pp.



- Kappelle, M. & M.E. Juarez. 1994.* The Los Santos Forest Reserve: a buffer zone vital for the Costa Rican La Amistad Biosphere Reserve. *Environmental Conservation* 21:166-169.
- Kappelle, M., Geuze, T., Leal, M.E. & Cleef, A.M. (1996),* Successional age & forest structure in a Costa Rican upper montane *Quercus* forest, *Journal of Tropical Ecology*, 12, 681-698.
- Moran, E.F., E. Brondizio, P. Mausel, & Y. Wu. 1994.* Integrating Amazonian vegetation, land-use, & satellite data. *Bioscience* 44:329-338.
- Sader, S. & A. Joyce. 1988.* Deforestation rates & trends in Costa Rica, 1940-1983. *Biotropica* 20:11-19.
- Sader, S.A., R.B. Waide, W.T. Lawrence & A.T. Joyce. 1989.* Tropical forest biomass & successional age class relationships to a vegetation index derived from Landsat TM data. *Remote Sensing of the Environment* 28:143-156.
- Sader, S.A., G.V.N. Powell & J. H. Rappole. 1991.* Migratory bird habitat monitoring through remote sensing. *International Journal of Remote Sensing* 12:363-372.
- Steininger, M.K. 1996.* Tropical secondary forest regrowth in the Amazon: age, area & change estimation with Thematic Mapper data. *International Journal of Remote Sensing* 17:9-27.



CUADRO 1.

Categorías de cobertura del suelo en 1992.

Categoría	Clase de cobertura	Símbolo en las laderas	Símbolo en las laderas sombreadas
Tierras usadas	Pasto Pasto con arbustos Pasto con árboles Pasto con árboles y arbustos Pasto con restos de árboles Huertos frutales	PA	PA / usado
Tierras usadas	Café Moras, pasto con moras	CF / R	
Tierras en transición	Bosque secundario de arbustos, < 6 años de edad	SV <6	
Tierras abandonadas/ en transición ¹	Bosque secundario de arbustos , cobertura de arbustos > 50%, > 6 años de edad Bosque secundario, 6 a 14 años de edad Bosque secundario, > 14 años de edad Bosque secundario, 25 a 35 años de edad	SHSF >6 SF 6-14 SF >14 SF old ²	SF >6
Tierras no perturbadas	Bosque primario Bosque primario subalpino y de arbustos Bosque primario en áreas sobre los 2400 m de elevación Páramo ²	OG (Bosque primario) SubalpOG ² Otro OG ² Páramo	OG

¹ Todas las tierras Abandonadas/en Transición pueden contener remanentes de bosque primarios.

² Indica tierras no categorizadas por clases de iluminación.

NOTA:

Las laderas de referencia se agruparon en las categorías de uso de la tierra y etapas sucesivas del bosque mostradas. Los símbolos usados son los mismos de la figura 1. En áreas sombreadas, PA/usado incluye todas las tierras usadas y tierras en transición, SF > 6 incluye todas las tierras abandonadas/en Sucesión, y OG incluye todo el bosque primario.



FRAGMENTOS DE BOSQUE Y CORREDORES BIOLOGICOS

Luis A. Fournier O.¹

INTRODUCCION

En los últimos dos decenios se ha suscitado en la América Tropical un marcado interés por la recuperación de bosques y la conservación de los remanentes de estos ecosistemas (Aguilar Ramírez, 1996; Butterfield y González, 1996; Flores et al., 1983; Fournier, 1996, 1997a, 1997b; Glaser y Marcus, 1996). Esto ha sido motivado no sólo por la necesidad de ofrecer un suministro de productos forestales tradicionales (leña, madera, carbón) sino también como un forma de mantener otros recursos importantes como el agua. También se ha pensado en el bosque como una fuente de sustancias químicas de interés industrial (Gámez, 1997), así como de importancia en la protección del paisaje, la flora y de interés ecoturístico.

En Costa Rica este interés por el bosque se ha manifestado de la manera siguiente:

1. Establecimiento y desarrollo de un Sistema de áreas de conservación, que cubre casi un 25% del país, así como una buena parte de la diversidad ambiental nacional.
2. Reforestación con plantaciones de especies exóticas y nativas.
3. Manejo racional del bosque natural, mediante un sistema de baja extracción de madera y de otros productos forestales.
4. Manejo de bosques secundarios.
5. Conservación y desarrollo de fragmentos de bosque en áreas que han sufrido una fuerte deforestación y que en algunos casos no están bien representadas en el sistema estatal de conservación.

Esta última alternativa, la de fragmentos de bosque, ha atraído la atención de varios investigadores, como una forma de mantener, por lo menos en parte, la rica diversidad ambiental de algunas regiones de Costa Rica (Chaverri, 1979; Di stefano y Morales, 1993; Fournier y Herrera de Fournier, 1979).

¹ Miembro Academia Nacional de Ciencias



El propósito de este trabajo es, precisamente, el de analizar la importancia y las limitaciones ecológicas de los fragmentos de bosque; como partes de un sistema de áreas naturales, que en su mayoría están unidas por corredores biológicos o por la acción de agentes polinizadores y de dispersión.

Caracterización de un fragmento de bosque:

Fournier (1997a) indica que a principios del presente siglo cerca de un 85% del territorio de Costa Rica estaba cubierto por bosques, área que en el presente se ha visto reducida a poco más de un 30%, y fragmentada en algunas regiones en forma extrema (Sánchez-Azofeifa, 1996). Este último autor informa que en Costa Rica existen 7 889 islas o fragmentos de bosque de 3 ±500 hectáreas(Ha), para un total de 1 352 363 ha y 9 128 ha en fragmentos de menos de 3 ha. Un detalle de la distribución en tamaño de estos fragmentos se puede apreciar en el cuadro 1.

CUADRO 1.

Estimación de la cubierta forestal de Costa Rica en 1991, según su distribución de fragmentos de bosque.(tomado de Sánchez-Azofeifa, 1996)

Ambito (ha)	Nº de fragmentos	Area total (ha)	% del área total
3-5	7 134	74 530	5,5
50-100	370	25 413	1,9
100-150	109	13 237	1,0
150-200	73	12 554	0,9
200-250	43	9 537	0,7
250-300	27	7 395	0,5
300-350	18	5 807	0,4
350-400	19	7 073	0,5
400-450	10	4 277	0,3
450-500	6	2 877	0,2
+500	80	1 189 662	88,0
Total	7 889	1 352 363	100,0



Esta información muestra la importancia que tiene para Costa Rica el estudio de los fragmentos de bosque, unidades forestales que se pueden caracterizar en la siguiente forma. Un fragmento de bosque es una área de extensión variable, cubierta por varios estratos de árboles, cuyas copas cubren por lo menos un 70% de superficie, lo que permite que la fauna arbórea pueda trasladarse con facilidad de una copa a otra en los varios doseles. Además en el substrato de este ecosistema se entremezclan las raíces de los árboles y arbustos y se presenta un sotobosque, relativamente estable. Tanto el área como el ambiente físico y biótico de este ecosistema, deben permitir la permanencia del fragmento.

ASPECTOS FAVORABLES DE LOS FRAGMENTOS DE BOSQUE

Dada la situación fragmentaria de los bosques costarricenses se hace necesario analizar los aspectos favorables y negativos de este estado de cosas. Varios autores han argüido en el sentido que las pequeñas reservas naturales, a pesar de sus limitaciones, tienen aspectos favorables desde el punto de vista ecológico, económico, cultural, social y científico (Chaverri, 1979; Di Stefano y Fournier, 1994; Di Stefano y Morales, 1993; Di Stefano et al., 1996). Un resumen de las características positivas de los fragmentos de bosque fue presentado por Fournier (1992; 1997b). Los aspectos más sobresalientes de esto se transcriben a continuación:

1. La protección y la conservación de las bellezas escénicas locales.
2. La protección y la conservación de diversos tipos de organismos de interés local, regional y nacional.
3. Conservación y desarrollo de microambientes climáticos y edáficos.
4. Mantenimiento y desarrollo de áreas que pueden servir para ulteriores comparaciones en el suelo, el microclima y la biota, con sitios vecinos dedicados a actividades agropecuarias y forestales.
5. Protección y conservación de microcuencas.



6. Fomentar el interés por la conservación y el mejoramiento del ambiente, en las comunidades agropecuarias cercanas a los bosques.
7. Servir como amortiguadores del Sistema Nacional de Areas de Conservación.
8. Aumentar el ingreso familiar de sus propietarios, con la venta de productos y servicios del bosque, tanto tradicionales (leña, carbón, madera), de plantas ornamentales, o de otros organismos, de manera racional.
9. Combinar los aspectos de conservación con otros valores culturales, tales como: folclorismo, arqueología, antropología, historia, etc.
10. Servir como sitios para la enseñanza y la investigación de los diversos aspectos ambientales, ecoturísticos y de diversidad del patrimonio biológico.

Otro aspecto que se menciona en la literatura es que estas pequeñas reservas pueden ser fuente de semillas para la repoblación de áreas cercanas y para el establecimiento de plantaciones forestales (Di Stefano y Fournier, 1994). El autor de este trabajo ha utilizado un buen número de estos fragmentos de bosque para la obtención de material didáctico, de investigación, para divulgación de aspectos científicos y tecnológicos de los árboles y del bosque. Por otra parte, también es de interés mencionar la importancia que pueden tener como ecosistemas fijadores de bióxido de carbono.

PROBLEMAS INHERENTES A LOS FRAGMENTOS DE BOSQUE

La fragmentación de los bosques naturales, motivado en buena parte por las actividades agropecuarias (Fournier, 1993; Saunders *et al.*, 1991) reduce en mucho la diversidad florística y faunística de las áreas deforestadas (Diamond, 1984; Macarthur y Wilson, 1967). Esta situación ha motivado a diferentes autores a estudiar las condiciones mínimas para mantener la estabilidad de estos sistemas naturales (Saunders *et al.*, 1991). Inicialmente la investigación pretendía determinar el área mínima sostenible (Lovejoy, 1980), pero en la actualidad el interés es por evaluar el tamaño efectivo de las poblaciones y su relación con la estabilidad y establecimiento de éstas. Lawrence y Yensen, (1991) han cuestionado la estabilidad de estas reservas, argumentando que el efecto de



borde fomenta la proliferación de especies vegetales menos tolerantes a la sombra. Además mencionan que los cambios microclimáticos alteran el equilibrio local de estos parámetros ambientales, lo que puede causar una pérdida de la diversidad genética y una baja presencia de polinizadores y agentes de dispersión.

Rodríguez (1997) en un estudio de fragmentos de bosque en el Norte del Paraná, Brasil, encontró que el 80% de estos bosques eran de menos de 10 ha. Esta investigación mostró que la densidad de los árboles se reduce hacia el interior del bosque y a 30 metros del borde se observó una baja densidad de especies pioneras y de briznales. Por su parte la humedad del aire aumenta hasta una profundidad de 38 metros dentro del bosque. El autor explica la baja densidad a los 30 metros debido a que en esta zona el microclima es seco como en el borde y oscuro como en el centro del fragmento. También se mostró en este trabajo que la reducción en densidad de las especies a 30 metros dentro del bosque es menor en los fragmentos grandes debido, probablemente, a la capacidad amortiguadora de éstos. Sin embargo, en los fragmentos grandes se observó una menor diversidad, lo que puede deberse a que los pequeños se ubican en una fase intermedia de “empobrecimiento de especies”, tanto pioneras como menos tolerantes. Por su parte Scariot (1997) sugiere que la fragmentación del bosque puede afectar los patrones biológicos de la diversidad y abundancia de especies debido a una discontinuidad en la distribución de la vegetación, la reducción de los hábitáculos y la adición de bordes en lo que antes era un bosque continuo.

Cascante *et al.* (1997) al estudiar el efecto de la fragmentación del bosque en *Pithecolobium saman*, en Guanacaste, Costa Rica, observaron que los árboles de esta especie producen más semillas por fruto en bosques continuos que en fragmentos y que además los frutos de los árboles en la primera condición abortan menos semillas. También observaron que en los fragmentos de bosque hay menor depredación de semillas, pero éstas no difieren en tamaño en ambas condiciones. En otro estudio con esta misma especie de árbol en la misma región, se determinó que el número de granos de polen y de tubos polínicos en el estilo es mayor en los árboles que crecen en el bosque continuo (Fuchs, *et al.*, 1997).



DISCUSION

Desde el punto de vista estrictamente ecológico lo ideal para los ecosistemas forestales, en particular los tropicales con alta diversidad biológica, es el de mantener una cubierta continua de árboles que favorezca el desarrollo de poblaciones estables y un equilibrio de las especies que comparten determinado sitio. Pero como esta situación ya no es posible, debido a la gran fragmentación de los bosques tropicales, lo más aconsejable parece ser el desarrollo de una estrategia de manejo que permita, paliar, por lo menos en parte esta situación.

Esta estrategia debe tener como premisa básica la que los fragmentos de bosque no son entidades del todo aisladas, ya que pueden estar unidas por medio de “corredores biológicos”, o por “lazos” no evidentes, como organismos polinizadores o dispersadores, que se mueven a veces de un fragmento a otro en distancias de varios kilómetros. Lo mismo se puede decir de factores físicos del ambiente, como el viento, el agua y la gravedad, que contribuyen con la dispersión a distancia de las plantas. Otras relaciones bióticas interespecíficas como el parasitismo y la depredación, pueden también jugar un papel importante en el enlace entre fragmentos de bosque.

Entre los corredores biológicos de importancia para los pequeños fragmentos de bosque están las cercas vivas, en particular las de alta diversidad biológica y los bosques de galería. Son también importantes los cafetales arbolados, montes frutales y las plantaciones forestales. En todo esto juega un papel muy importante el ser humano y es necesario que las poblaciones rurales permitan el desarrollo y mantenimiento de estos corredores biológicos y que respeten el movimiento de la fauna natural en estos ecosistemas.

Dentro de esta estrategia cualquier pedazo de bosque natural, remanente del bosque primario o bosque secundario, aún los de menos de 2 ha (que nuestra legislación forestal menosprecia) tienen valor, en un sistema integrado de fragmentos y corredores biológicos. Un problema que afecta seriamente a los fragmentos de bosque es la interrupción del relieve natural y de la cubierta de vegetación por efecto de la construcción de carreteras y autopistas, que obstaculizan el paso de los animales de un sitio a otro y además son causa de muerte de muchos animales.



ALGUNOS EJEMPLOS DE FRAGMENTOS DE BOSQUE

La literatura muestra ejemplos de fragmentos de bosque de importancia local y regional en la conservación de la vida salvaje (Alvarado Chacón *et al.*, 1997; Di Stefano y Morales, 1993; Di Stefano *et al.*, 1996; Flores *et al.*, 1983; Fournier y Herrera de Fournier, 1977). También se ha mostrado en otros estudios la importancia de estos bosques en la conservación de los hongos (Carranza y Mueller, 1996) y de los líquenes foliosos (Lücking, 1995). Por su parte Stiles y Skutch (1989) muestran diversos sitios de Costa Rica, en que los fragmentos de bosque pueden jugar un papel importante en la conservación de la ornitofauna residente y migratoria. Stiles (1990) observó de 1968 a 1989 los pájaros que visitaban los fragmentos de bosque de la región de San Pedro de Montes de Oca, en las vecindades de la Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, de la Universidad de Costa Rica. Durante ese estudio logro identificar 188 especies de pájaros tanto residentes como migratorios.

Los fragmentos de bosque también han servido para realizar numerosos investigaciones fenológicas, tanto a nivel de comunidad vegetal como de especies individuales, como lo muestra Fournier (1996), y para la comparación edáfica de bosques y agroecosistemas (Fournier, 1997a).

A guisa de ejemplo se resume en los cuadros 2 y 3 los cambios florísticos en un fragmento de bosque secundario en Ciudad Colón de Mora, que en la actualidad tiene una edad de 32 años.



COMENTARIO FINAL

La fragmentación del bosque tropical precisa de una estrategia de manejo que reduzca los efectos negativos y aproveche aquellos aspectos que son favorables. Esta estrategia puede fundamentarse, entre otros, en los aspectos siguientes:

1. Formación de una adecuada conciencia conservacionista en las comunidades vecinas a los fragmentos de bosque que les permita comprender las limitaciones y ventajas de estos ecosistemas.
2. Fomentar el desarrollo de corredores biológicos entre los fragmentos, que se incluya: bosque galería, cercas vivas, cultivos perennes arbolados, plantaciones forestales y montes frutales. En estos ecosistemas se debe hacer el menor uso de agroquímicos para no perjudicar a la fauna.
3. Formar conciencia entre los gobiernos locales, instituciones del Estado y los diversos organismos no gubernamentales, de la importancia de los fragmentos de bosque.
4. Informar a la ciudadanía en general, en particular a los que se movilizan por las vías públicas rurales y autopistas, que deben tener cuidado con el paso de animales en esas rutas.
5. Fomentar la investigación científica y tecnológica sobre fragmentos de bosque.



Cuadro 2.

Variación en el número de familias y de especies de árboles en un bosque sucesional de Ciudad Colón de 1965 a 1997 en una hectárea.

Familia	1965	1967	1976	1985	1990	1997
Annonaceae				2	2	2
Anacardiaceae		1	3	4	4	4
Apocynaceae		1	1	1	1	1
Asteraceae	1	1	1	3	3	3
Bignoniaceae			3	4	4	4
Bombacaceae			2	2	2	2
Boraginaceae	1	1	1	2	2	2
Burseraceae			1	1	1	1
Caesalpinaceae	1	1	1	1	1	1
Cecropiaceae		1	1	1	1	1
Clusiaceae			1	2	2	2
Euphorbiaceae		1	4	4	4	4
Elaeocarpaceae						1
Flacourtiaceae	1	1	4	5	5	5
Hernandiaceae				1	1	1
Lauraceae		1	1	2	2	2
Melastomataceae			1	1	1	1
Malpighiaceae			1	2	2	2
Meliaceae			3	3	3	3
Mimosaceae		2	3	4	5	5
Moraceae			1	3	3	3
Myrsinaceae			1	2	2	2
Myrtaceae	1	1	3	6	6	6
Oleaceae			1	1	1	1
Palmae	1	1	1	1	1	1
Papilionaceae	1	3	5	5	5	5
Piperaceae			4	4	4	4
Proteaceae			1	1	1	1
Rubiaceae	1	1	5	7	9	9
Rutaceae			2	4	4	4
Sapindaceae	1	2	2	3	3	3
Sapotaceae			1	4	4	4
Simaroubaceae				1	1	1
Solanaceae			2	4	4	4
Sterculiaceae				1	1	1
Styracaceae					1	1
Tiliaceae		1	1	1	1	1
Ulmaceae				1	1	
Urticaceae			1	1	1	1
Verbenaceae		1	1	1	1	1
Total de familias 40	9	21	64	95	99	99
Altura:	780 m.s.n.m.	Area basal tota		19,57 m	228,98 m	238,99 m2
Temperatura promedio:	23,6°C					
Lluvia:2	053 mm	Altura promedio		6,38 m	7,40 m	9,15 m
Bosque Húmedo Premontano						



CUADRO 3.

Muestra de 25 especies de árboles del bosque sucesional de premontano húmedo de Ciudad Colón que en 1995 mostraron el Índice de Importancia más alto

Especie	1985	1995
Cupania guatemalensis	16.43	48.26
Cordia alliodora	32.13	47.52
Enterolobium cyclocarpum	29.09	34.20
Machaerium biovulatum	30.01	33.90
Cecropia peltata	6.64	24.15
Luehea speciosa	15.86	20.09
Zanthoxylum rhoifolium	13.01	19.12
Cinnamomum brenesii	14.39	17.57
Casearia sylvestris	4.65	17.12
Stemmadenia donnell-smithii	16.04	15.43
Myrsine pellucido-punctata	2.50	14.97
Trophis racemosa	2.33	13.78
Diphysa americana	8.67	13.58
Tecoma stans	3.50	12.96
Miconia argentea	4.14	12.20
Sapium thelocarpum	15.14	11.58
Andira imermis	6.00	11.39
Albizia adinocephala	4.20	11.04
Tabebuia rosea	2.35	10.58
Spondias purpurea	3.15	8.43
Croton gossypifolium	2.69	8.35
Clarisia biflora		7.39
Gliricidia sepium	2.36	7.20
Godmania aesculifolia	0.96	6.35
Guazuma tomentosa		6.39



Bibliografía

- Aguilar Ramírez, X. 1996.* Madera del bosque sin cortar árboles: experiencia de un grupo campesino de la Península de Osa, Costa Rica. *Revista Forestal Centroamericana* 16(5): 40-44.
- Alvarado Chacón, L.L., Carballo González, R.A. y Constanza Constanza, J.M. 1997.* Regeneración natural forestal en dos cafetales abandonados en el Parque Nacional el Imposible, departamento de Ahuachapán, El Salvador, Centro América. Tesis de Licenciatura, San Salvador, Universidad de El Salvador, Escuela de Biología, 72 p.
- Butterfield, R. y González, E. 1996.* Adaptabilidad de diferentes especies forestales en pastizales degradados en las tierras bajas del Atlántico de Costa Rica. *Revista Forestal Centromericana* 15(5): 9-15.
- Carranza, J. y Mueller, G.M. 1996.* Fungi of Costa Rica: selected studies on biodiversity and ecology. *Revista de Biología Tropical* 44: Suplemento No. 4. 151p.
- Cascante, A.; Quesada, M. y Rocha, O. 1997.* Effects of forest fragmentation on the reproductive output of natural populations of the timber tree *Pithecellobium saman*. In: *Symposium and Annual Meeting, Organization for Tropical Studies. Tropical Diversity Origins, Maintenance, and Conservation.* San José, Costa Rica, 15-20 junio, 1997.
- Chaverri Polini, A. 1979.* Análisis de un sistema de reservas biológicas privadas en Costa Rica. Tesis, Magister Scientiae, Turrialba Costa Rica, Programa de Posgrado Universidad de Costa Rica -Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Diamond, J.M. 1984.* "Normal" extinctions of isolated populations. In: M.H. Nitecki (ed) *Extinctions.* University of Chicago Press, Chicago. pp. 191-246.
- Di Stefano, J. y Fournier L.A. 1984.* Crecimiento inicial de *Vochysia guatemalensis* en Tabarcia de Mora, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 41(3): 423-431.



- Di tefano, J., Morales, C.O. 1993.* Inventario Florístico en varias áreas boscosas en Tabarcia de Mora y Palmichal de Acosta, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 41(3): 423-431.
- Di tefano, J., Nielsen, V., Hoomas, J. y Fournier, L.A. 1996.* Regeneración de vegetación arbórea en una pequeña reserva forestal urbana del nivel premontano húmedo en Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 44(2): 575-580
- Flores, E., Fournier, L.A. y Rivera, D. 1983.* Descripción de un método para el estudio de los árboles del Valle Central de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 31: 317-321
- Fournier, L.A. 1992.* El establecimiento de pequeñas reservas, mediante la regeneración natural y su importancia en el desarrollo. En: II. Simposio de Ecología, Turismo y Municipio. San José, Costa Rica. Plenaria, Libro 2.
- Fournier, L.A. 1993.* Recursos Naturales. 2a. ed. San José, Costa Rica. Editorial de la Universidad Estatal a Distancia. 388 p.
- Fournier, L.A. 1993.* Fenología forestal en condiciones tropicales. En: Curso Nacional de Recolección y Procesamiento de Semillas Forestales. Ministerio de Ambiente y Energía, Sistema Nacional de Areas de Conservación, Areas de fomento. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Santa Clara, San Carlos, Costa Rica, 6-8 de febrero de 1996. sp.
- Fournier, L.A. 1997 a.* Recursos Forestales: uso y conservación. En: Academia Nacional de Ciencias, Desarrollo Sostenible, la opción para Costa Rica. San José, Costa Rica. pp. 77-102
- Fournier, L.A. 1997 b.* Small natural reserves and conservation of biodiversity in Costa Rica. En: Symposium and Annual Meeting, Organization for Tropical Studies, Tropical Diversity Origins, Manintenance and Conservation. San José, Costa Rica, 15-20 junio 1997. pp. 58-59.



- Fournier, L.A. y Herrera de Fournier, M.A. 1977. La sucesión ecológica como un método eficaz para la recuperación del bosque en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 1(1): 23-29.
- Fournier, L.A. y Herrera de Fournier, M.E. 1979. Importancia científica, económica y cultural de un sistema de pequeñas reservas naturales en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 3: 53-55.
- Fuchs, E., Quesada, M. Cascañe, A. 1997. The effect of forest Fragmentation on the rate of pollen deposition, pollen competition and pollen-ovule ratio under natural conditions of the tropical dry forest tree. *Pithecellobium saman*. In: *Symposium and Annual Meeting, Organization for Tropical Studies. Tropical Diversity, Origins, Maintenance and Conservation*. San José, Costa Rica, 15-20 junio de 1997. p. 60.
- Gómez, R. 1997. La biodiversidad costarricense y su papel en el desarrollo del país. En: *Academia Nacional de Ciencias, Desarrollo Sostenible, la opción para Costa Rica*. San José, Costa Rica. pp. 67-72.
- Glaser, M. y Marcus, R. 1996. Ecoturismo comunitario e Belice; una opción para conservar el bosque y mejorar el bienestar de la población local. *Revista Forestal Centroamericana* 16(5): 31-34.
- Lawrence, W.F. y Yensen, E. 1991. Predicting the impacts of edge in fragmented habitats. *Biological Conservation* 55: 77-92.
- Lovejoy, T.E. 1980. Discontinuous wilderness: minimum areas for conservation. *Parks* 5(2): 13-15.
- Lucking, R. 1995. Biodiversity and conservation of foliicolous lichens in Costa Rica. *Mitt. Eidgenöss. Forsch. anst. Wald Schnee Landsch.* 70(1): 63-92.
- MacArthur, R.H. y Wilson, E.O. 1967. *The theory of Island Biogeography*. Princeton New Jersey, Princeton University Press.



- Rodríguez, E. 1997.* Fragment size, edge effects and species extinction in North Paraná, Brasil: A 5 years report. In: Symposium and Annual Meeting, Organization for Tropical Studies. Tropical Diversity, Origins, Maintenance and Conservation. San José, Costa Rica, 15-20 junio de 1997. p. 100.
- Sánchez-Azofeifa, G.A. 1996.* Assessing Land Use/Cover Change in Costa Rica. Ph.D. Thesis, University of New Hampshire. 181 p.
- Saunders, D.A., Hobbs, R.J. y Margules, C.R. 1991.* Biological consequences of ecosystem Fragmentation: a review. *Conservation Biology* 5: 18-32.
- Sacriot, A. 1997.* The effect of rain forest fragmentation on the diversity and density of Central Amazonian palms. In: Symposium and Annual Meeting, Organization for Tropical Studies. Tropical Diversity, Origins, Maintenance and Conservation. San José, Costa Rica, 15-20 junio de 1997. p. 105.
- Stiles, F.G. 1990.* La avifauna de la Universidad de Costa Rica y sus alrededores a través de veinte años. *Biología Tropical* 38(2B): 361-381.
- Stiles, F.G. y Skutch, A.F. 1989.* A Guide to the Birds of Costa Rica. Ithaca, New York, Constock Publishing Associates, Cornell University Press. 511 p.



POBLACION Y DEFORESTACION EN COSTA RICA

Luis Rosero Bixby ¹

Alberto Palloni ²

INTRODUCCION



En qué grado el rápido crecimiento poblacional es culpable de la masiva destrucción del bosque tropical? Aunque covariaciones temporales y espaciales sugieren una conexión entre población y deforestación (Preston, 1994), investigaciones sugieren también complejas causas no demográficas. Entre ellas, las deficiencias en los mercados de créditos y capitales y en las instituciones de tenencia de la tierra; la pobreza, mala distribución de la propiedad de la tierra, ciertos hábitos de consumo, la codicia de compañías multinacionales y la ignorancia del colonizador de la frontera agrícola (Gillis and Repetto, 1988; Bilsborrow and Ogendo, 1992; Myers, 1984; Palloni, 1994). En Costa Rica, un país que ha experimentado una de las tasas de crecimiento poblacional y deforestación más altas del mundo, a menudo se invoca la tesis de que el rápido crecimiento poblacional es uno de los mayores culpables de la deforestación (Bonilla, 1985; Harthshorn, 1983; Pérez y Protti 1978). Sin embargo, muy pocos estudios han intentado probar empíricamente esta tesis. Más aún, los resultados de estos pocos estudios son contradictorios o no concluyentes.

Este documento presenta un análisis exploratorio de datos costarricenses altamente desagregados. Divide al país en celdas de 750 m de lado y analiza la probabilidad de deforestación en cada una de estas unidades. Hace frente al problema de relacionar a la población con el suelo deforestado, el cual se origina en el hecho de que la población no reside en el bosque tropical que ulteriormente es talado o no. Para establecer la conexión población-suelo, se utiliza un sistema multidisciplinario de información geográfica (GIS). Las probabilidades de deforestación se analizan con modelos de regresión logística en 31.000 celdas que estaban cubiertas de bosque en 1973.

1 Programa Centroamericano de Población
Universidad de Costa Rica

2 Center for Demography and Ecology
University of Wisconsin

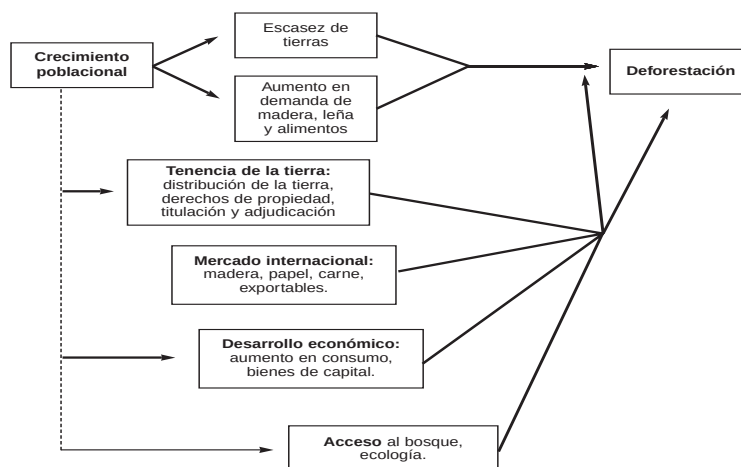


ANTECEDENTES Y MARCO DE REFERENCIA

Norman Myers, un ecologista británico, predice que en pocas décadas el bosque tropical virtualmente desaparecerá de la tierra, a menos que haya una marcada reducción en el crecimiento poblacional y se encuentre una solución al problema de los campesinos sin tierra (Myers, 1991). De este modo Myers asigna al crecimiento poblacional un rol preponderante en la deforestación e identifica al campesino sin tierras como el principal mecanismo causal en esta relación.

El diagrama de la **gráfica 1** sintetiza las principales rutas causales que conectan el crecimiento poblacional con la deforestación. Se postulan dos rutas directas. 1) La escasez relativa de tierras en áreas tradicionalmente agropecuarias como resultado de crecientes números de campesinos, altas densidades de población (o sea la acumulación de crecimiento poblacional pasado), inequidades en el acceso a la propiedad de la tierra, y persistencia de tecnologías de cultivo que favorecen la extensificación sobre la intensificación. 2) La creciente demanda de madera, leña y alimento que pueden conducir a la sobre-explotación del bosque o a su tala para aprovechar la tierra en la agricultura. El presente análisis se centra, de acuerdo con Myers, en el primer vínculo causal, traducido a la siguiente prueba de hipótesis: la probabilidad de deforestación se acrecienta con la cercanía a poblaciones de agricultores que son más numerosas, crecen a tasas mayores y que son más desposeídas. Admitimos que el test de hipótesis propuesto es tentativo dado que se basa en la observación de covariaciones geográficas en la población y la deforestación.

Gráfica 1: Relaciones causales entre población y deforestación





La segunda ruta directa a la deforestación -la creciente demanda por los frutos de la tierra- no puede estudiarse apropiadamente con los datos que disponemos. Los mercados nacionales y transnacionales de alimentos y madera borran las fronteras locales y no permiten observar covariaciones espaciales al nivel de desagregación del presente análisis. Por ejemplo, la creciente demanda de alimentos y madera en la ciudad capital puede causar deforestación en las áreas más remotas y diversas del país. Empero, en el presente análisis intentaremos estimar, aunque sólo sea de un modo tangencial, el efecto deforestador del crecimiento de la población que usa leña para cocinar.

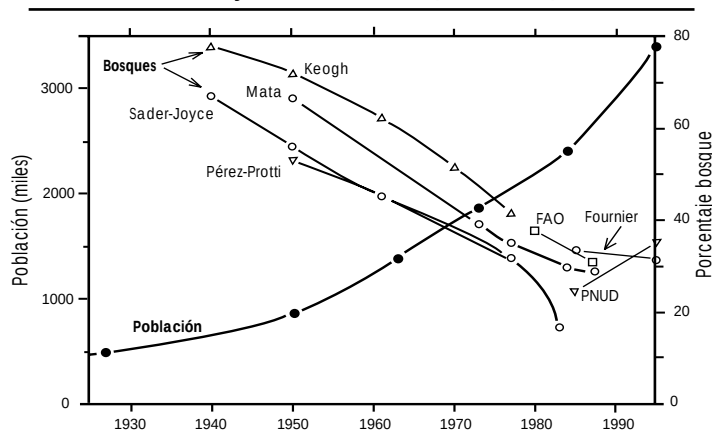
El crecimiento poblacional de ningún modo es la única causa directa de deforestación. La gráfica 1 postula cuatro factores adicionales que podrían estar implicados en la tala del bosque tropical, incluso en la ausencia de presión demográfica. Los mercados internacionales y las políticas locales de crédito que favorecen la ganadería y las plantaciones bananeras, son ejemplos costarricenses de esos factores. La apertura de nuevos caminos a través del, o cerca al, bosque tropical, así como condiciones naturales del terreno o del clima, determinan la accesibilidad al bosque y, consecuentemente, sus probabilidades de supervivencia. El aumento del consumo per cápita de alimento y madera y la importación de maquinaria maderera son factores potenciales de la deforestación ligados al desarrollo económico. Los derechos de propiedad (o su ausencia) de la tierra con bosque y las políticas de titulación que premian el “desmonte” son factores importantes mencionados frecuentemente en la literatura. Algunos de estos factores pueden tener no sólo un efecto directo, sino que también pueden exacerbar o atenuar el impacto deforestador del crecimiento poblacional. Por ejemplo, el aumento de la demanda de mano de obra en la industria y los servicios, así como la intensificación de la agricultura, podrían absorber los crecientes números de campesinos sin tierras y entonces atenuar la presión demográfica sobre las tierras con bosques; una tenencia de la tierra muy desigualmente distribuida, podría agravar la escasez de tierras para trabajar, con el consecuente incremento de la expulsión de campesinos hacia nuevas fronteras; y políticas de titulación o de apertura de caminos, pueden convertir la presión demográfica en precarismo y destrucción del bosque. Estas interacciones y sinergismos complican la tarea de aislar el efecto independiente de la población. Debe notarse, finalmente, que algunos de estos otros factores están influenciados en parte por el crecimiento poblacional (líneas discontinuas en la gráfica 1). Las trayectorias causales correspondientes serían, entonces, intermediaciones de la conexión población deforestación: los nuevos caminos a menudo se abren debido al crecimiento poblacional en las áreas que estos comunican, la fragmentación de la tierra es producto de la presión poblacional dentro de las fronteras de un régimen de



tenencia; y el desarrollo económico puede ser retardado por el rápido crecimiento de la población. Dado que estos efectos indirectos no están considerados en el presente análisis, los efectos de la población por estimar son solamente efectos netos o directos.

Tanto la deforestación como el crecimiento poblacional han modificado radicalmente el paisaje costarricense, en especial luego de la segunda guerra mundial. En las dos generaciones de la posguerra, la población del país se ha multiplicado vertiginosamente por cuatro, de menos de 800.000 a más de 3 millones. En el mismo período, cerca del 50% del territorio nacional ha perdido su cobertura boscosa (gráfica 2). El paralelismo entre la explosión demográfica y la deforestación masiva son evidentes. Las tendencias en la deforestación están sin embargo oscurecidas por estimaciones un tanto contradictorias. Hacia 1940, las estimaciones de cobertura boscosa van de 68% (Sader and Joyce, 1988) a 78% (Keogh, 1984). Las estimaciones más recientes van de 17% de cobertura boscosa en 1983 (Sader and Joyce, 1988) a 31-33% en los 1990s (FAO, 1990; PNUD *et al.*, 1996, Fournier, 1997). En años recientes hay gran incertidumbre acerca de si el bosque en el país continúa su contracción o está aumentando. Parte de las discrepancias se originan simplemente en diferentes definiciones. En todo caso, todas las estimaciones hasta los años del decenio de 1980 indican tasas elevadas de deforestación, las que alcanzan su clímax en los años del decenio de 1970, justo cuando el crecimiento de la población adulta del país estuvo también en su clímax. En esos años, aproximadamente 4% del bosque tropical, o más del 1% del territorio nacional, desapareció anualmente, lo que constituye una de las tasas más altas observadas en el mundo.

Gráfica 2. Población y cobertura boscosa, Costa Rica, 1920-1995



Fuentes: FAO (Internet data base); Keogh 1984; Lutz (Mata) 1993; Pérez-Protti, 1978; Sader-Joyce (1988); PNUD-Estado de la Nación (1996); Fournier (1997); DGEC (Censos de población).



Varios autores señalan al crecimiento demográfico como un factor clave para la deforestación del país (Bonilla, 1985: 51-52; Harthshorn, 1983; Pérez and Protti, 1978). El eslabón causal más comúnmente mencionado, es la presión demográfica sobre la tierra, combinada con políticas, de gobierno favorecedoras de los asentamientos y colonización de tierras públicas para evitar la reforma agraria y como válvula de escape a la presión demográfica. Algunos autores también mencionan otros eslabones causales menos directos, tales como “el creciente rendimiento de la agricultura, tanto por el bajo costo y mayor disponibilidad de mano de obra como por la expansión del mercado local de alimentos y maderas” (Harrison 1991:92)

En general hay acuerdo entre los autores de que la población no ha sido el único factor de deforestación en Costa Rica. Entre otros culpables se señala a los “booms” exportadores de banano y carne (originados principalmente en mercados internacionales), las instituciones de tenencia y titulación de la tierra, las políticas del gobierno, la mala distribución del ingreso, los precios relativos y el uso de tecnologías ineficientes en la explotación maderera (Arcia *et al.* 1990; Jiménez 1991; Kishor *et al.* 1993; Lutz *et al.* 1993; Sader and Joyce 1988).

A pesar de la coincidencia temporal de la deforestación masiva del país y la explosión demográfica, la evidencia empírica de una conexión entre estos dos procesos

Gráfica 2: Población y cobertura boscosa, Costa Rica, 1920-1995

de sentido común, por lo que relativamente pocas investigaciones se han abocado a probarla. Un estudio de Susan Harrison (1991), una bióloga norteamericana, es uno de los pocos intentos de medición del impacto deforestador del crecimiento poblacional. En su análisis, Harrison encuentra poca evidencia estadísticamente significativa, de que el crecimiento de la población sea un factor de deforestación, lo que le lleva a concluir que la deforestación ocurrida desde 1950, se hubiese dado de todos modos, aún si la población del país no hubiese crecido. Señala por ejemplo, que “se requiere relativamente poca gente para causar una deforestación muy grande” (Harrison, 1991: 91). Las conclusiones de Harrison están, sin embargo, basadas en muy escasa evidencia: en la observación de covariaciones en solamente 12 cantones “de frontera”, tamaño muestral, que evidentemente tiene muy poco poder para detectar efectos estadísticamente significativos.



Un estudio más reciente del Banco Mundial, basado en la observación de 52 lugares de deforestación, también concluye que los efectos demográficos son débiles, por lo menos en la Costa Rica de los 1990 (Lutz *et al.*, 1993). La tala en los 52 sitios observados, apareció como una industria bien organizada e intensiva en capital, dirigida por consideraciones económicas de grandes o medianos propietarios de la tierra, o de compañías madereras transnacionales asociadas con cultivos forestales. En ningún sitio fue resultado de presiones demográficas locales sobre el suelo, de parte de migrantes sin tierra. Estas observaciones, sin embargo, pueden estar sesgadas por la forma en que se seleccionaron los sitios observados: de una lista provista por la Dirección Forestal, la cual por definición no podía contener sitios de deforestación ilegal o no registrada.

En contraste, un análisis de datos censales y administrativos sobre asentamientos y precaristas (Cruz, 1992) encuentra que la migración de precaristas hacia tierras con bosque se incrementó en la década de 1980, en parte debido a la crisis económica. El autor concluye que la mayor causa de degradación ambiental en Costa Rica en el decenio de 1980, es la colonización de bosques y tierras marginales por campesinos sin tierras.

DATOS Y METODOS

Para el presente análisis desarrollamos para todo el país una plataforma GIS de tipo “raster” con celdas de 750 m. de lado. El territorio nacional comprende aproximadamente 90.000 de estas celdas, aunque el análisis estuvo restringido a las 30.000 celdas que aún estaban cubiertas de bosque en 1973. El GIS incluyó tres tipos de mapas:

1. Serie uso del suelo en 1950, 1961, 1977 y 1983. Esta serie de mapas fue elaborada por Sader y Joyce (1988) y ha sido usada en otros estudios. La serie la obtuvimos en Internet del “United Nations Environment Program/Global Resource Information Data Base (UNEP/GRID)” en Ginebra. Para el análisis consideramos únicamente el bosque primario. Fueron necesarios varios ajustes a esta serie de mapas, para hacerlos consistentes y comparables, entre ellos una interpolación espacio-temporal para generar el mapa de uso del suelo en 1973 y estimar la deforestación ocurrida en el período intercensal de 1973 a 1984. La estimación de deforestación derivada de esta serie



de mapas probablemente contiene errores originados en limitaciones de la información original, incompatibilidades entre los distintos mapas e inexactitudes en los procedimientos usados. La medición de deforestación es probablemente el tópico que más puede mejorarse en estudios futuros.

2. Mapas de elementos físicos, que incluyen carreteras, zonas de vida, ríos y relieve. El mapa de zonas de vida es el desarrollado por Tosi (1969) y digitalizado por Sader y Joyce (1988). Elaboramos también dos superficies de accesibilidad a cada celda de bosque: una medida por la distancia a la carretera más cercana (red de caminos a 1977) y otra medida por la distancia al borde del bosque, en 1973. Tierras localizadas cerca a las carreteras o al borde del bosque están en mayor riesgo de deforestación. Estas tierras probablemente también sufren una mayor presión demográfica.
3. Mapas poblacionales obtenidos tras geocodificar los censos completos de 1973 y 1984. El procedimiento de geocodificación consistió en asignar las coordenadas geográficas al centroide de cada segmento censal (grupo de aproximadamente 60 viviendas definido con fines de enumeración). Se asume por tanto que todos los hogares de un segmento se localizan en un solo punto. La geocodificación fue validada en el terreno con mediciones tomadas con un GPS (Global Position System) en una muestra de 40 segmentos. La discrepancia mediana entre las dos mediciones fue de 60 metros. Preparamos una serie de capas GIS con una selección de variables tomadas de los archivos originales del censo, incluyendo población total, mano de obra ocupada en agricultura según tenencia de la tierra (propietarios, asalariados y campesinos sin tierras), hogares bajo la línea de pobreza, hogares que cocinan con leña y un índice de fecundidad neta. Para conectar población con bosque, calculamos para cada característica poblacional, el “potencial de población” de cada celda de bosque, el cual consiste en la suma de la población residente en un radio de 15 Km ponderada por el inverso de la distancia.

No fue posible desarrollar un cuarto tipo de capas GIS con información sobre tenencia de la tierra y relaciones de producción debido a que la Dirección General de Estadística y Censos, no permitió el acceso a los datos individuales de los censos agropecuarios para preservar su confidencialidad.



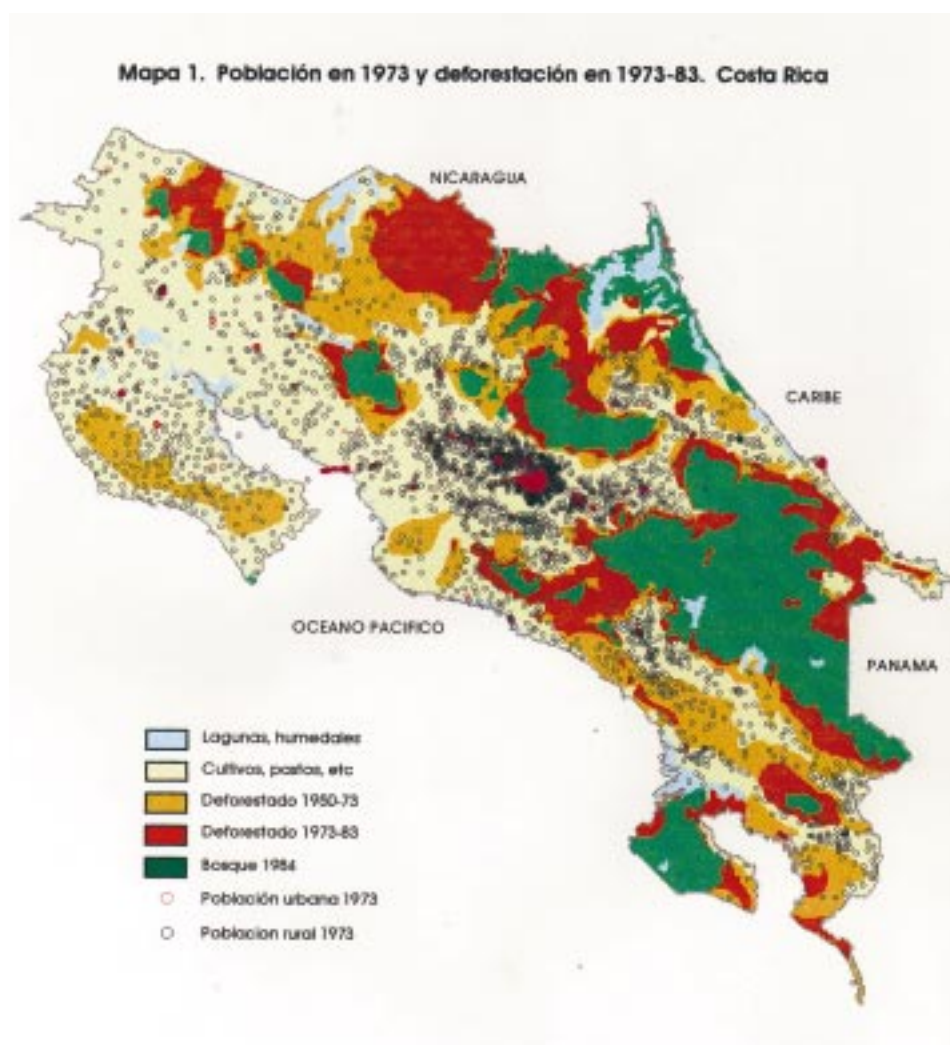
RESULTADOS UNIVARIADOS

El análisis de la deforestación en el período 1973-83 se restringió, por razones obvias, a las aproximadamente 30.000 celdas cubiertas de bosque primario en 1973, las que representan el 36% del territorio costarricense (**mapa 1**). Casi la mitad (47%) de este territorio aparece desprovisto de bosque once años más tarde. Esta cantidad de deforestación, equivalente a 820 km²/año, es extremadamente elevada. Estimaciones del ritmo de la deforestación en Costa Rica para la misma época tienen un rango de entre 370 km²/año (Lutz *et al*, 1993: tabla 4.2) y 1.240 km²/año (Sader and Joyce, 1988), con la mayoría de las estimaciones fluctuando alrededor de los 600 km²/año (Sylvander, 1978; FAO, 1990; Perez and Protti, 1978; Hartshorn, 1983). La cantidad de deforestación estimada en nuestros mapas es, por tanto, algo mayor que las comúnmente aceptadas, aunque no tan alta como la del estudio de Sader y Joyce (1988). Esto probablemente se debe a que el mapa de 1983 usó una definición más estricta de bosque (90% de cobertura) que el mapa de 1973 (80% cobertura).

Las probabilidades de deforestación varían substancialmente según zonas de vida (tabla 1), de 97% en las tropicales-secas al 20% en las montano-lluviosas. Las tasas más bajas ocurren en las zonas de más difícil acceso y menos deseables para la agricultura. Las probabilidades de deforestación también están fuertemente asociadas a la accesibilidad. La deforestación fue de más del 80% en las cercanías (menos de 2 Km) de las carreteras o del borde del bosque. El riesgo de deforestación disminuye rápidamente conforme uno se aleja unos pocos kilómetros del borde del bosque o de las carreteras y se estabiliza en alrededor de 30% luego de aproximadamente 15 Km.

La población y el bosque definitivamente no se llevan bien y no pueden convivir juntos. El mapa 1 muestra la localización de la población en 1973 (un punto por cada 400 personas aproximadamente) y los bosques del país. Prácticamente no hay poblaciones dentro del bosque y no hay bosque en la vecindad de las áreas pobladas. Los pocos bosques con asentamientos humanos en 1973, aparecen talados al cabo de un decenio.

En cuanto a nuestro indicador de presión demográfica sobre la tierra –el potencial de población agrícola en cada parcela– los datos muestran que está fuertemente asociado con la probabilidad de deforestación (tabla 2). Cuando el potencial es de menos de un agricultor por celda, la probabilidad de deforestación es de 16%. Esta probabilidad aumenta monotónicamente con el número potencial de agricultores hasta un valor cuatro veces mayor en celdas con potenciales de 100 agricultores o más. Esta gradiente se repite





para los indicadores de agricultores asalariados y hogares que cocinan con leña y se vuelve más pronunciada para las subpoblaciones de terratenientes y, especialmente, de campesinos sin tierras. En estos dos subgrupos, potenciales de población suficientemente grandes pueden resultar en un 100% de deforestación. Estas asociaciones, sin embargo, deben tomarse con cautela pues pueden ser simple reflejo de la acción de terceras variables tales como la facilidad de acceso al bosque. Un análisis multivariado es necesario para dejar por fuera esta posibilidad.

Los datos también muestran una fuerte asociación entre los crecimientos de las poblaciones y el riesgo de deforestación, pero ante la posibilidad de causalidad reversa (campesinos y trabajadores agrícolas pueden ser atraídos a tierras recientemente desmontadas), preferimos no presentar estas asociaciones. Los datos no mostraron asociaciones consistentes entre las probabilidades de deforestación y los niveles de pobreza y fecundidad de la zona (no se muestran tablas).

RESULTADOS MULTIVARIADOS

Para determinar los efectos netos de nuestras variables poblacionales en las probabilidades de deforestación, utilizamos un modelo de regresión logística multivariable que incluye controles para variables que podrían estar confundiendo la relación. La variable dependiente es el logaritmo del riesgo ("odds"). Las variables población y accesibilidad (distancia) fueron introducidas en el modelo como logaritmos, por lo que sus coeficientes de regresión miden elasticidades, i. e. el aumento proporcional en el riesgo de deforestación asociado a un aumento del 1% en la variable explicatoria. La tabla 3 muestra los resultados para la especificación más simple del modelo con solamente una variable de población: el número potencial de agricultores. Análisis preliminares mostraron patrones complejos de interacción estadística, según los cuales los efectos de la población varían por zona de vida, accesibilidad del bosque y densidad. Para considerar al menos en parte estas interacciones, estratificamos la muestra en dos grupos: (1) el estrato de baja densidad compuesto de celdas con menos de 100 agricultores potenciales, y (2) el de alta densidad con más de 100 agricultores. Para mantener el modelo simple y parsimonioso, ignoramos otras interacciones.

En áreas de baja densidad se observa un efecto substancial de población en deforestación. La elasticidad correspondiente indica que un aumento de 1% en el número de agricultores, resulta en un incremento de 0,37% en el riesgo de deforestación. Este efecto es



altamente significativo ($z = 18,0$). En contraste, la regresión muestra que no hay un efecto demográfico significativo en áreas de alta densidad. A juzgar por la constante de la regresión, las áreas de alta densidad tienen substancialmente más altos riesgos de deforestación, pero estos riesgos no aumentan con incrementos de población adicionales.

Dado que el efecto deforestador podría variar según el tipo de población involucrada, estimamos nuevos modelos de regresión, en los que en vez de una única variable demográfica se incluyen cuatro subpoblaciones (obreros agrícolas, propietarios de tierra, campesinos sin tierra y hogares que usan leña), así como un indicador de la tasa neta de reproducción de la población y otro del nivel de pobreza. Los resultados de las regresiones muestran tres importantes patrones:

1. Ni el número de terratenientes, ni el de obreros agrícolas, ni el de hogares que usan leña afectan significativamente los riesgos de deforestación. Son los campesinos sin tierras los únicos con efectos significativos, consistentes en elasticidades de 1,0 y 0,2 para áreas de baja y alta densidad, respectivamente.
2. El nivel de pobreza en la zona incrementa significativamente las probabilidades de deforestación, pero este efecto ocurre solamente en áreas de alta densidad demográfica: un incremento de 1% en la población debajo de la línea de pobreza incrementa el riesgo de deforestación en 0,03%.
3. Se presenta un efecto perverso de signo negativo del índice neto de reproducción sobre la deforestación. Globalmente, un hijo adicional por mujer disminuye el riesgo de deforestación en 6%.

El panel inferior de la tabla 4 muestra los efectos de las tasas de crecimiento de las poblaciones cuando éstas son incluidas en el modelo de regresión anterior. Todos los efectos son estadísticamente significativos, pero dos de ellos tienen signo inesperado: los de trabajadores agrícolas en áreas de alta densidad y los de cocinas de leña en áreas de baja densidad. El efecto preservador del bosque del crecimiento en el número de obreros agrícolas, podría ser plausible si la expansión del empleo en modernas empresas agrícolas, sirve de válvula de escape de la presión demográfica sobre las tierras con bosques. El signo negativo de la tasa de crecimiento de los hogares dependientes de leña, podría deberse a la elevación de los costos de extracción, cuando el bosque es cortado de manera que la población inicialmente dependiente podría cambiarse a otro tipo de combustible.



DISCUSION

Este estudio exploratorio de la conexión entre crecimiento poblacional y deforestación en Costa Rica, se basa en un sistema de información geográfica (GIS) con datos multidisciplinarios sobre uso del suelo, demografía y elementos físicos. El GIS permite interrelacionar todos estos elementos. El estudio cubre el período 1973-83, una época en que el país experimentó, tanto un explosivo crecimiento demográfico como una masiva deforestación. El análisis se concentra en la probabilidad de deforestación en aproximadamente 30.000 celdas territoriales de 750 m de lado que estaban cubiertas de bosque primario en 1973. El 46% de estas celdas perdieron el bosque en el decenio de estudio.

Los mapas de población y uso del suelo muestran en primera instancia un obvio y claro patrón: La gente y el bosque tropical raramente coexisten en la misma área o en sus cercanías. Para establecer la conexión población-suelo, determinamos para cada celda su potencial de población, el cual representa la presión demográfica originada en la presencia de poblaciones en las cercanías. Una fuerte asociación univariada se hizo evidente entre potenciales de población y probabilidades de deforestación. Territorios con 100 o más potenciales agricultores, son cuatro veces más probables de ser deforestados que territorios con menos de un agricultor potencial.

Cuando se pasa a un análisis multivariado, persisten la mayoría de estos efectos en zonas de baja densidad demográfica. Un incremento del 1% en el número de agricultores potenciales, incrementa el riesgo de deforestación en 0,37%. Empero, en bosques que han sobrevivido altas presiones demográficas, aumentos ulteriores en el número de agricultores potenciales, no afectan los riesgos de deforestación.

La tenencia de la tierra y las relaciones de producción son factores por considerar en la conexión población-deforestación. La presión demográfica de terratenientes y asalariados agrícolas, no se perfila como factor significativo de eliminación del bosque. En contraste, la presión de campesinos sin tierras es un factor significativo de deforestación, con un efecto más pronunciado en áreas de baja densidad.

Los datos analizados no muestran en Costa Rica, una significativa presión deforestadora del número de hogares que cocinan con leña. Tampoco se verifica un efecto deforestador de familias más numerosas.



Aunque los resultados obtenidos en las regresiones son plausibles, están sujetos a una limitación metodológica: Las observaciones (celdas de 750 m de lado) no cumplen el requisito del modelo de regresión de ser independientes entre sí. En particular, las celdas contiguas muy probablemente se comportan de manera similar. Esto se conoce como “autocorrelación espacial” y puede inflar artificialmente la significancia de los estimadores, así como sesgar su valor (Cressie, 1993). Se han propuesto varios remedios a este mal, ninguno totalmente satisfactorio. El investigador debe estar en guardia de no sobre-correr las estimaciones. Correcciones preliminares efectuadas en nuestra base de datos sugieren que los resultados obtenidos podrían variar substancialmente. La corrección por autocorrelación espacial es una área importante de investigación futura para mejorar los modelos aquí presentados.

El período de estudio, 1973-83, es demasiado temprano para mostrar un efecto de la caída de la natalidad, que en las áreas rurales de Costa Rica se inició en la segunda mitad del decenio de 1960. Deberían transcurrir 15 o 20 años para que esta baja modifique el crecimiento demográfico de las poblaciones adultas. Los efectos de la población en la deforestación documentados en este estudio, se han acumulado durante varios decenios de acelerado crecimiento demográfico. La inercia demográfica acumulada en el pasado, hace del control natal una opción pobre para conservar el bosque en el presente o futuro cercano. Desde un punto de vista conservacionista, mucho más importante que establecer la conexión población-deforestación, es entender cómo esta conexión opera; en particular, hace falta identificar los factores que la exacerban o la atenúan. Las políticas de conservación podrían entonces actuar en esos factores intervinientes, para hacerle frente al reto del inexorable crecimiento demográfico, que por inercia continuará durante varias décadas.

La identificación de áreas en alto riesgo de deforestación por presión demográfica y otros factores, es el paso lógico siguiente en el uso de los modelos del presente análisis. Las estimaciones obtenidas con los modelos, en combinación con la plataforma GIS, pueden servir para efectuar esta identificación de riesgos y guiar intervenciones programáticas.

Un obvio complemento al presente estudio es extenderlo a los 1980s y 1990s. Las políticas conservacionistas y otros factores como la baja en la natalidad, la caída de las exportaciones de carne y un nuevo auge bananero, modificaron substancialmente los patrones de deforestación en el país. Una severa limitación para tal estudio es, sin embargo, la carencia de un censo de población en la década de los años 1990 (Costa Rica es el único país latinoamericano con esta carencia). Otra limitación, es la dificultad para tener acceso a datos digitales de uso del suelo que se producen en el país.



Bibliografía

- Arcia, G., Merino, L., Mata, A., & O'Hanlon, B. 1991.* Modelo interactivo de población y medio ambiente en Costa Rica 1990. San José, Costa Rica: Asociación Demográfica Costarricense.
- Bilsborrow, R., & Ogendo, H. 1992.* Population driven changes in land use in developing countries. *Ambio*, 21(1), 37-45.
- Bonilla, A. 1985.* Situación ambiental de Costa Rica. San José, Costa Rica: Ministerio de Cultura, Juventud y Deportes.
- Brown, S., & Lugo, A. E. 1984.* Biomass of tropical forest: a new estimate based on forest volumes. *Science*, 223, 1290-1293.
- Cliff, A. D., & Ord, J. K. 1981.* Spatial Processes: Models and Applications. London: Pion.
- Cressie, N. A. C. 1993.* Statistics for Spatial Data. New York: Wiley.
- Cruz, M. C. J. 1992.* Population pressure, economic stagnation, and deforestation in Costa Rica and The Phillippines. IUSSP Committee on Population and Environment and ABEP, Population and Deforestation in the Humid Tropics. Campinas, Brazil. Belgium: IUSSP - UIESP.
- Ellen, R. 1982.* Environment, subsistence and system. Cambridge: Cambridge University Press.
- FAO. 1990.* Forest resources assessment 1990: Tropical countries. (Forestry Paper). Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Gillis, M., & Repetto, R. Public Policies and the Misuse of Forest Resources. New York: Cambridge University Press/ World Resources Institute.*



- González, L. F. (21/7/1993). La cobertura forestal en Costa Rica. *Nuestro Agro*, 3D.
- Harrison, S. 1991. Population growth, land use and deforestation in Costa Rica 1950-1984. *Interciencia*, 16(2), 83-93.
- Hartshorn, G. 1983. *Costa Rica Perfil Ambiental*. San José, Costa Rica: Trejos.
- Hecht, S. 1985. Environment, development and politics: capital accumulation and the livestock sector in Eastern Amazonia. *World Development*, 13(6), 663-684.
- Jiménez, W. 1991. Situación actual del recurso forestal en Costa Rica y perspectivas de la ordenación natural de sus bosques. In J. Gracia Bondía (editor.), *El deterioro ambiental en Costa Rica: balance y perspectivas*. (pp. 25-38). San José, Costa Rica: Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- Keogh, R. M. 1984. Changes in the forest cover of Costa Rica through history. *Turrialba*, 34(3), 325-331.
- Kishor, N. M., & Constantino, L. F. 1993. Forest management and competing land uses: an economic analysis for Costa Rica. (Laten Dissemination Note). Washington, DC: The World Bank.
- Lutz, E., Vedova, M., Martínez, H., San Román, L., Vásquez, R., Alvarado, A., Merino, L., Celis, R., & Huising, J. 1993. Interdisciplinary fact-finding on current deforestation in Costa Rica. (Environment Working Paper). Washington, DC: The World Bank.
- Myers, N. 1984. *The primary source: tropical forests and our future*. New York: W.W. Norton.
- Myers, N. 1991. The world's forests and human populations: the environmental interconnections. In K. Davis, & M. S. Bernstam (Editors.), *Resources, environment and population: present knowledge, future options*. Supplement (Population and Development Review 16). (pp. 237-251). New York: The Population Council/Oxford University Press.



Nations, J. D., & Komer, D. I. 1982. Rainforests, cattle and hamburger society. Austin, Texas: Center for Human Ecology.

Palloni, A. 1994. The relation between population and deforestation: methods for drawing causal inferences from macro and micro studies. In L. Arizpe, M. P. Stone, & D. C. Major (Editors.), Population and Environment: Rethinking the Debate. (pp. 125-165). San Francisco: Westview Press.

Pérez, S., & Protti, F. 1978. Comportamiento del sector forestal durante el período 1950-1977. San José, Costa Rica.: Oficina de Planificación Sectorial Agropecuaria.

Preston, S. M. 1994. Population and Environment: the scientific evidence. In F. Graham-Smith (Editor.), Population—The Complex Reality. (pp. 85-92). Golden, Colorado: North American Press.

Sader, S. A., & Joyce, A. T. 1988. Deforestation rates and trends in Costa Rica, 1940 to 1983. *Biotrópica*, 20(1), 11-19.

Stonish, S. C. 1989. Processes and environmental destruction: a Central American Case Study. *Population and Development Review*, 15(2), 269-296.

Sylvander, R. B. 1978. Los bosques del país y su distribución por provincias. (PNUD/FAO-COS/72/013). (Trabajo). San José, Costa Rica: Dirección General Forestal.

Tosi, J. A. 1969. Mapa Ecológico de Costa Rica. San José, Costa Rica: Tropical Science Center.

USAID. 1979. Diseño de un inventario y sistema de información de recursos naturales para Costa Rica. (Contrato AID/1a-C-1253). Washington, DC: USAID, División de Operaciones Regionales América Latin.

Whitmore, T. C. 1990. An Introduction to Tropical Rain Forests. Oxford, New York: Oxford.



TABLA 1.

Probabilidad de deforestación por zona de vida y accesibilidad del bosque. Costa Rica 1973-1984

ZONA Y ACCESO	PROBABILIDAD	(N)
Total	0.47	(31.045)
Zona de vida		
Tropical semiseca	0.97	(1.282)
Tropical húmeda	0.49	(10.534)
Premontano húmeda	0.77	(6.325)
Premontano lluviosa	0.33	(5.592)
Montano-lluviosa	0.20	(7.312)
Km del borde del bosque		
<2	0.83	(5.830)
2-4	0.62	(8.186)
5-9	0.33	(7.835)
10-14	0.22	(4.001)
15-19	0.22	(3.107)
20-24	0.22	(1.463)
25-29	0.30	(570)
30+	0.36	(53)
Km de la carretera		
<2	0.83	(1.318)
2-4	0.68	(3.874)
5-9	0.48	(8.195)
10-14	0.40	(5.108)
15-19	0.46	(4.247)
20-24	0.38	(3.148)
25-29	0.28	(2.702)
30+	0.38	(2.453)



TABLA 2.

Probabilidad de deforestación según el potencial de población. Costa Rica 1973-84

Población potencial	No población	1-49 pobl.	50-99 pobl.	100-149 pobl.	150+ pobl
Total agricultores (N)	0.16 (1 765)	0.25 (9 958)	0.56 (4 548)	0.61 (4 131)	0.63 (10 643)
Terratenientes (N)	0.16 (2 196)	0.40 (18 410)	0.62 (6 434)	0.62 (2 132)	0.77 (1 873)
Asalariados (N)	0.12 (3 008)	0.43 (15 006)	0.61 (5 099)	0.54 (3 156)	0.62 (4 776)
Campesino sin tierra (N)	0.16 (2 649)	0.46 (24 653)	0.70 (3 014)	0.79 (565)	0.88 (164)
Hogares usan leña (N)	0.02 (3 602)	0.28 (8 981)	0.57 (6 431)	0.68 (4 452)	0.69 (7 579)

**TABLA 3.**

Coeficientes de regresión logística en las probabilidades de deforestación.
Costa Rica 1973-83

Variables explicatorias	Total	Baja densidad	Alta densidad
	Coef.(z)	Coef.(z)	Coef.(z)
Agricultores en 1973(log)	0,291 (-20,3)	0,371 (-18,0)	-0,023 (-0,5)
Accesibilidad:			
Km del borde del bosque (log)	-1,014 (-43,1)	-0,448 (-14,6)	-1,689 (-42,8)
Km desde carretera (log)	0,152 (-5,8)	0,378 (-9,1)	0,069 (-1,9)
Zonas de vida			
Tropical húmeda	0,000 Refer.	0,000 Refer.	0,000 Refer.
Tropical semiseca	3,352 (-20,0)	2,980 (-17,4)	5,206 (-5,2)
Premontana húmeda	1,479 (-36,4)	1,219 (-24,4)	1,373 (-20,5)
Premontana lluviosa	-0,980 (-24,6)	-1,093 (-14,4)	-0,964 (-18,7)
Montana lluviosa	-1,205 (-29,9)	-2,053 (-27,2)	-0,902 (-15,9)
Constante	0,106 (-0,9)	-1,863 (-11,1)	2,880 (-10,3)
N celdas	31 045	16 271	14 774
Pseudo R2	0,306	0,298	0,270
Crecimiento en número de agricultores 1973-83 (% anual) incorporado al modelo arriba			
	0,091 (-43,2)	0,094 (-38,1)	0,062 (-11,9)

El coeficiente del “log” de las variables estima la elasticidad en el riesgo de deforestación.



TABLA 4.

Coeficientes de regresión logística en las probabilidades de deforestación para indicadores demográficos seleccionados. Costa Rica 1973-83

Variables explicativas	Total Coef.(z)	Baja densidad Coef.(z)	Alta densidad Coef.(z)
Población en 1973:			
Asalariados agrícolas (log)	0,026(0,8)	-0,013 (-0,3)	0,076 (1,1)
Terratenientes (log)	-0,179 (-3,1)	0,052 (0,4)	-0,118 (-1,7)
Campeños sin tierra (log)	0,592 (15,7)	1,009 (16,6)	0,217 (3,5)
Cocinas con leña (log)	0,186 (2,3)	-0,193 (-1,2)	0,013 (0,1)
Reproducción neta (hijos)	-0,064 (-4,3)	-0,038 (-2,1)	-0,099 (-3,0)
Pobreza (porcentaje)	0,013 (10,9)	0,001 (0,5)	0,026(14,9)
Accesibilidad:			
Km del borde del bosque (log)	-0,938 (-34,5)	-0,564 (-14,2)	-1,455 (-33,3)
Km desde carretera (log)	0,035 (1,2)	0,645 (13,5)	-0,262 (-6,3)
Zonas de vida			
Tropical húmeda	0,000Refer.	1,000Refer.	1,000Refer.
Tropical semiseca	3,145(18,7)	2,608(14,9)	5,096(5,1)
Premontana húmeda	1,442 (33,7)	1,177 (21,2)	1,248(17,9)
Premontana lluviosa	-1,099 (-23,9)	-1,125 (-13,5)	-0,836(-13,5)
Montana lluviosa	-1,099 (-22,1)	-1,961 (-23,5)	-0,526 (-6,9)
Constante	-0,672 (-3,5)	-2,393 (-8,3)	1,686 (4,5)
N celdas	27 862	13 088	14 774
Pseudo R2	0,301	0,297	0,293
Crecimiento en número de agricultores 1973-83 (% anual) incorporado al modelo arriba			
Asalariados agrícolas	0,032 (4,6)	0,079 (9,4)	-0,053(-3,5)
Terratenientes	0,178 (15,4)	0,282 (16,9)	0,052 (2,8)
Campeños sin tierra	0,020 (3,6)	0,019 (2,7)	0,021(2,2)
Cocinas con leña	-0,087 (-6,3)	-0,241 (-12,8)	0,150(6,3)

El coeficiente del "log" de las variables estima la elasticidad en el riesgo de deforestación.



LA RELACION ENTRE EL DESARROLLO ECONOMICO Y LA DESTRUCCION Y CONSERVACION DEL BOSQUE EN COSTA RICA

Rafael Celis¹

INTRODUCCION

En el campo de las ciencias sociales el concepto de desarrollo económico ha sido uno de los temas más controversiales. Economistas, sociólogos, antropólogos, periodistas, geógrafos, estadísticos, politólogos y educadores -para nombrar sólo algunos de los profesionales que rutinariamente abordan el tema- debaten continuamente sobre tópicos tales como qué debe entenderse por desarrollo económico, cuáles son los factores que lo determinan, quiénes son y quiénes deberían ser sus beneficiarios y más recientemente sobre qué debe hacerse para que el desarrollo económico pueda ocurrir de una manera sostenible. Esta diversidad de opiniones en el ámbito científico no es casual, más bien es un reflejo fiel de la polémica que el mismo concepto suscita entre todos los ciudadanos, bien sea que lo discutan como miembros de sus comunidades, sindicatos, partidos políticos o grupos religiosos. Por eso resulta sorprendente que hoy, sin mayores argumentaciones, el desarrollo económico sea señalado como la principal causa de destrucción del bosque no sólo por los científicos sociales sino también por biólogos, agrónomos, químicos, físicos, ingenieros, médicos, geólogos y por el ciudadano común, sin importar sexo, edad, ideología política o credo religioso.

¿Cuán válida es la relación entre desarrollo económico y deforestación? ¿Qué evidencias se han encontrado en Costa Rica? Y, según la evidencia empírica, ¿cuál es la relación entre desarrollo económico y conservación del bosque? Estos son los principales interrogantes sobre los cuáles se basan las reflexiones que se ofrecen en este documento.

Una aclaración conceptual: Los fundadores de la ciencia económica, Adam Smith (1723-1790), Thomas Malthus (1766-1834) y David Ricardo (1772-1823), reconocieron que el mundo natural le imponía límites al crecimiento económico; sin embargo, la teoría económica abandonó este reconocimiento y ya para finales del siglo diecinueve y hasta mediados de este siglo la preocupación por el largo plazo había sido prácticamente dejada

1 Economista de Recursos Naturales, Director de Prodesarrollo Internacional.



de lado. En 1966 el renombrado economista Kenneth Boulding sonó la alarma en su famosa publicación "The economics of the coming spaceship Earth"; pero sus ideas no tuvieron eco inmediato. Es así como una definición generalmente aceptada entre los economistas teóricos del desarrollo económico, postula que éste es un proceso mediante el cual una población mejora la eficiencia con que suministra los bienes y servicios deseados y en consecuencia eleva el nivel de vida y el bienestar general per cápitas (Mellor, 1980).

Esta manera de visualizar el desarrollo se fundamentó en la ilusión científica de que la secuencia:

RECURSOS → PRODUCCION → CONSUMO → SATISFACCION

Se podría repetir un infinito número de veces siempre que el ser humano fuera capaz de generar tecnologías para mejorar la eficiencia y se pensaba que lo haría, y que el único límite sería la imaginación humana.

La búsqueda de la eficiencia por parte de los economistas es difícil de debatir; pero lo que sí es criticable es que se ignorara la relación ECONOMIA MEDIO AMBIENTE; o sea la capacidad del medio ambiente para proveer los recursos necesarios para la producción y para absorber los desechos que se generaban en la producción y el consumo. Tal omisión permitió que la eficiencia del momento resultara en, por ejemplo, expandir áreas agrícolas en zonas de bosque que podrían utilizarse "eficientemente" con sólo abrir caminos de penetración y favorecer el desmonte y la quema, o en la corta de árboles hasta la orilla de los ríos y quebradas para construir beneficios de café, de manera que se "minimizaba el costo" de obtener el agua y de deshacerse de los desperdicios del beneficiado. Por otra parte, como lo ilustra Rodolfo Salazar en su presentación en esta reunión, la extracción eficiente de la madera promovió la destrucción de muchas otras especies vegetales y animales que residían en el bosque.

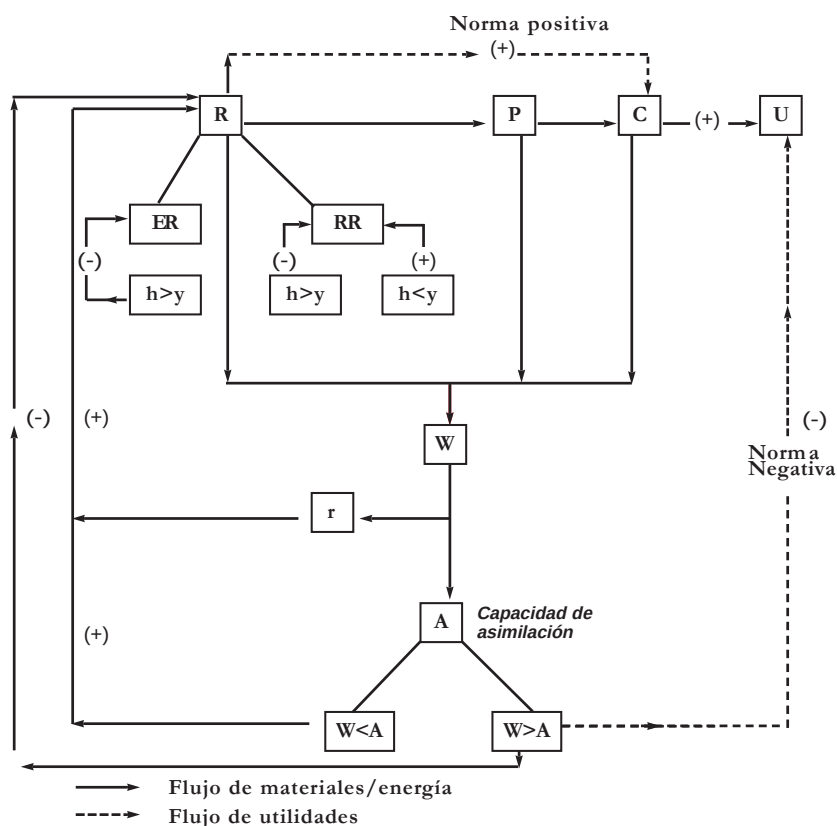
Ya para mediados del decenio de mil novecientos ochenta la teoría del desarrollo económico aceptó la incoherencia entre el corto y el largo plazo y se postularon otras definiciones de desarrollo, aunque todavía vagas y tímidas. Por ejemplo, Hayami y Ruttan (1985) proponían: " ... la base para alcanzar un crecimiento rápido de la productividad agrícola es la capacidad para generar una tecnología agrícola adaptada ecológicamente y económicamente viable en cada país o región de desarrollo".



A principios de los noventa finalmente se formalizó una concepción del desarrollo que refleja las limitaciones impuestas a la economía por el medio ambiente y ya hoy parece entenderse que la búsqueda exclusiva de la expansión de corto plazo en producción y consumo erosiona la base de recursos, la cual no puede ser sustituida por el avance tecnológico y por lo tanto se pone en peligro el crecimiento de largo plazo. Esta nueva visión es sintetizada gráficamente en la figura 1, la cual fue desarrollada por Pearce y Turner (1990). Las principales “novedades” de esta concepción son:

- Hay recursos naturales no renovables que indefectiblemente se extinguirán si continúan explotándolos; es decir, la tasa de extracción siempre es mayor que la tasa de regeneración ($h > y=0$).

Figura 1: La economía circular





- Los recursos naturales renovables también pueden llegar a extinguirse si la tasa de extracción excede la tasa de regeneración natural.
- Los procesos económicos humanos de producción y consumo generan desperdicios (W). Si estos desperdicios, sumados a los desperdicios que producen los procesos naturales, exceden la capacidad de absorción del medio ambiente (A), entonces el bienestar general disminuye y se amenaza la sostenibilidad del desarrollo.
- La presión ejercida sobre la capacidad de absorción del medio ambiente puede disminuirse si los desperdicios se reciclan (r). El reciclaje, aunque no puede restituir la totalidad del recurso usado, sí permite incrementar la disponibilidad de recursos para la producción y el consumo.
- El disfrute humano de ciertas cualidades de los recursos naturales, tales como el paisaje y la pureza del aire y el agua, aumentan el nivel de satisfacción y el bienestar de la población (positive amenity); en consecuencia, la disminución o destrucción de estas cualidades disminuye el bienestar (negative amenity).

En conclusión, pues, no es el desarrollo humano per se, ni la búsqueda de procesos productivos o de consumo más eficientes los que han causado el deterioro de la base de recursos; más bien el ignorar la relación entre economía y medio ambiente, es lo que ha conducido al error de excluir las consideraciones de largo plazo del concepto de eficiencia.

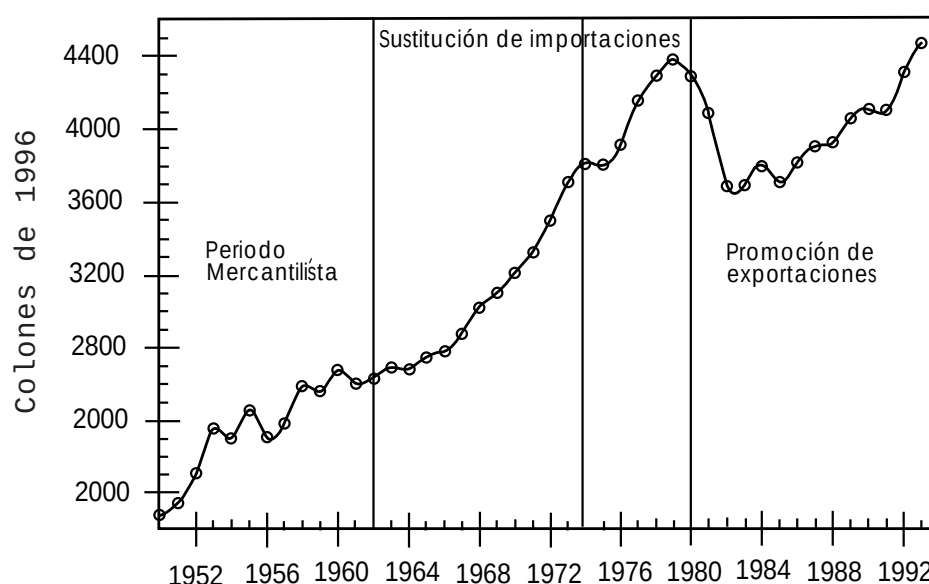
Por otra parte, es necesario también aclarar, que el simple enunciado de una definición de desarrollo económico no es suficiente para ponerla en práctica. La orientación del desarrollo se realiza mediante la aplicación de políticas, leyes y regulaciones. Por lo tanto, las reflexiones que se proponen en este documento sólo pretenden servir de telón de fondo para la discusión más concreta de temas como rentabilidad, impuestos, subsidios³ y externalidades, que otros especialistas abordarán en esta reunión.

El desarrollo y la deforestación en Costa Rica: ¿Qué hemos aprendido sobre la relación entre desarrollo económico y destrucción del bosque en Costa Rica?



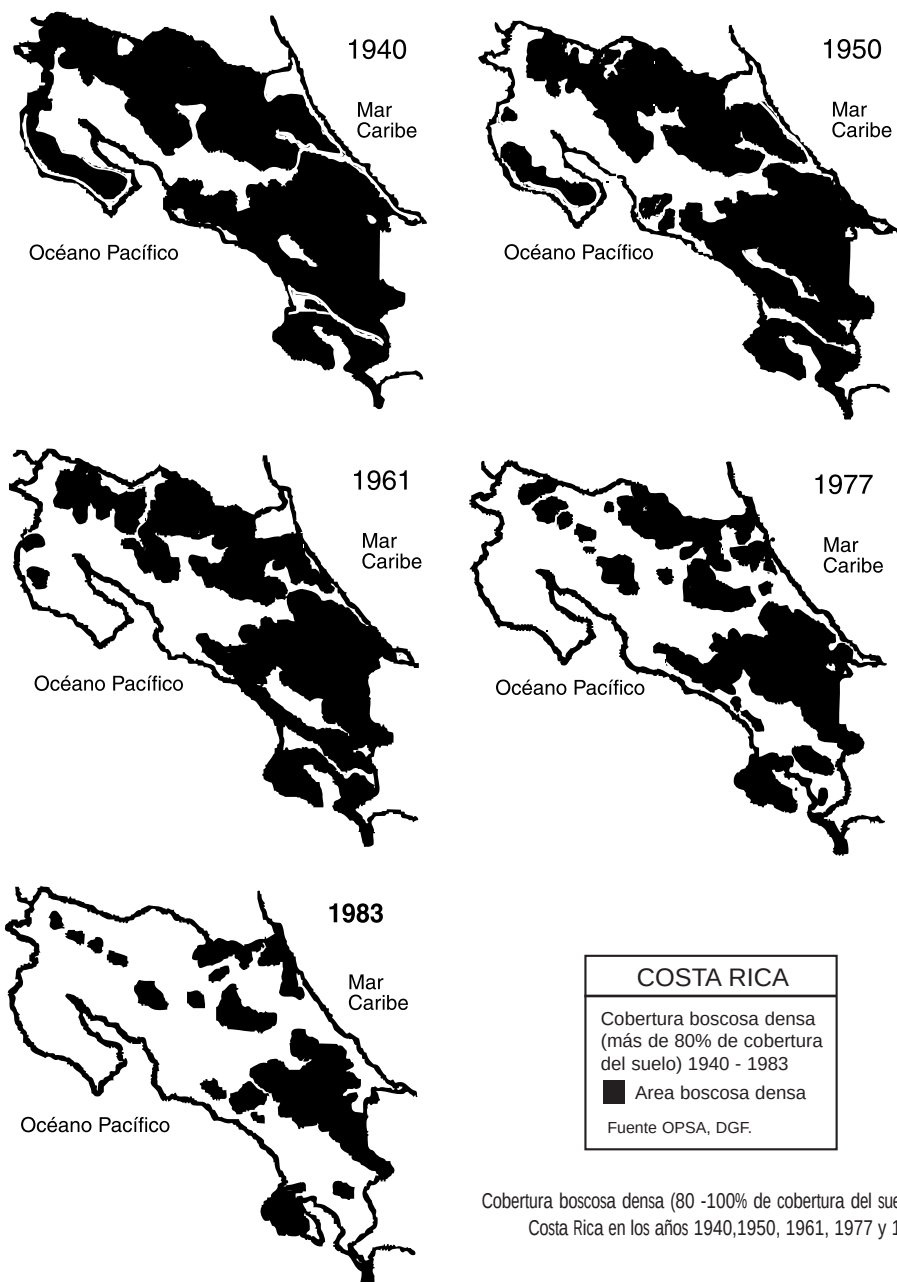
Bueno, primero, y para estar seguros, hemos aprendido que el desarrollo definido dentro del ámbito estrecho de la economía sí se ha dado. Incluso esto ha ocurrido independientemente de la estrategia de desarrollo escogida, tal como lo ilustra Meléndez (1994) mediante la evolución del producto interno bruto per cápita, que se muestra en la figura 2.

Figura 2: Real PIB per cápita, Costa Rica 1950 - 1994



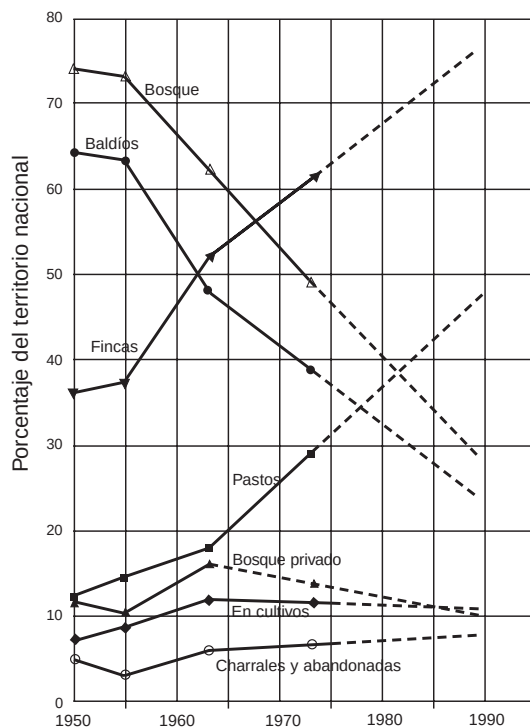
También hemos aprendido que al mismo tiempo que el país se ha desarrollado, la cobertura de bosque ha disminuido substancialmente, tal como lo demuestran la serie de mapas producidos por la Oficina de Planificación Sectorial Agrícola (OPSA) y la Dirección General Forestal (DGF), presentados en la figura 3. Las exposiciones de Tirso Maldonado, Arturo Sánchez y Eileen Helmer en esta reunión, muestran que el panorama de la deforestación es aun peor de lo que estos mapas ilustran.

3 A los interesados en este tema se sugiere revisar los resultados del proyecto del Consejo de la Tierra "Incentivos Económicos para el Desarrollo Sostenible", disponibles en el documento titulado Key Issues in Subsidy Policies and Strategies for Reform.





Aún más, Joseph Tosi construyó las curvas de la figura 4 y nos enseñó de manera elocuente que la mayor parte de los bosques destruidos se convirtieron en tierras para el desarrollo de la ganadería.



También se ha demostrado que la destrucción del bosque comenzó a estimularse en 1888 con la promulgación del Código Civil y fue reforzada por leyes posteriores, como la ley de precarismo de 1942. Ambos instrumentos legales sirvieron de base para que se explotaran irracionalmente bosques en tierras públicas y privadas, y se reconocieran títulos de propiedad a quienes pudieran demostrar la posesión de la tierra y la aplicación de “mejoras” (Hartshorn *et al.* 1982). La construcción de carreteras que significó este patrón de ocupación del territorio para desarrollarlo, fue sin lugar a dudas un factor importante que contribuyó a acelerar la deforestación, a partir de la década de los años cincuenta.



Por otra parte, Costa Rica es uno de los pocos países del mundo donde se ha intentado cuantificar físicamente y valorar monetariamente el impacto destructivo de la pérdida de bosque. Solórzano *et al.* (1991) calcularon parcialmente la depreciación del bosque y señalaron la importancia relativa de esta pérdida en la desintegración de nuestro capital natural. La vez que llamaron a la atención sobre las consecuencias de la deforestación en el stock de biodiversidad y en la provisión de otros servicios ambientales como la producción de agua y fijación de carbono.

Finalmente, Lutz *et al.* (1993) llamaron la atención sobre un cambio significativo en el patrón de deforestación en Costa Rica, e indicaron que el precarismo, que fue una de las principales causas durante varias décadas, había pasado a jugar un papel menor; la tala y quema, argumentan, también dejó de ser una práctica común. Según este estudio, la motivación económica de los propietarios del bosque es hoy la fuerza más importante para realizar cortas selectivas de especies maderables, para convertirlo a usos agrícolas, o ambos.

El desarrollo y la conservación en Costa Rica: La atención de los analistas se ha concentrado tanto en la relación entre desarrollo y deforestación, que poca o ninguna atención se ha dado a la relación entre conservación y desarrollo. Sin embargo, varias de las grandes obras de desarrollo en Costa Rica que han facilitado la destrucción del bosque- han servido a la vez para establecer grandes proyectos de conservación. Tal es el caso del establecimiento de la reserva de bosques de roble con la construcción de la carretera interamericana sur, la creación del parque nacional Braulio Carrillo con la construcción de la carretera del mismo nombre y la creación del parque nacional de Tortuguero con la construcción de los canales. Y no es que originalmente los proyectos de desarrollo hubieran considerado el establecimiento de tales reservas, sino que su magnitud estimuló de manera especial la sensibilidad de los ambientalistas, quienes ejercieron la presión necesaria para que se protegieran esos recursos. Si en vez de tales mega-proyectos la infraestructura vial se hubiera construido paulatinamente, a través de proyectos más pequeños, muy probablemente la deforestación se hubiera desacelerado; pero la destrucción del bosque se hubiera hecho de manera más fragmentada y la posibilidad de consolidar esas áreas de conservación hubiese sido menor. Las presentaciones de Tirso Maldonado, Arturo Sánchez y Luis Fournier, durante esta reunión, parecen confirmar que esto es lo que hubiera ocurrido.

Un ejemplo más reciente en que desarrollo y conservación se han combinado para crear un efecto multiplicador es el del boom turístico, el cual se fundamentó en gran parte



en la tradición conservacionista de Costa Rica; pero que indudablemente ha ayudado a consolidar y ampliar el sistema nacional de áreas de conservación en manos públicas y al mismo tiempo ha estimulado la creación de reservas privadas.

También los bosques de Costa Rica se han beneficiado de dos circunstancias paradójicas del desarrollo, si bien fueron creadas por el ingenio humano y la voluntad política. Uno es el caso de la conversión de deuda por naturaleza, en el que la condonación de parte de los préstamos vencidos que sirvieron para financiar el desarrollo, se usó para apoyar la conservación. El segundo es el caso de la venta de bonos para la fijación de carbono, que se basa en el compromiso de los países desarrollados de compensar parte de los efectos negativos de su propio desarrollo. Debe destacarse cómo el trabajo de investigación de Edgar Ortiz, para estimar la producción de biomasa en árboles, también presentado en esta reunión, puede contribuir significativamente a la instauración de un mercado más realista para estos bonos.

Un caso de particular interés es el relativo al desarrollo futuro de la industria farmacéutica, donde la motivación comercial de una empresa multinacional como la Merck se aprovecha para contribuir a financiar la operación del INBio.

¿Qué necesitamos saber hacia el futuro? Aunque el interés científico puede sugerir que todavía hay necesidad de investigar y documentar las relaciones macro entre desarrollo económico y deforestación y entre desarrollo económico y conservación, e incluso llegar a cuantificar esas relaciones en el sistema de cuentas nacionales, es indudable que el campo donde el análisis científico es más urgente y donde puede hacer la mayor contribución es en la investigación y documentación de las relaciones causa-efecto entre políticas, leyes y regulaciones y el uso y conservación del bosque.

Es necesario describir mejor el funcionamiento de los mercados de productos y servicios del bosque, identificar en qué casos ocurren fallas de mercado -es decir, cuándo los precios de mercado no reflejan los verdaderos costos privados y sociales de tales bienes y servicios- o inclusive en qué casos los mercados no existen y por lo tanto se hace necesaria la intervención del Estado para garantizar la armonía entre el desarrollo económico y el uso y conservación del bosque -como ocurre con la belleza escénica o el aire puro-. Pero ante todo, es urgente investigar y documentar las fallas de política, que empeoran las fallas de los mercados, y explorar las opciones para corregirlas.



Por ejemplo, la importancia del turismo en el desarrollo económico del país y la interdependencia entre turismo y conservación son tan grandes, que es urgente saber si el sistema de precios para visitar los parques es el apropiado para evitar la sobrecarga de visitantes; también necesitamos anticipar el impacto que puede tener sobre las reservas privadas el resurgimiento de países competidores como destinos turísticos -tal el caso de Cuba, Nicaragua, Guatemala y Colombia- que pueda reducir drásticamente la afluencia de turistas hacia Costa Rica y por tanto disminuir el interés comercial de mantener tales reservas.

Bibliografía:

- Boulding, Kenneth. 1966.* The Economics of the Coming Spaceship Earth, en Environmental Quality in a Growing Economy, H. Jarret (ed.). Baltimore, The Johns Hopkins University Press.
- Hartshorn, Gary et al. 1982.* Costa Rica Country Environmental Profile: A field Study. San José: Tropical Science Center
- Hayami, Yujiro y Ruttan, Vernon. 1985.* Agricultural Development - An International Perspective. Baltimore, The Johns Hopkins University Press.
- Lutz, Ernst et al. 1993.* Interdisciplinary Fact-Finding on Current Deforestation in Costa Rica. Environment Working Paper No. 61. Washington, The World Bank.
- Meléndez, Dennis. 1994.* The Costa Rican Economy. The Leadership for Environment and Development Program. San José, LEAD International Inc. y ProDesarrollo Internacional.
- Mellor, John W. 1980.* The Economics of Agricultural Development. London, Cornell University Press.
- Pearce, David W. y Turner, R. Kerry.* Economics of Natural Resources and the Environment. Baltimore, The Johns Hopkins University Press.
- Solórzano, Raúl, et al. 1991.* La depreciación de los recursos naturales en Costa Rica y su relación con el sistema de cuentas nacionales. San José: Centro Científico Tropical.



LA ACTIVIDAD FORESTAL EN EL DESARROLLO DE LOS PROYECTOS HIDROELECTRICOS DEL ICE

Alvaro A. Bolaños Alvarez ¹

INTRODUCCION

Hablar del tema de la deforestación en Costa Rica es remontarse a mediados del siglo pasado, cuando se inicia la eliminación del bosque para dar paso a los cultivos de café y banano, pero principalmente es la historia de los últimos cincuenta años, donde las políticas agropecuarias y de asentamiento campesino en algún momento propiciaron la corta de los árboles, para hacer que las tierras dejaran de ser “incultas” mediante “mejoras” y se utilizaran en la obtención directa de productos como ganadería extensiva y cultivos agrícolas, además de las actividades de extracción maderera, situación en la cual los elementos del ambiente que actualmente se manejan no habían alcanzando el grado de importancia que hoy día les asigna la legislación y la conciencia pública.

Mucho se ha escrito sobre las causas y consecuencias de la deforestación en nuestro país, y son muy conocidos los mapas de cambio en la cobertura boscosa densa ocurridos entre los años 1940 y el presente; todo lo cual ha servido para que las nuevas generaciones de ciudadanos reaccionen ante el estado de pérdida del recurso forestal, e inicien un proceso de búsqueda de su conservación, recuperación y manejo sostenido.

Esta actitud por la preservación de nuestros recursos naturales permitió contar desde inicios de la década de los años setenta con una primera ley forestal, complementada luego con legislación sobre parques nacionales y vida silvestre, la creación de áreas protegidas y numerosas iniciativas de conservación de carácter gubernamental y privado, hasta tener en la actualidad un Ministerio del Ambiente en el cual se desarrolla el Sistema Nacional de Areas de Conservación, un Colegio de Ingenieros Agrónomos y Forestales que se adentra día con día en la problemática forestal nacional, instituciones de

¹ Jefe oficina bienes inmuebles y recursos humanos.
Instituto Costarricense de Electricidad



educación formal dedicadas a preparar profesionales y técnicos forestales, numerosa legislación en materia ambiental y forestal, así como la presencia de diversas instituciones públicas que de una u otra forma se ligan al quehacer forestal en el desarrollo de sus procesos de trabajo.

Es notorio ver como se han llevado a cabo en Costa Rica tres Congresos Forestales Nacionales (1986, 1992 y 1997), con la participación de importantes sectores de la sociedad civil y el Estado, en los cuales se ha discutido a fondo los temas de mayor relevancia para el futuro de la nación, y surgieron el planteamiento de iniciativas y recomendaciones de orden técnico, político y económico, encaminadas todas a promover y consolidar el desarrollo del sector forestal costarricense, dentro del marco del desarrollo sostenible mundial y los principios de calidad de clase internacional.

Esta mejora sustancial en el conocimiento y aplicación de la gestión forestal se ha trasladado igualmente a la empresa privada, para la cual desde hace un par de decenios la reforestación no es ya sólo un asunto filosófico y romántico de tipo conservacionista, sino una forma de producción de la cual se derivan grandes beneficios, tanto de carácter económico para los propietarios de las plantaciones forestales, la industria procesadora y los agentes participantes en la comercialización de los productos, como de carácter científico para el desarrollo de nuevas culturas y tecnologías forestales.

Actualmente esta acción privada se empieza a fortalecer aún más, con la participación del Estado en el apoyo a los propietarios de bosques naturales y plantaciones forestales, mediante el cual se pretende evitar el cambio de uso del suelo, conjuntamente con la obtención de otros beneficios adicionales derivados de la venta de servicios ambientales tales como mitigación de gases con efecto invernadero, protección y desarrollo de la biodiversidad, protección de aguas y belleza escénica, aunado a lo cual se presenta la opción para el propietario de aprovechar todo lo anterior en el establecimiento de actividades ecoturísticas.



EL ICE EN EL CONTEXTO HIDROELECTRICO DEL PAIS:

Desde su creación en el año 1949, el Instituto Costarricense de Electricidad ha tenido como su objetivo principal la producción de energía eléctrica, a partir de los recursos hidrográficos del país, para lo cual su ley constitutiva lo facultó desde un inicio a fin de realizar el aprovechamiento de los recursos hidráulicos de la nación, y se le dio a la vez el mandato de su protección y conservación en planes conjuntos, que desarrollaría con otras entidades centralizadas y descentralizadas del Estado.

En este sentido la principal fuente de generación eléctrica hasta la fecha ha estado constituida por la utilización del potencial de los ríos, en sitios que cuenten por una parte con capacidad para efectuar embalsamientos de período corto (plantas a filo de agua) o de período largo (plantas anuales) y por otra parte con puntos de caída adecuados para utilizar la energía cinética del agua en el movimiento de las turbinas y sus generadores asociados, lo cual ha permitido utilizar una parte importante del potencial hidroenergético que se ha estimado existe en las diferentes cuencas que conforman el país.

De esta manera se encuentran actualmente en funcionamiento plantas hidroeléctricas como Ventanas - Garita, Río Macho, Cachí, Arenal – Corobicí – Sandillal y Toro, así como proyectos tales como Angostura, Pacuare y otros más, que requieren de un abastecimiento de agua a través de sus cuencas de captación, que no sólo sea abundante y de calidad adecuada, sino que además muestre una distribución constante a través del año o al menos de una parte importante, de manera que se logre mantener un nivel de embalse tal que permita el funcionamiento eficiente de los equipos de generación.

Este aprovechamiento de los recursos hidroeléctricos del país, es complementado con la participación de la empresa privada, que a través de la llamada “generación eléctrica autónoma o paralela” también conocida como “cogeneración”, autorizada por leyes de los años 1990 y 1995, ha empezado a construir y poner en funcionamiento plantas con una capacidad máxima de 20.000 Kw, cuya producción eléctrica es adquirida por el ICE de acuerdo con las tarifas autorizadas por la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos, anteriormente denominada como SNE.



IMPACTO DE LA DEFORESTACION EN EL ICE:

A partir del concepto fundamental antes enunciado, cual es que la fuente principal de abastecimiento para la generación de electricidad, se encuentra en las áreas de captación de las cuencas hidrográficas donde se ubican las plantas actuales, en construcción o planificadas, es visible entonces que todas las acciones positivas y negativas que se lleven a cabo, ya sean éstas de orden natural o de origen humano, inciden directamente en la obtención del recurso agua, indispensable para llevar a cabo la producción de electricidad.

Así es posible observar como en cuencas donde los procesos de deforestación se han presentado o incrementado a través del tiempo, y donde se ha dado además pastoreo de ganado en tierras de vocación forestal, muestran problemas de erosión de suelos con arrastre de sedimentos en suspensión y de fondo, los cuales llevan a la colmatación de los sitios de presa, reducen los volúmenes utilizables de embalse y en consecuencia la vida útil de las obras, lo que obliga al ICE a diseñar sistemas de mantenimiento de las obras civiles y a efectuar trabajos de limpieza periódica muy costosos, que además tienen otra implicación económica para la Institución y el país, cual es la pérdida de generación eléctrica durante el tiempo en que los equipos deben permanecer ociosos mientras se realizan dichas labores.

Esta deforestación actúa además sobre el ciclo hidrológico y el balance hídrico de la cuenca, al variar las condiciones de escurrimiento superficial y de infiltración de las aguas al suelo y subsuelo, y generan reducción e inestabilidad en los caudales y con esto alteran la distribución de la recarga acuífera durante el año.

Este último aspecto es sin embargo generador de polémica, pues aún cuando se reconoce su importancia desde el punto de vista técnico, su efecto sobre la generación eléctrica es variable, ya que depende de las condiciones de funcionamiento de las plantas, pues mientras en las de “filo de agua” el efecto es directo (sobreabundancia de agua en unas épocas y carestía de agua y pérdida de generación en otras), en las plantas de “regulación anual” es prácticamente indiferente, pues ya sea que el agua llegue en un período muy corto de tiempo o distribuida a través del año, siempre las aguas desembocan y se acumulan en el embalse, salvo la pérdida ocasionada por la evaporación.



MEDIDAS DE MITIGACION ADOPTADAS EN EL ICE:

Conocedor de la existencia de la problemática anterior, desde hace más de 35 años, el ICE ha procurado colaborar en la reforestación de las cuencas nacionales, al producir en sus instalaciones y distribuir en el país más de seis millones de árboles, los cuales se ha buscado colocar en las áreas de interés institucional así como también en diferentes comunidades, todo con la finalidad de propiciar la concientización forestal.

Esta labor se ha incrementado a partir del año 1994 con la implementación de un “Programa de Reforestación y Corredores Biológicos”, el cual bajo el lema de “La Simiente del Agua” como representativo de la relación bosque - agua - hidroelectricidad, llega a las cuencas de interés prioritario para el ICE a través de grupos comunales organizados, que promueven la reforestación mediante el establecimiento de sus propios viveros forestales locales, a los cuales el ICE adquiere la producción de árboles con el compromiso de que éstos deben ser plantados y mantenidos en sus zonas de actividad.

Por otra parte, el ICE ha mostrado con el paso del tiempo, su interés en participar en la promulgación de legislación ambiental y en el establecimiento de áreas protegidas, para lo cual desde la primera ley forestal del año 1969 ha dado sus aportes directos e indirectos, tanto a la redacción de las normativas legales fundamentales como a la creación y funcionamiento de reservas forestales.

RECOMENDACIONES GENERALES:

Aunque existe en la actualidad abundante documentación sobre los procesos erosivos y la formación de sedimentos, para conocer en detalle sus efectos sobre las cuencas, se considera que aún falta terreno por recorrer, esto debido en parte al alto costo de este tipo de análisis y a la dificultad de su realización.

Sumado a lo anterior, se considera necesario que el MINAE como ente rector del sector ambiental, ponga mayor énfasis en la coordinación de las actividades de ordenamiento



del uso de la tierra en las cuencas hidrográficas, y que dé especial atención a su manejo, y procure la aplicación de instrumentos como la metodología de capacidad de uso de la tierra y otras técnicas de conservación y recuperación de suelos y coberturas, atinentes a esta materia, como lo son el manejo del bosque natural, la reforestación en bloques, líneas y parches dispersos, la agroforestería y muchas otras más.

Esta aplicación de la metodología de capacidad de uso de la tierra debe generalizarse además a todos los entes centralizados y descentralizados del Estado, al sistema bancario nacional y a cualquier otra entidad gubernamental y no gubernamental, que por sus fines u obligaciones asigne recursos humanos, técnicos y materiales al aprovechamiento de los terrenos en las diversas cuencas hidrográficas del país, de manera que dicha acción se realice de la forma más racional y técnica posible.

También es importante que el MINAE, de manera concertada con las instituciones usuarias del recurso hídrico y responsables de la planificación, ejecución y funcionamiento de las obras de desarrollo de conveniencia nacional, preste apoyo decidido a la definición de las áreas de recarga acuífera según lo dispuesto en la legislación forestal vigente, de manera que se logre determinar las áreas críticas y a éstas se puedan dedicar los esfuerzos de protección y restauración que el país requiere y exige.

Igualmente esas instituciones usuarias del recurso agua deberán elaborar e implementar los estudios pertinentes, para internalizar en sus tarifas los costos ambientales de la protección, conservación y recuperación de los recursos naturales relacionados con la explotación del servicio público que presten, para así actuar en consonancia con lo dispuesto por la nueva ley de la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos.



Bibliografía

- Bonilla, Alexander. 1983. Reservas forestales y zonas protectoras. Cartago, C.R., Editorial Tecnológica de Costa Rica. p. 13 – 28.
- Calvo A., Julio C. 1996. Modelos de predicción de carga media anual de sedimentos en suspensión en cuencas rurales de Costa Rica. San José, C.R., CREED Costa Rica, Nota Técnica No. 4. 28 p.
- Costa Rica. Asamblea Legislativa. 1990. Ley No. 7200, Ley que autoriza la generación eléctrica autónoma o paralela. 3 p. Modificada por la Ley No. 7508 de 1995. 2 p.
- _____. 1995. Ley No. 7554, Ley orgánica del ambiente. San José, Editec Editores, Colección Leyes # 3. 44 p.
- _____. 1996. Ley No. 7575, Ley forestal. San José, Editec Editores, Colección Leyes # 13. 44 p.
- _____. 1996. Ley No. 7593. Ley de la autoridad reguladora de los servicios públicos. 8 p.
- Costa Rica. Junta Fundadora de la Segunda República. 1949. Decreto Ley Creación del Instituto Costarricense de Electricidad. San José. 7 p.
- Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Ministerio del Ambiente y Energía. 1995. Metodología para la determinación de la capacidad de uso de las tierras de Costa Rica. San José. 60 p.
- Costa Rica. Ministerio del Ambiente y Energía. 1996. En el camino hacia un manejo sostenible de los recursos forestales. San José. 8 p.
- _____. 1997. Decreto No. 25721, Reglamento a la Ley forestal No. 7575. San José, La Gaceta No. 16 del 23-01-1997. p. 35 – 42.



Costa Rica. Ministerio de Gobernación y Policía. 1986. La destrucción del bosque en Costa Rica: una emergencia nacional. En: La verdadera emergencia nacional. San José, Imprenta Nacional. p. 21 – 29.

De Melo, Virginio. 1997. Desarrollo social alrededor de los recursos forestales: reflexiones desde experiencias de Talamanca-Costa Rica. En: Resumen de ponencias III Congreso Forestal Nacional. San José, C.R. p. 156 – 165

Echeverría, Jaime, et al. 1995. Aspectos económicos-ambientales del uso de la tierra en la cuenca hidrográfica de Arenal, Costa Rica. San José, C.R., CREED Costa Rica, Nota Técnica No. 1. 34 p.

Fernández González, Alvaro, et al. 1997. Incentivos económicos y arreglos institucionales para el manejo de cuencas hidrográficas: el Caso de la Cuenca del Río Chiquito, Arenal Costa Rica. San José, C.R. CREED Costa Rica, Nota Técnica No. 8. 85 p.

Guier, Estrella. 1982. Los bosques de Costa Rica: su importancia biológica y socioeconómica. San José, C.R., Programa de Educación Ambiental, Universidad Estatal a Distancia. 15 p.

Méndez Quirós, Alexis, et al. 1997. Proyecto de reforestación en fincas ganaderas: un caso estudio en la región del Pacífico Central de Costa Rica. En: Resumen de ponencias III Congreso Forestal Nacional, San José, C.R.. p. 166 - 174

Pérez, S. y Protti, F. 1978. Comportamiento del sector forestal durante el período 1950-1977. San José, C.R., Oficina de Planificación Sectorial Agropecuaria. 59 p.

Segura Bonilla. Olman. 1997. Política forestal en Costa Rica. En: Resumen de ponencias III Congreso Forestal Nacional. San José, C.R. p. 202 - 217



EL CLIMA, SU VARIABILIDAD Y CAMBIO Y LA DEFORESTACION EN COSTA RICA

Lic Max Campos O.¹

INTRODUCCION

La atmósfera y su clima son un continuo, sin fronteras políticas o geográficas; sensibles a variaciones en la biosfera, los océanos, los glaciares y los hielos polares, las emisiones volcánicas y a los efectos producidos por muchas actividades humanas.

Estas variaciones que afectan la atmósfera y el clima varían en escala espacial y temporal.

Las grandes variaciones que se producen en la temperatura superficial del océano Pacífico producen alteraciones en los patrones del tiempo, aún en sitios muy distantes al origen del fenómeno; este es el caso del Fenómeno ENOS (EL Niño - Oscilación del Sur).

Las variaciones en la concentración química de algunos gases en la atmósfera, producto del aumento de actividades humanas contaminantes, provocan una amplificación del efecto invernadero natural del planeta, y producen un calentamiento de esta atmósfera y su subsecuente cambio en el clima a mediano y largo plazo.

El comprender cuáles son los diferentes factores que determinan y forman el clima en Costa Rica, nos permitirá a su vez comprender cómo, alteraciones en algunos de estos factores, producen cambios importantes en el patrón normal del clima del país, lo cual repercute sobre los recursos naturales y actividades humanas.

El impacto que pueda tener la deforestación sobre el clima no ha recibido una atención adecuada, tanto a escala global, como en el caso particular de Costa Rica. Lo anterior,

¹ Comité Regional Recursos Hidráulicos
Proyecto Centroamericano sobre Cambio Climático



hace que se presenten muchas especulaciones de carácter científico, asociados directamente con la deforestación de un lugar y con el clima de un país.

El presente artículo pretende llamar la atención de los científicos para que se considere el impacto de la deforestación sobre el clima en sus diferentes escalas, dentro de sus agendas de investigación. Al mismo tiempo, este artículo tiene la intención de llamar la atención de los tomadores de decisiones, para que sus políticas en lo que respecta al bosque, la deforestación y el clima, se tomen con base en la mejor información y conocimiento científico disponible.

Para llevar esto a cabo es necesario describir los principales sistemas de diferente escala que controlan y producen el clima en Costa Rica. Con base en este conocimiento, se desarrollan algunas consideraciones sobre los efectos que podría haber tenido la deforestación en Guanacaste sobre el clima de esta zona.

Las conclusiones a las cuales puede llegar, no pueden estar separadas de la problemática global del clima, especialmente lo relacionado con la variabilidad climática y el cambio climático; por lo tanto, se presentan para discusión algunos de los resultados de los Modelos de Circulación General (GCMs) utilizados en el estudio del cambio climático y los impactos asociados con el fenómeno ENOS, y cómo estas variaciones también afectan el bosque.

PRINCIPALES FACTORES QUE CONSTITUYEN EL CLIMA DE COSTA RICA.²

Costa Rica se encuentra dentro del cinturón tropical y posee un terreno complejo, estrecho, y cercano a grandes masas oceánicas. Estos factores interactúan con sistemas meteorológicos de escalas mayores a las dimensiones de cualquier país Centroamericano, lo cual produce diferencias espaciales y temporales en la distribución de la temperatura, humedad, nubosidad y lluvia entre otros.

² Capítulo modificado de la publicación en prensa sobre "El estado de los recursos en Centroamérica" / Max Campos / CCAD, 1997.



Escalas meteorológicas

Escala	Ejemplo	Dimensión	Tiempo
Gran escala	Fenómeno El Niño (ENOS)	Mayor a 10.000 km.	Meses / años
Sinóptica	Huracanes, frentes, ondas tropicales.	Entre 1.000 10.000 km.	Días / semanas
Media	Brisas mar y tierra	Decenas a centenas de km.	Hora / día
Micro	Seudo tornados Remolinos de viento Tormentas eléctricas	Centímetros a metros	Minutos / segundos

Los sistemas con dimensiones aproximadas a los 10.000 km. que gobiernan el tiempo y el clima de Centroamérica, y por lo tanto en Costa Rica, son: la zona de convergencia intertropical (ZCIT), los frentes fríos del hemisferio norte, los huracanes del Caribe, y las ondas en los Estes (asociadas con el viento alisio).

La zona de convergencia intertropical está gobernada por la diferencia radiativa anual del planeta, la cual produce las estaciones en ambos hemisferios y una oscilación norte-sur de la ZCIT. Esta zona afecta Costa Rica desde mayo hasta noviembre, y produce lluvias fuertes.

Los frentes fríos son masas de aire frío que se desplazan desde latitudes altas hacia los trópicos durante el invierno del hemisferio norte, que interactúan con la circulación del “viento alisio” y producen su la aceleración. Cuando esto sucede se produce nubosidad y lluvias a lo largo de la vertiente del Caribe y derrames de precipitación sobre las montañas y zonas a sotavento. Cuando estas condiciones prevalecen durante varios días se aparecen los “temporales de la vertiente Caribe”. Los frentes fríos afectan a Costa Rica desde noviembre hasta febrero.

Los huracanes del Atlántico-Caribe son importantes sistemas productores de lluvia que afectan el país durante el período junio - noviembre. A pesar de que Costa Rica ha sido impactada directamente en pocas ocasiones por los huracanes, los efectos más frecuentes se deben a un efecto indirecto, o sea a efectos asociados a la circulación del



huracán a distancias mayores a los 140 km. de su centro (IMN, 1995). Se ha observado que los efectos indirectos de los huracanes producen lluvias más abundantes que los efectos directos para períodos mayores a un día. Un claro ejemplo de esto son los “temporales que se producen sobre la vertiente del Pacífico cuando un huracán o tormenta tropical se encuentra a su paso sobre el océano Atlántico o sobre el mar Caribe ” (IMN, 1995).

Las ondas en los Estes son una perturbación en la atmósfera tropical que se desplaza de este a oeste superpuesta en la corriente del viento alisio en el Atlántico tropical durante la época de huracanes (junio - noviembre). Por lo general, el mal tiempo asociado a estas perturbaciones se presenta detrás de la onda, y produce en muchos casos grandes cantidades de lluvia (IMN,1995).

Los sistemas de menor escala más importantes para el país son: los sistemas de brisa mar-tierra, y los sistemas de brisa valle - montaña. El principal aporte de los sistemas de brisa en Costa Rica está asociado al transporte de humedad desde el océano hacia el continente, la interacción de este transporte con el proceso del calentamiento diurno, contribuye al ascenso de las masas de aire cálido y húmedo, a la formación de nubes y la producción de lluvia en horas de la tarde durante gran parte del año, particularmente en el período mayo - noviembre en la vertiente del Pacífico y durante todo el año sobre el Caribe.

Los efectos de estos sistemas de diferentes escalas sobre la región y su interacción con la topografía y otros factores, forman el clima de Costa Rica. Las variaciones que estos sistemas sufran por factores naturales de gran escala, por ejemplo, el fenómeno ENOS, o por factores antropogénicos, por ejemplo: el cambio climático, alteran el clima local, afectando diferentes sectores y actividades productivas de la región.

El conocimiento básico de estos sistemas y sus variaciones contribuye con la prevención y/o adaptación a los potenciales impactos.

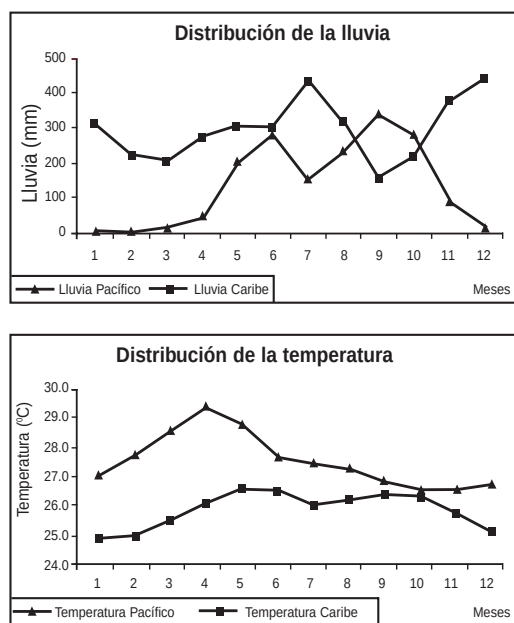
LOS REGIMENES DE LLUVIA Y TEMPERATURA

Al tomar en cuenta las consideraciones anteriores, y descrito en una forma general, el clima regional está constituido por dos regímenes de precipitación, uno sobre el Caribe y otro sobre el Pacífico. La vertiente del Caribe se caracteriza por ser una región más lluviosa que la del Pacífico y por lo tanto con una cobertura nubosa mayor.



En vista de que la temperatura en la mayoría del istmo es función de la cobertura nubosa, las temperaturas más altas se presentan a lo largo de la vertiente del Pacífico.

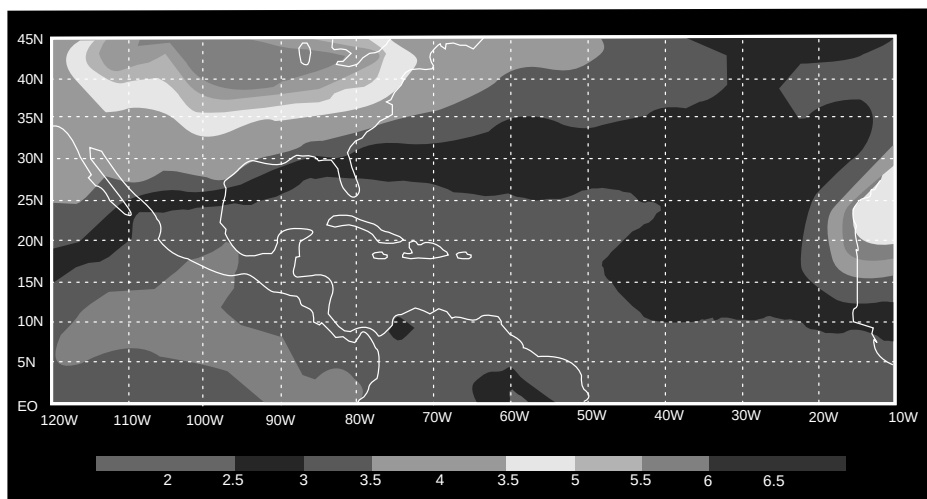
Figura 1: La distribución de la lluvia y la temperatura a lo largo de las vertientes del Pacífico y Caribe de Costa Rica.



LA PROBLEMÁTICA DEL CLIMA GLOBAL

El calentamiento atmosférico y el cambio climático

Cambios en las condiciones actuales en la temperatura del planeta, tenderían a alterar el frágil balance que existe entre el clima actual, el aprovechamiento de los recursos y el desarrollo de las actividades humanas en el país. De acuerdo con las estimaciones desarrolladas por el Proyecto Centroamericano sobre Cambio Climático (PCCC), la temperatura promedio de la región para el año 2075, podría ser hasta 2°C más alta que la temperatura promedio actual. Asimismo, la precipitación en la vertiente del Caribe podría aumentar o disminuir en +/- 10 y 20 %, mientras que en la vertiente del Pacífico estas variaciones podrían ser entre +/- 10 y 15% del total anual de lluvia.



Resultado del modelo de predicción (GCM) Canadiense mostrando las condiciones de temperatura para Centroamérica para el año 2075. Se observa una diferencia entre 2 y 2.5° C sobre la temperatura media actual.²

Estos cambios en las condiciones climáticas de Centroamérica, los cuales son bastante conservadores, podrían traer serias consecuencias a sectores y recursos importantes como la agricultura, los recursos hídricos, los bosques, la biodiversidad, la salud humana y los recursos marinos y costeros.

En el sector de los recursos hídricos, variaciones en la precipitación afectarían directamente la producción de energía de los países Centroamericanos los cuales dependen de la generación hidroeléctrica. En caso de producirse un aumento en la cantidad de precipitación, el aprovechamiento de ese exceso de agua sería limitado por las características de construcción y operación de las represas, al mismo tiempo afectarían la vida media de los embalses a través de los procesos de erosión asociado a un pobre manejo de las cuencas. El caso contrario, una disminución en la lluvia produciría también problemas en el sector hidroeléctrico al aumentar el uso de plantas térmicas, emisoras de gases de efecto invernadero, la disponibilidad de agua potable y utilización del recurso para riego en la agricultura. Las estimaciones del PCCC para el sector de los recursos hídricos se basan en el análisis de sensibilidad de 14 cuencas importantes de la región, las cuales fueron sometidas a los diferentes escenarios climáticos.

² Resultados del Proyecto Centroamericano sobre Cambio Climático (CRRH/CCAD/US-CSP) 1997



La afectación de los recursos marino-costeros de la región Centroamericana, está asociada al potencial ascenso del nivel medio del mar debido al calentamiento global de la atmósfera. El PCCC tomó en consideración los escenarios globales de aumento de este nivel en 1 metro estudió la mayor parte de la costa del Pacífico de Centroamérica así como las costas del Caribe en Belice y Honduras. El estudio identifica zonas críticas donde a través de los procesos de erosión, transgresión e inundación, tanto los recursos naturales de las zonas costeras como la infraestructura desarrollada sobre ésta, se encuentran ante un potencial peligro. Uno de los problemas más serios para el futuro desarrollo de las zonas costeras de Centroamérica lo será la salinización de las fuentes de agua subterránea para uso potable.

La vulnerabilidad de la producción agrícola particularmente los cultivos de subsistencia (arroz, frijol, maíz) está relacionada con el estrés hídrico por disminución en la precipitación y con el aumento en las condiciones extremas de precipitación (inundaciones). Los resultados del PCCC para estos cultivos de subsistencia, muestran variaciones importantes en los rendimientos si las condiciones climáticas actuales cambian. La adaptación de nuevas variedades más resistentes a la sequía y al exceso de agua, así como a ambientes más cálidos, será un proceso muy costoso tanto en el plano económico como social para cada uno de los países de la región.

Otros sectores que serían afectados fuertemente en Centroamérica lo son el sector forestal, la biodiversidad y la salud humana. A pesar de que no se han realizado cuantificaciones del grado de vulnerabilidad, efectos recientes asociados con la variabilidad climática (El Niño), han demostrado la sensibilidad de estos sectores y recursos.

El crecimiento poblacional de Centroamérica (de 30 millones en 1993 a 90 millones en 2075, bajo un escenario optimista) y el crecimiento de la demanda de bienes y servicios sumados a los efectos de un clima cambiante, ponen a cada uno de los países de la región en una posición de altísima vulnerabilidad.

Bajo estas condiciones, las decisiones que se tomen en un corto plazo dentro del marco del Convenio sobre Cambio Climático para controlar las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, tendrán un efecto positivo en los efectos que un clima cambiante tendría en Centroamérica.



EL FENOMENO ENOS:

El Niño es un extenso calentamiento de las aguas superficiales del océano tropical del Pacífico Este con una duración aproximada de varias estaciones climatológicas. La Oscilación del Sur es una oscilación en la presión atmosférica a nivel del mar entre una región al norte de Australia y otra en el Pacífico Central. Ambos fenómenos se encuentran relacionados y en conjunto se conocen como ENOS (El Niño Oscilación del Sur) y básicamente es la más larga de las variaciones climáticas de corto plazo. El fenómeno no tiene una periodicidad establecida, históricamente ha variado entre los 3 y 16 años, y su intensidad varía de fenómeno a fenómeno (Jordán, R., 1986).

Durante los últimos cien años los fenómenos ENOS han ocurrido en los siguientes períodos (Jordán, R., 1986) :

1821	1912	1917	1925/26	1940/41	1953	1957/58	1963	
1965	1969	1972/73	1976	1982/83	986/87	1991/92	1994	1997/8

En Costa Rica las señales del fenómeno ENOS se pueden observar claramente en las series meteorológicas, principalmente en las de temperatura y precipitación.

En las series de temperatura se observa un calentamiento sobre la región pacífico del país, así como una reducción importante en la precipitación.

Los principales impactos directos que produce el fenómeno ENOS se presentan en la agricultura y los recursos hídricos de la región. Sin embargo, otros recursos como la salud, biodiversidad, recursos marinos y costeros, también se ven afectados.

La reducción de la precipitación sobre el Pacífico produce estrés hídrico a los cultivos, asimismo, el aumento de la temperatura afecta directamente la tasa de evaporación.

Indirectamente, el fenómeno ENOS también produce un impacto sobre la economía del país, al verse afectados los sectores más productivos, por ejemplo: la agricultura, la ganadería y los recursos hídricos; lo cual repercute en otras actividades asociadas como el abastecimiento de alimentos y la provisión de hidroelectricidad.



La disminución de la precipitación hace que las posibilidades de generación hidroeléctrica se vean reducidas al disminuir el caudal de los ríos y los embalses reduzcan su nivel.

El fenómeno en Centroamérica hace que los países se vean en la necesidad de realizar importaciones compensatorias de alimentos, y en el caso de la generación eléctrica surge la necesidad de importar más combustibles fósiles para generación térmica, que produce un aumento en la factura petrolera.

Los impactos en la agricultura y en los recursos hídricos han sido los más documentados. Los daños económicos producto del fenómeno varían de acuerdo con su intensidad y la facilidad de reacción y pronóstico que posee el país. Sin embargo, las pérdidas promedio son de varios millones de dólares y alcanzan en la mayoría de los casos características de desastre nacional.

LA DEFORESTACION Y EL CLIMA.

De acuerdo con Sader y Joyce (1988), citados por Sánchez et al (1995), desde 1940, Costa Rica ha perdido aproximadamente el 50% de su cobertura forestal, y en 1984 solamente el 17% del país poseía bosque primario. Lo anterior está asociado con la expansión de la frontera agrícola y la explotación ganadera para la exportación.

La consideración anterior nos sirve para establecer la base sobre la cual se sustenta la importancia que tiene el proceso de deforestación sobre la erosión y sedimentación, sobre la pérdida de diversidad biológica, sobre la calidad y capacidad del recurso hídrico para servicios de agua potable, riego y generación hidroeléctrica, entre otros.

Una importancia adicional ha surgido en los últimos años, y ésta es el papel que tiene el bosque y el proceso de deforestación dentro del ciclo hidrológico, y descrito de una forma más general sobre el clima de un lugar (Myers, 1988).



En el caso de la lluvia de tipo orográfico el bosque actúa como un obstáculo al movimiento de las masas de aire, y forza su ascenso y condensación. Los mejores ejemplos de esta condición se dan sobre el sector a barlovento de las cordilleras de Costa Rica y como un caso especial en el sector de Monteverde, donde la humedad del aire alcanza el nivel de condensación y cuya interacción con la vegetación produce el bosque nuboso.

En el caso de la lluvia convectiva, el bosque retiene humedad y calor, lo cual favorece el ascenso de masas de aire, la convección y la lluvia.

En el caso de la lluvia asociada con el movimiento de los ciclones y el transporte de humedad desde los océanos, el papel del bosque es muy limitado, esto se debe a las dimensiones de estas circulaciones.

La evapotranspiración y el albedo del bosque son aspectos importantes del ciclo hidrológico. El bosque, en general, posee un albedo entre 15 y 20%, lo cual determina su balance energético y retención de humedad.

Los cambios en la vegetación, particularmente a través del proceso de deforestación, influyen directamente el albedo, la tasa de evapotranspiración, el balance energético, la disponibilidad de agua en el suelo, la lluvia y como un todo el clima local.

Si partimos de las condiciones mencionadas anteriormente, dos tipos de análisis pueden realizarse: uno general que reconoce el papel positivo que tiene el bosque dentro del ciclo hidrológico y el clima, y otro análisis más riguroso, que sin minimizar los beneficios del bosque para con el clima, evidencian cuál sería el efecto real, en el caso particular de una Costa Rica deforestada, o expresado de otra forma, ¿variaría el clima de Costa Rica si no existiera el bosque?

Para realizar este segundo análisis es necesario recordar lo mencionado anteriormente sobre, cómo es que se constituye el clima del país.

Brenes y Saborío (1994) realizaron un estudio sobre los cambios en la circulación y su influencia sobre Costa Rica. En este estudio se describe cómo la precipitación, durante



el período de análisis (1960-90), ha presentado una disminución en aproximadamente el 75% del país. La mayoría de estas áreas se encuentran localizadas en el sector de sotavento de las cordilleras que dividen Costa Rica y particularmente en el área de Guanacaste. Un estudio con resultados similares fue realizado por Fleming (1986).

La explicación de Brenes y Saborío se fundamenta en que, de acuerdo con un análisis realizado de la trayectoria de los huracanes desde 1900, muestra que a pesar de que la cantidad de huracanes en el Atlántico ha aumentado, existe una reducción en el número de estas tormentas que penetran a la cuenca del Caribe y que representan el 70% de la precipitación que recibe, a lo largo del año, la vertiente del Pacífico de Costa Rica y Centroamérica.

Sumado a esto, se presenta el que la zona de alta presión atmosférica del Atlántico norte, la cual influencia el viento alisio, ha aumentado su presión en aproximadamente 7 hectopascales desde 1920, mientras que la zona de alta presión atmosférica del Pacífico sur se ha debilitado en aproximadamente 2 hectopascales desde 1925 (Lin y Zhou, citado por Brenes Saborío, 1994). Lo anterior produce un mayor gradiente bórico y por lo tanto la aceleración del viento alisio. Esto repercute en la distribución de la lluvia y la temperatura de Costa Rica.

Estas consideraciones nos plantean dos preguntas: si la lluvia en Costa Rica depende en un porcentaje muy alto de los sistemas meteorológicos de escala sinóptica y de la advección de humedad desde los océanos, ¿cuál es la contribución efectiva del bosque?

La siguiente pregunta nos ubica dentro de la problemática global del cambio y la variabilidad climática: si Costa Rica depende de los sistemas sinópticos para la producción de lluvia, ¿cómo estas interacciones planetarias afectarían el clima del futuro y particularmente los bosques?

La respuesta a la primera pregunta deberá ser el resultado de investigaciones específicas; sin embargo, existen algunas experiencias en la zona del Amazonas donde también se ha observado que algunas áreas dependen más de la advección de humedad desde el océano y de la interacción con sistemas de escala sinóptica que del proceso de convección por calentamiento diurno (Nobre, et al., 1991).



Los resultados del estudio realizado por Halpin et al. (1993) en cooperación con el Centro Científico Tropical sobre cambio climático y los sistemas forestales en Costa Rica, indican que de acuerdo con los dos escenarios desarrollados, uno conservador en el cual la temperatura media aumenta en 2.4 °C y la precipitación en 10% y otro extremo donde la temperatura aumenta en 3.6 °C y la precipitación en 10%, los cambios en la estacionalidad y en la lluvia afectarán la composición y distribución de los bosques más que los efectos que pueda tener la temperatura por sí sola.

Cambios potenciales en las zonas de vida se observan en los mapas que se producen a partir de esos escenarios.

Sin embargo, aún existen incertidumbres sobre la extensión de estos cambios y el momento en que ocurrirán.

Conclusiones

Es evidente que el bosque presenta una influencia importante dentro del balance global del planeta, y que procesos como la deforestación, conllevan a un acelerado deterioro ambiental; sin embargo, en lo que respecta al clima, el impacto de la deforestación sobre éste, debe estudiarse considerando los sistemas que constituyen el clima de la región en estudio.

En el caso particular de Costa Rica, aunque aún se necesitan estudios más detallados, el estado del conocimiento del clima del país, sustentado en los factores y sistemas que lo componen, indican que la deforestación, en zonas como Guanacaste, no producirían un efecto climático importante dado que la principal fuente de humedad y lluvia es el océano.

Sin embargo, los cambios en el albedo y la evapotranspiración debido a la deforestación sí tendrán un impacto directo en lo que respecta a los microclimas de la región.



Bibliografía

- Brenes, A., Saborío, V.F. 1994. Changes in the General Circulation and its influence on precipitation trends in Central America: Costa Rica. *Ambio*, 23 (1), 87-90.
- Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD): 1997. El estado de los recursos en Centroamerica (por publicarse).
- Fleming, T.H. 1986. Secular Changes in Costa Rica Rainfall correlation with elevation. *Journal of Tropical Ecology* 2:87-91.
- Gash, J.H.C., Nobre, C.A. 1997. Climatic effects of Amazonian Deforestation: some results from ABRACOS. *Bulletin of the American Meteorological Society*, Vol. 78, No 5.
- Halpin P.N., Kelly, P.M., Secret, C.M., Smith, T.M. 1993. Climate change and Central America Forest Systems: Costa Rica pilot project (Background paper). Department of Environmental Sciences, University of Virginia, Climatic Research Unit, The University of East Anglia, International Institute for Environment and Development.
- Houghton, R. A. 1990. The global effects of tropical deforestation. *Environmental Science Technology*, Vol. 24, No 4.
- Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica (IMN). 1995. Agenda Meteorológica. Departamento de Información Meteorológica.
- Myers, N. 1988. Tropical Deforestation and Climate Change. *Environmental Conservation*, Vol. 15, No. 4.
- Meher-Homji, V.M. 1991. Probable impact of deforestation on hydrological processes. *Climatic Change* 19: 163-173.
- Nobre C.A., Sellers P. J., Shukla J. 1991. Amazonian Deforestation and Regional Climate Change. *Journal of Climate*, Vol. 4, No10.
- Sánchez, A., Harriss, R.C., Quesada, C. 1995. Tropical deforestation and habitat fragmentation in Central America between 1986 and 1991. Centro de Investigación en Desarrollo Sostenible (CIEDES), Universidad de Costa Rica.



IMPACTO ECONOMICO DE LA PERDIDA Y CONSERVACION DEL BOSQUE

Rodolfo Salazar¹

INTRODUCCION

Dada su ubicación geográfica, el territorio costarricense ha sido considerado como un puente biológico en el Continente Americano; a esta posición estratégica hay que agregar también la alta diversidad edafológica, topográfica y climática, factores que de una u otra manera han contribuido a través de los tiempos, para que en este pequeño territorio se haya desarrollado una gran diversidad biológica.

Aunque Costa Rica abarca solamente el 0.04% de la superficie del globo terrestre, su biodiversidad corresponde al 5% de la biodiversidad mundial y si nos referimos únicamente al componente florístico, se estima que el número de especies puede variar entre 10000 y 12000; sólo en el campo forestal han sido descritas 1500 especies (Jiménez y Poveda, 1997).

Se ha estimado que para inicios de la conquista en 1502, el territorio nacional estuvo cubierto por bosques en un 96% y fue a partir de entonces cuando se inicia su destrucción, actividad que es intensificada a partir de 1940; ya al final de la década de los años 1970, más del 68% del territorio había sido deforestado (Vaughan, 1988). Este proceso ha continuado y hoy día sólo un 25% del país está cubierto por bosques bajo la condición de parques nacionales, reservas biológicas, y áreas de conservación. Los bosques naturales de carácter comercial ya fueron eliminados.

Una de las principales razones que han provocado la destrucción de los bosques, ha sido que sus beneficios económicos, generalmente han sido valorados en consideración únicamente de su componente forestal, sin cuantificar los demás beneficios directos e indirectos que el hombre puede obtener de este recurso natural; ambos beneficios son de gran importancia, para satisfacer las necesidades del hombre, garantizar la estabilidad del medio y asegurar el bienestar de la sociedad.

¹ Líder PROSEFOR, CATIE.



Además, la madera, como único producto del bosque que ha sido extraído y comercializado, tampoco se ha sabido aprovechar al máximo; en primer lugar y sin aplicar ninguna técnica de manejo sostenible, el uso se ha centrado únicamente en los árboles de mejor calidad de las especies consideradas como maderas finas; en segundo lugar, por las exigencias del mercado, se estima que se aprovecha menos de un 50% del volumen total de madera del árbol que se corta y en tercer lugar, el proceso de industrialización no ha sido lo suficientemente eficiente para hacer un uso adecuado de la madera que llega a las fábricas. Los estudios indican que un 35% de la madera que se corta anualmente, es quemada y se deja que se pierda en el campo (Matamoros, 1988). Este proceso destructivo del bosque ha sido fomentado por la falta de interés por parte de los sectores de gobierno responsables de velar por su estabilidad, su protección y por su uso racional y porque no se prestó la debida atención ni fueron asignados los recursos económicos necesarios, para conocer y cuantificar el verdadero valor y los beneficios que el hombre podría haber obtenido de las especies forestales, y del resto de la riqueza biológica que existió en los bosques tropicales.

Al desconocer el valor real de la diversidad biológica de los bosques, los precios bajos de la madera como único producto que ha sido comercializado por el propietario, así como la carencia de la planificación sobre el uso potencial de los suelos y el fomento de la tala como mecanismo para adjudicarse el derecho a la propiedad, han sido en parte los factores responsables para que los dueños de los bosques, hayan tomado la decisión de cambiar el uso de las tierras para dedicarlas a la agricultura y la ganadería.

Es evidente y los estudios lo han demostrado que por las condiciones topográficas y climáticas que caracterizan al territorio nacional, un 64% de los suelos deberían mantenerse con cobertura forestal; lamentablemente ha sucedido todo lo contrario. De las pocas áreas que aún permanecen cubiertas con bosques, sólo el 6% reúnen condiciones para la producción forestal; el resto son áreas que deben estar destinadas a la protección.



IMPACTO DE LA DESTRUCCION DEL BOSQUE

El fuerte impacto negativo, tanto ambiental como económico, que ha provocado la destrucción de la cobertura forestal, en realidad es casi imposible de cuantificar; entre los aspectos más evidentes están el empobrecimiento de los suelos, la contaminación de los ríos y costas marítimas, la reducción de los mantos acuíferos, los cambios climáticos fuertes, la desaparición de las fuentes de producción de madera para satisfacer la creciente demanda y la pérdida de un número desconocido de especies de plantas y animales de gran importancia para la sostenibilidad del medio; además, han desaparecido muchas especies forestales de gran valor y otras están también en alto riesgo de desaparecer.

Con el respaldo de la ciencia y la tecnología se ha demostrado el gran potencial que caracteriza la biodiversidad de los bosques, para contribuir a solventar algunos de los múltiples problemas de salud que enfrenta nuestra sociedad y el mismo desarrollo agrícola; pero, la ambición, la actitud mercantilista, la falta de interés por valorar el verdadero potencial de estos recursos y la carencia de políticas de desarrollo sostenible, han permitido su extinción. La mayoría de lo perdido es irrecuperable.

Hoy se plantea la opción de manejar los bosques secundarios como una alternativa para recuperar las tierras degradadas y promover el desarrollo de bosques naturales y mejorar el equilibrio ecológico; esta es una opción positiva, aunque el proceso puede ser relativamente lento y la biodiversidad será mucho más reducida si se compara con los bosques originales; muchas de las especies forestales de alto valor comercial estarán ausentes en estos bosques. Algunas especies que requieren la presencia de insectos u otras especies de animales para reproducirse o diseminarse, no podrán lograrlo por la desaparición de estos organismos o simplemente porque ya no existen fuentes semilleras en el sitio.



IMPORTANCIA DE LA DIVERSIDAD GENETICA Y SU CONSERVACION

A parte de la diversidad florística que caracteriza los bosques tropicales, es fundamental considerar también la diversidad genética de las especies a lo largo de las áreas de distribución natural; estos recursos genéticos son muy importantes en la búsqueda de soluciones a problemas específicos, tanto en aspectos bioquímicos, como en la producción de alimentos y productos maderables.

En el campo forestal ha quedado demostrada la alta variabilidad genética de las distintas poblaciones naturales en algunas especies maderables ya estudiadas, como *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata*, *Vochysia guatemalensis*, *V. ferruginea*, *Cordia alliodora*, *Terminalia amazonia* y *Terminalia oblonga*, entre otras. La diversidad genética que ha sido identificada en estas especies, es muy importante para seleccionar germoplasma que pueda adaptarse a condiciones ecológicas específicas y producir mayores beneficios económicos.

Como ya fue indicado, la riqueza de la biodiversidad florística y genética ha quedado reducida a un 26% del territorio nacional y en zonas ecológicas específicas que no dejan de enfrentar ciertos grados de riesgo. En aquellos sectores del país donde todavía se encuentran pequeños reductos de bosques primarios y secundarios, éstos deben ser valorados para conocer la importancia del germoplasma que contienen y realizar las acciones necesarias para su conservación.

Se debe enfatizar que es de alta prioridad hacer conciencia en los distintos sectores de nuestra sociedad, sobre la aplicación de la técnica de conservación in-situ de la diversidad florística de las áreas protegidas e intensificar los procesos para valorar su potencial, tanto biológico como económico. La conservación in-situ se debe también considerar como una importante opción, para intentar rescatar aquellos recursos biológicos que están en alto riesgo de desaparecer; en este caso se deben identificar los recursos en las áreas ya alteradas o erodadas e introducirlos en aquellas áreas que estén bajo algún sistema de protección; lógicamente en estos casos, se debe hacer uso de una base genética amplia que asegure la conservación de la mayor diversidad genética posible.



Bibliografía:

Jiménez, K. y Poveda, L. 1997. Lista actualizada de árboles maderables en Costa Rica. Aportes al Desarrollo Sostenible. Universidad Nacional, Costa Rica. 36 p.

Vaughan, CH. Biodiversidad. En: estrategia de conservación para el desarrollo sostenible de Costa Rica. Memoria 1er Congreso ECODES, MIRENEM. San José, Costa Rica. pp. 59-69.

Matamoros, A. 1988. Forestal y áreas silvestres. En: Estrategia de conservación para el desarrollo sostenible de Costa Rica. Memoria 1er Congreso. ECODES, MIRENEM. San José, Costa Rica. p. 49-58.



IMPACTO DE LA REFORESTACION

Julio C. Calvo Alvarado ¹

INTRODUCCION

Con la creación de incentivos, políticas y programas de apoyo y fomento de la reforestación a partir de 1979, ésta inicia en Costa Rica una fase comercial acelerada. Desde entonces la reforestación se ha fomentado como una opción de desarrollo para tierras marginales y degradadas, que requieren de su recuperación para un uso productivo más sostenible.

Las oportunidades para la reforestación son muy amplias en Costa Rica dado que 1.734,490 hectáreas del territorio nacional (33.9%) califican con capacidad de uso forestal (CCT, 1993). Una porción sustancial de estas tierras han sido deforestadas para el desarrollo de ganadería extensiva y la agricultura de laderas, con la consecuente degradación de recursos.

Brindar una estimación sobre la extensión de las tierras degradadas es difícil ya que hay divergencia de opiniones en cuanto al concepto mismo y en cómo obtener una valoración del área afectada en el país. A pesar de esto existen algunas estimaciones que sirven de aproximaciones al problema. Dercksen (1991), estimó que para 1984 un 25% (1,274.999 hectáreas has) del territorio nacional presentaba tasas de erosión de moderada a muy severa (> 11 Ton/ha/año). De este estudio se concluye que la mayor parte de esta erosión sucede en las faldas de las cadenas montañosas y con especial relevancia en tierras de topografía accidentada en la vertiente del Pacífico.

Por lo general la principal causa de la erosión es el sobrepastoreo de tierras de capacidad de uso forestal, las cuales representan el 33,9 % del territorio nacional. En estos casos la erosión causa la pérdida de suelo del horizonte O y A, con el consecuente lavado de sus bases y materia orgánica. Como resultado de este proceso se termina con suelos más ácidos, compactados y arcillosos que lo que originalmente eran. Este tipo de tierras se presentan tanto en fincas grandes como pequeñas, y en ambos casos, por

¹ Director Ejecutivo del Centro Científico Tropical, Investigador Principal "Reforestación con especies nativas en la Zona Sur OET-AID-ITCR-DUKE" y "Ensayos forestales de Estación La Selva OET".



los bajos precios de la carne y la baja productividad de la tierra, muchos propietarios han recurrido a la reforestación o al abandono de potreros.

Según estudios cartográficos a escala 1:50,000 del CCT (1993) las siguientes son las limitaciones más sobresalientes de las tierras con capacidad de uso forestales: Exceso de neblina 275.625,8 has, zonas pluviales 104.637,0 has, vientos fuertes 90.881,85 has, déficit hídrico fuerte 76.232,22 has, textura pesada y baja fertilidad 485.031,53 has. Otros factores no cuantificados pero comunes son mal drenaje, riesgo de inundación, pedregosidad.

ESTADO DE LA REFORESTACION EN COSTA RICA

Flores (1985) estimó que entre 1980 y 1998 se debía plantar 37,000 has/año de plantaciones forestales a efectos de evitar la importación de madera a finales de siglo. Hasta 1996 se han reforestado más de 150.000 has (III Congreso Forestal Nacional, 1997). En adición al área reforestada la Compañía Ston Forestal ya ha plantado más de 12.000 has en la zona sur del país con la especie ***Gmelina arborea***. Consecuentemente y en consideración de todos estos esfuerzos, el área plantada apenas representa un 44% del área señalada por los expertos.

De toda el área reforestada una tercera parte se realiza con la especie Melina arborea, la cual sin duda posee muchas ventajas comerciales y silviculturales (III Congreso Forestal Nacional, 1997). Sobresale el hecho de que a pesar de contar con poca información de adaptabilidad y crecimiento se emplean casi cien especies nativas en la reforestación que representan el 8% de área plantada. Aunque desde el punto de vista ambiental esta situación es muy deseable, es a la vez preocupante, ya que revela un desarrollo desligado de un proceso de domesticación que garantice información básica para la toma de decisiones. Como excepciones a este proceso se encuentran las especies: ***Alnus acuminata*, *Cordia alliodora*, *Terminalia amazonia*, *Bombacopsis quinatum*, *Hyeronima oblonga*, *Vochysia ferruginea*, *Vochysia guatemalensis***. Solo las especies ***laurel*, *pochote* y *jaul*** cubren más del 24% del área reforestada.



No toda el área reforestada se debe asumir como efectivamente plantada dado que por incendios, plagas, enfermedades y mal manejo se ha perdido áreas significativas. Solo entre 1988 y 1993 se perdieron por incendios 5834 has, la mayoría en Guanacaste (III Congreso Forestal Nacional, 1997). Una evaluación realizada en 1994 al programa del Fondo de Desarrollo Forestal (Martínez *et al.* 1994) indicó que el 16% de las áreas reforestadas se encontraban en buen estado, un 61.7% en estado regular y un 21.5% en mal estado, asimismo en el 13% de los casos hubo mala selección de la especie. Además un diagnóstico industrial de las plantaciones forestales del mismo programa (Torres, *et al.* 1995) indica que las plantaciones tienen mal manejo por falta de raleos/podas oportunas y se han empleado semillas de mala calidad genética, lo cual disminuye el potencial industrial de estas plantaciones por problemas severos de mala forma.

EFFECTOS POSITIVOS DE LA REFORESTACION

Las plantaciones forestales generan beneficios sociales, económicos y ambientales. Según de Camino y Budowski (1993) los más sobresalientes son: 1) abastecen de productos forestales tanto para el mercado nacional como internacional, 2) recuperan suelos degradados por reciclaje de nutrientes y mejorando las propiedades físicas, 3) reducen la erosión y tasas de sedimentación, 4) regulan el flujo y mantienen la calidad del agua de las cuencas hidrográficas, 5) protegen áreas agropecuarias contra el viento y la erosión eólica, 6) son efectivas en la estabilización de laderas, costas, riberas y dunas, 7) la reforestación es una forma de amortiguar el efecto de invernadero al secuestrar dióxido de carbono y modificar el albedo de la superficie y 8) sirve de habitat para la vida silvestre.

Algunos de los beneficios de la reforestación que comúnmente se reclaman son conjeturas erróneas (Hamilton, 1985). Por ejemplo se ha indicado que la reforestación aumenta: la lluvia, los flujos de agua en ojos de agua y los niveles de agua subterránea, además ayudan a disminuir las inundaciones. Ninguna de estas suposiciones populares ha sido demostrada en investigaciones con microcuencas controladas en la zona templada y tropical. Por lo contrario todos los estudios señalan que la cobertura forestal (natural o artificial) reduce, significativamente y comparativamente a otros usos de la tierra, la



disponibilidad de agua por efecto de altas tasas de intercepción de lluvia y evapotranspiración. Con respecto al aumento de lluvia no hay evidencia probada excepto en aquellos casos donde puede existir captura de neblina por parte del follaje (aunque el debate es extenso en este tema, sobre todo en las cuencas de continentales como el Amazonas). En lo que se refiere a control de inundaciones se ha demostrado que la cobertura forestal suaviza los hidrogramas, pero muy difícilmente contenga los efectos de lluvias asociadas a huracanes y temporales fuertes que por lo general son las causas de las inundaciones devastadoras.

EFFECTOS NEGATIVOS DE LA REFORESTACION.

Muchas de las críticas a las plantaciones forestales surgen cuando se hacen comparaciones con los Bosques Naturales. Estas comparaciones son tendenciosas ya que lo justo es comparar al uso anterior de unidad de tierra, el cual por lo general son potreros abandonados y degradados (de Camino y Budowski, 1993). Otros aspectos negativos que estos autores señalan son:

- 1) Uso excesivo de exóticas. En el caso de Costa Rica la reforestación se ha realizado con un 68% de exóticas, un 24% de especies nativas semidomesticadas y un 8% con casi 100 especies nativas sin información técnica aceptable (III Congreso Forestal Nacional, 1997). Por lo tanto, debe indicarse que el porcentaje de uso de exóticas es muy inferior al del resto de países tropicales (> 85%, Evans, 1982). El uso de exóticas y nativas es igualmente riesgoso si no se cuenta con adecuada información técnica. En algunas situaciones especiales las nativas pueden superar a las mejores exóticas en suelos degradados (Butterfield, 1995, 1994), pero por lo general las exóticas pueden adaptarse y crecer mejor que las nativas en suelos de calidad media.
- 2) Las plantaciones son monocultivos. Por este hecho se aumenta el riesgo de plagas, enfermedades, erosión, secan el suelo y aumentan los riesgos de incendios forestales. Estas implicaciones corren tanto para exóticas como nativas. Las implicaciones de erosión se debe a manejo de densidad y selección de especies en función al sitio. El riesgo de incendios corre también para bosques naturales en zonas secas. Con



respecto a que las plantaciones secan el suelo, debe indicarse que todas las plantas ejercen este efecto y la magnitud del efecto está en función a la biomasa y sistema radical, por lo cual es lógico que bosques naturales y las plantaciones utilicen más agua que el pasto y algunos cultivos agrícolas. La reforestación y el manejo del bosque natural en zonas desérticas y/o muy secas ciertamente deben cuestionarse si hay problemas de abastecimiento de agua.

- 3) Las plantaciones agotan los suelos. La cosecha de cualquier cultivo implica la exportación de nutrimentos del suelo y por tanto a mediano y largo plazo el agotamiento de sus reservas. En el caso de las plantaciones se ha demostrado que el aprovechamiento de la madera representa una porción pequeña de nutrimentos, y que en algunos sitios después del tercer turno puede haber una disminución de la productividad. De todas maneras se deben enfatizar los siguientes aspectos: **primero**, los efectos de restauración de la reforestación de un sitio degradado exceden en mucho el estado de cosas de un potrero compactado y en proceso de erosión; **segundo**, se debe señalar que en las plantaciones comerciales con turnos cortos la reposición de nutrimentos por fertilización, es una alternativa de manejo común, al igual que los cultivos agrícolas comerciales; y **tercero**, en Costa Rica se han reportado cambios positivos en las características físicas y químicas de suelos degradados después de la reforestación con exóticas y nativas (Zeaser, D. 1994; Montagnini, F. y Sancho, F. 1990; Fisher, D.).
- 4) Las Plantaciones forestales son desiertos biológicos. Una plantación nunca se establece en sustitución de un bosque natural, el cual simplemente es irremplazable desde el punto de vista ecológico. Las plantaciones se deben establecer en sitios desprovistos de cobertura forestal, idealmente en potreros degradados y abandonados con capacidad de uso forestal. En estos casos las plantaciones forestales, en contraste con los monocultivos agrícolas, enriquecen notablemente el habitat de la vida silvestre y la biodiversidad. Actualmente algunos proyectos de reforestación y de investigación han incurrido en el desarrollo de plantaciones mixtas con lo cual se aumenta aun más el potencial ecológico y económico de la reforestación (Montagnini *et al.* 1995; de Camino y Budowski, 1993).



TENDENCIAS FUTURAS

El III Congreso Forestal Nacional concluyó que para satisfacer las necesidades nacionales y aprovechar las oportunidades comerciales de Costa Rica se debe ambicionar un sector forestal industrial basado más en plantaciones forestales. Se estableció como meta mantener una tasa de reforestación cercana a 17,000 has/año, emplear las especies que cuentan con paquetes tecnológicos probados y que permitan beneficiarse de los resultados del mejoramiento genético y la tecnología de multiplicación clonal. La reforestación día con día será una actividad productiva financiada y no subsidiada con incentivos. Consecuentemente la investigación debe planificarse para acelerar la obtención de sus resultados oportunos y de impacto.

Conclusiones

Investigaciones realizadas en el trópico y en Costa Rica han demostrado que la reforestación genera beneficios ambientales, sociales y económicos. Muchos de los beneficios y desventajas ambientales de las plantaciones también se fundamentan en conjeturas erróneas y críticas tendenciosas. Algunos de los problemas que aún prevalecen encontrarán solución a través de la investigación y la extensión. Las empresas y organismos que desarrollan la reforestación deben apoyar el proceso investigación que se realiza dentro del país.

Costa Rica cuenta hoy día con un recurso forestal derivado de plantaciones forestales. Aunque la calidad de estas es cuestionable en alguna proporción, es de reconocer que ya atisbamos la presencia de un sector industrial y una cultura forestal nacional, la cual sin duda alguna traerá consigo un mejor uso de la tierras de vocación forestal, hoy día ocupadas por usos que provocan su degradación.

Como la silvicultura de plantaciones es una actividad de largo plazo en relación con cualquier actividad agropecuaria, es necesario que las políticas de gobierno sigan esquemas consistentes y apegados en lo posible a las recomendaciones técnicas originadas de procesos de investigación.



Bibliografía

- Barrow, C. 1991. Land Degradation: Development and Breakdown of terrestrial environments. Cambridge University Press. New York. 295 p.
- Butterfield, R. 1995. Promoting biodiversity: advances in evaluating native species for reforestation. *Forest Ecology and Management*. (75) p. 111-121.
- Butterfield, R. and Fisher, R. 1994. Untapped Potential. Native species for reforestation. *Journal of Forestry*, Vol. 92. No.6. 37-40.
- Calvo, J. 1996. La reforestación como opción para tierras degradadas. En: X Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. Volumen I. pp 137-140. EUNED/EUNA. pp 137-140
- CCT. 1993. Informe sobre el mapa de capacidad de uso de la tierras forestales de Costa Rica, Escala 1:50,000. Centro Científico Tropical - Fundación Neotrópica. San José Costa Rica. 50 p.
- III Congreso Forestal Nacional. 1997. Perspectivas para el desarrollo forestal, Costa Rica 2020. Documento borrador para la discusión. Agosto 27-29, 1997. Hotel Coribicí-San José Costa Rica. 70 p.
- de Camino, R. y Budowski, G. 1993. Impacto ambiental de las plantaciones forestales y medidas correctivas de carácter silvicultural. In. I Conferencia Panamericana de Silvicultura. Curitiba, Brazil. Set. 1993. 18 p.
- Dercksen, P. 1991. A soil erosion mapping exercise in Costa Rica, purposes, methodology and results. En: Memoria del Taller de Erosión de Suelos (Varhrson, W; Alfaro, M; y Palacios, G ,). Escuela de Ciencias Geográficas Universidad Nacional-Proyecto MADE. 22-24 de Julio, 1994. Universidad Nacional. 164-169.
- Evans, J. 1982. *Plantations Forestry in the Tropics*. Clarendon Press, Oxford, England. 472 p.
- Fisher, R.____. Amelioration of degraded rain forest soils by plantations of native trees. Department of Forest Sciences. Texas A&M University. 15 p.



- Flores R. J. 1985. Diagnóstico del sector industrial forestal. San José, Costa Rica. Editorial Universidad Estatal a Distancia.
- Hamilton, L. 1985. Overcoming myths about soil and water impacts of tropical forest land uses. In. S.A. El-Swaify, W.C. Moldenhaner and Andrew Lo (eds). Soil Erosion and Conservation. Iowa. Soil Conservation Society of America. p. 680-90.
- Martínez, H.; Sage, L.; Borge, C.; Picado, W.;.1994. Evaluación técnica externa del FDF. Programa de Desarrollo Forestal Campesino DGF-DECAFOR. San José, Costa Rica. 121 p.
- Montagnini, F., González, E., Porras, C and Rheingans, R. 1995. Mixed and pure forest plantations in the humid neotropics: a comparison of early growth, pest damage and establishment costs. Commonwealth Forestry Review 74(4). p. 306-314.
- Montagnini, F. and Sancho, F. 1990. Impact of native trees on tropical soils: A study in the Atlantic Lowlands of Costa Rica. Ambio 19 (8). p 386-389.
- Torres, G; Luján, R y Pineda, M. 1995. Diagnóstico técnico del proceso de producción forestal en plantaciones de pequeña escala en Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica-Convenio Bilateral de Desarrollo Sostenible Costa Rica-Holanda. 105 p.
- World Resources Institute, 1991. Accounts Overdue: Natural Resources depreciation in Costa Rica. WRI-Tropical Science Center. Washington. 110 p.
- Zeaser, D. 1994. Los impactos ecológicos de plantaciones de melina, *Gmelina arborea*. Forestales Asociados S.A. Costa Rica. 15 p.



¿ SON LAS PLANTACIONES FORESTALES UN NEGOCIO RENTABLE?

Ronnie de Camino V¹.

INTRODUCCION

Los medios forestales de Costa Rica, impulsados por las políticas de incentivos y por sistemas de financiamiento externo, han cifrado esperanzas en las plantaciones forestales como un uso rentable de la tierra y competitivo con otros usos, como la ganadería o la agricultura. Es importante definir de qué estamos hablando, para lo cual daremos algunas cifras:

- Costa Rica tenía a fines de 1995 un total de 139.166 ha.⁽²⁾.
- La reforestación en 1996 fue de 12.541 ha. y el total para ese año de 151.707 ha⁽³⁾.
- El promedio anual de reforestación desde 1979 a la fecha ha sido de 8.428 ha./año.
- Entre 1979 y 1988 se plantaron en promedio 2.684 ha./año.
- Entre 1989 y 1996 se plantaron en promedio 15.608 ha/año⁽⁴⁾.

Se han plantado al menos 15 especies diferentes. Las principales de ellas con sus porcentajes, hasta 1995, son:

Gmelina	34.00 %
Pochote	14.60 %
Laurel	12.24 %
Teca	10.51 %
Deglupta	6.97 %
Otras	21.68 %

1 Presidente RNT. Recursos Naturales Tropicales S.A., Director Forestal Precious Woods Ltda., Profesor UPAZ, Profesor Invitado ITCR, Miembro de la Junta Directiva de CIFOR y de TROPENBOS, Miembro del Comité Asesor de la Selva, OTS, Miembro del Comité Asesor Regional de WWF.

2 MINAE.1996. Información Estadística Relevante sobre el Sector Forestal. 1972-1995. Sistema Nacional de Áreas de Conservación. San José.

3 Toumasjukka, T. 1996. Estado del Sector Forestal Centroamericano. UICN, CCAD, CCAB/AP. San José. Costa Rica.

4 en MINAE. 1996.op.cit están las últimas estadísticas forestales del país. En el medio regional es una verdadera hazaña contar con estadísticas actualizadas del sector que permiten hacer muchos análisis a partir de ellas.



Algunos hechos que es necesario destacar:

- A partir de 1989 los ritmos de reforestación se han consolidado.
- La reforestación en Costa Rica ha sido más diversificada que en muchos otros países, en los cuales se ha recurrido predominantemente a una o dos especies.
- Del total hasta 1995, un 51.23 % de la superficie fue plantada con especies valiosas o especies finas. La mayoría de las otras especies se pueden considerar especies industriales o semi-industriales.
- Un 88.45 % de la superficie ha sido plantada con incentivos fiscales de diferente naturaleza que han estado vigentes a partir de 1979.
- Sólo un 11.55% de las plantaciones han sido hechas con fondos propios, incluidos inversionistas extranjeros a través de la venta de proyectos de reforestación y creación de empresas forestales por acciones, que se ofrecen en los mercados externos de capital, especialmente en Europa.
- No se dispone de estadísticas sobre el número de plantadores y sus superficies promedio, pero hay un gran número de plantadores pequeños.

LOS MITOS, LAS REALIDADES Y LAS POSIBILIDADES CON LAS PLANTACIONES FORESTALES

La pregunta que cabe hacerse es: ¿Son las plantaciones forestales un negocio rentable? Se trata de un tema que actualmente está en la mente de todos. Nos referiremos brevemente, sólo con la intención de motivar el debate, a varios temas a nuestro juicio centrales:

Se presentan a continuación sin pretender agotarlos, algunos elementos de la discusión relativa a las plantaciones forestales en Costa Rica. Se trata de individualizar lo que podríamos considerar un mito, compararlo con lo que sabemos o estimamos será la realidad y mencionaremos algunas estrategias para acercar el mito a la realidad.



Como toda actividad forestal “ nueva” , se parte con muchas incógnitas, pero también con sentido común silvicultural y económico. Las primeras políticas y proyectos se desarrollan con un grado alto de incertidumbre, la que con el transcurso del tiempo disminuye a medida que se entra en una curva de aprendizaje y que la investigación da resultados.

Algunas de las incógnitas iniciales son por ejemplo:

- Los costos de reforestación , manejo silvicultural y el financiamiento.
- La silvicultura de las especies, los métodos de establecimiento , las densidades de plantación, los regímenes de podas y raleos.
- El crecimiento de las plantaciones y la composición del crecimiento en productos y calidades.
- Como consecuencia de lo anterior, la edad de rotación de las especies en las condiciones de sitios disponibles en Costa Rica .
- El tamaño de los mercados, si se tiene en cuenta que en todos los países del mundo se planta cada vez más y que por lo tanto la oferta de madera de plantaciones es creciente.
- Los precios actuales y futuros de la madera de diferentes especies en los mercados internacionales.
- La industrialización de la madera y las estrategias que las diferentes empresas piensan seguir en el futuro.
- Los impactos ambientales de las plantaciones, en general.

Los temas se presentan bajo la estructura de tablas que identifican los mitos que se han construido, cual es la realidad y propuestas de posibilidad de acercar el mito a la realidad para mejorar la factibilidad de las plantaciones en el país.



2.1.- COSTOS Y FINANCIAMIENTO

MITO	REALIDAD	POSIBILIDAD
La rentabilidad de las plantaciones forestales es muy alta, de manera que su cultivo soporta sin dificultades altos costos de administración local, administración internacional y costos de atracción de capital.	No se sabe aún cuál es la rentabilidad de los proyectos de plantaciones, pues tanto los precios como los rendimientos son propuestas o supuestos que deben aún comprobarse a medida que las plantaciones maduran.	Tratar de tener estructuras administrativas nacionales e internacionales sencillas, con costos razonables que impidan gastar por anticipado posibles utilidades futuras. Un nivel de costos administrativos y overhead razonables, no debería pasar del 20% de los costos totales.
Los costos de plantación están bajo control y son muy similares para la mayoría de las especies y los precios son suficientemente altos. Por lo tanto, los márgenes de beneficio son más altos	Con las especies corrientes el objetivo de plantación es masa. Por ejemplo, las astillas de Gmelina se pueden considerar casi un "commodity", con precios internacionales y márgenes muy bajos de utilidad. Sin embargo, en Costa Rica no hay mercado para ese "commodity". Tampoco existen las facilidades industriales para su transformación. Con las especies finas o preciosas, por ejemplo Teca, Caoba, Cedro, el objetivo de una plantación por lo tanto no es masa, sino el máximo volumen de la mejor calidad. Ello implica por lo tanto, costos adicionales, como precio de la tierra, de la mejor calidad posible, selección de semillas, manejo forestal, representado por raleos y podas, vigilancia para evitar plagas e incendios y enfrentar contingencias. Los costos de plantación son bastante conocidos, pero los costos de manejo, podas y raleos no lo son tanto, pues el sistema está en sus primeros años de funcionamiento.	Con las especies corrientes, hay que tratar de encontrar mercados para fibras y tener las facilidades de procesamiento locales, e incluso en último término, autorizar la exportación de madera redonda para activar el mercado. En algunos casos no basta con tener industrias que puedan procesar diámetros menores, pues el problema está en la calidad de la madera. Es necesario racionalizar los costos y operar con una economía de plantaciones, con criterio de escasez. Buscar estructuras de escala y organizativas que permitan racionalizar costos. Los propietarios deben actuar más unidos para resolver en forma conjunta problemas comunes y no jugar a los misteriosos ni pensar que todas sus actividades son secreto empresarial



2.2.- LA SILVICULTURA

MITO	REALIDAD	POSIBILIDAD
La Silvicultura de las especies, tanto nativas como exóticas, más frecuentes de plantación en Costa Rica es conocida o bien es transferible desde sus lugares de origen. Las especies nativas son de lento crecimiento y por lo tanto no son tan atractivas para plantación	La conducta de crecimiento de muchas especies exóticas plantadas en el país es diferente a sus sitios de origen. En Centroamérica, muchas especies tienen tasas más altas de crecimiento, pero su culminación es más temprana. Por ello, muchos elementos del manejo forestal como densidad de plantación, regímenes de poda y raleo, edad de rotación, diferirán. En la mayoría de las especies, aún no hay plantaciones manejadas de suficiente edad e incluso más de una rotación bajo manejo, como para poder establecer criterios definitivos para el manejo forestal. También es claro, que la conducta de las especies en bosques naturales, muchas veces irregulares (J invertida), es diferente a plantaciones coetáneas (campana de Gauss), de manera que el manejo sólo puede, parcialmente, deducirse de los estudios en los bosques naturales. Este comentario aplica para especies como Pochote, Teca, Caoba, Cedro, etc. Las especies nativas destruyen el mito de su lento crecimiento y la experiencia que se acumula muestra crecimientos muy aceptables en especies como Pílon, Almendro, Cocobolo, Ron-Ron, etc.	Llevar el manejo forestal a la más alta calidad posible y empezar con la selección del sitio, la selección del material vegetativo, la preparación del terreno, el cuidado de las plantaciones, la intensidad y calidad del manejo forestal, es la manera de producir madera de la más alta calidad posible dentro de las posibilidades que brindan los sitios y las especies en la región. Intensificar la investigación. Proyectos como MADELEÑA, del CATIE, y del proyecto TREES de OTS, aportaron mucho al conocimiento de múltiples especies. Falta todavía, investigación con especies nativas que muchos proyectos han adelantando.



2.3.- EL CRECIMIENTO

MITO	REALIDAD	POSIBILIDAD
Se pretende, en muchos proyectos, lograr crecimientos muy altos, con todas las especies, con mínimos de 15 m³/ha/año y máximos de hasta 60 y 70 m³/ha/año. Los crecimientos futuros, en muchos casos, se basan en la proyección del crecimiento inicial en plantaciones jóvenes.	La realidad mundial, muestra crecimientos medios, menores a los que muchos proyectos pretenden. La mayoría de los proyectos han impulsado crecimientos altos a edades muy tempranas y por lo tanto con diámetros que no permiten una utilización muy eficiente. Excepto con las especies productoras de fibras y astillas, no sólo es importante el crecimiento, sino los diámetros y la calidad de la madera. Nos hemos adelantado a hacer muchas especulaciones, cuando aún no hay información de plantaciones manejadas de mayor edad que permita hacer tablas de rendimiento por hectárea con real capacidad de predicción. Las indicaciones preliminares con la mayoría de las especies señalan que en Centroamérica se podrían esperar tasas iniciales de crecimiento altas, pero una culminación más temprana del IMA.	Hacer esfuerzos de investigación en fertilización, preparación del suelo, técnicas de micro-propagación, mejoramiento genético, tratamientos silviculturales, que permitan mejorar los crecimientos y la calidad de la madera. Desarrollar modelos de crecimiento que combinen los resultados de mediciones en parcelas de crecimiento con los resultados de mediciones y modelos de crecimiento en otros lugares donde se cultivan las especies: Caoba en Puerto Rico, Teca en Indonesia y Trinidad, Pochote en Colombia y Venezuela, Pino Caribe en Venezuela, pero dejar de usar modelos basados en la simple proyección de los crecimientos de plantaciones jóvenes. Las tablas de rendimiento en Europa y EE.UU. siempre se han basado en mediciones reales a diferentes edades y no en proyecciones.



2.4 LA EDAD DE ROTACION

MITO	REALIDAD	POSIBILIDAD
Muchos de los proyectos que existen hoy, están basados en una edad de rotación demasiado baja, como 6 años para Gmelina, 20 años para Teca, 20 años para Laurel y Pochote, 15 años para <i>Eucalipto Deglupta</i>, en parte a que asumen tasas de crecimiento muy altas para la especie. Se asume además que con esas tasas tan bajas de rotación, los productos serán de la misma calidad que los de bosques naturales o de la madera producida en sus lugares de origen. Además, con esos bosques jóvenes, y por lo tanto diámetros pequeños, se asumen coeficientes de utilización muy altos.	La DGF⁽⁶⁾ presenta cifras mucho más realistas de rotación, que deberían ser tomadas en cuenta en la planificación de plantaciones. Cifras de 12 a 14 años en Gmelina (si no es sólo para astillas), de 40 años para Teca y 30 años para Pochote son mucho más realistas. Si las cosas son mejores, se pueden cambiar las estimaciones, pero con base a la experiencia cierta y no a especulaciones. Es importante destacar que la edad de rotación no depende sólo de consideraciones biofísicas, sino que del valor del producto final.	Para no prestarse a equivocaciones que pueden llevar a presiones innecesarias de tener que ser rentable en plazos imposibles, los proyectos deben ajustarse más a las cifras de la DGF y de experiencias concretas. La edad de rotación definitiva dependerá para cada especie de los crecimientos y los precios medios que se obtengan por el producto final.



2.5 EL TAMAÑO DE LOS MERCADOS

MITO	REALIDAD	POSIBILIDAD
Los proyectos de reforestación que están en desarrollo no hacen mayores consideraciones sobre el tamaño del mercado doméstico e internacional para las maderas. Parten del supuesto que el mercado es ilimitado, o bien que para el proyecto en particular, hay suficiente mercado.	Baste un ejemplo: El caso de la Teca. En Asia, hay 28 millones de has. de bosques naturales de Teca y 1.5 millones de has. de plantaciones. Además, en casi todos los países de América Tropical y en algunos países de África se hacen plantaciones, algunas de ellas de considerable superficie. En Brasil, se empiezan a ejecutar proyectos de reforestación de Teca a una escala bastante grande, en condiciones favorables de costo y rendimiento. En Colombia, hay dos o tres empresas grandes que tienen plantaciones de Pochote en escala razonables, desde mediados de los años 70. Ya juntan varios miles de Ha., con buen manejo forestal e incluso con material vegetativo mejorado de segunda generación. Se puede esperar por lo tanto una creciente competencia entre los productores de madera de diferentes especies, en los próximos años y concretamente a partir de fines del próximo decenio. Varios de los países de Centroamérica tienen costos de establecimiento y manejo considerablemente menores que Costa Rica.	Los reforestadores de Costa Rica deberían emprender muchas actividades conjuntas, y como grupo organizado bajar costos. La competencia no debe plantearse entre reforestadores dentro del país, sino que con los productores de madera de plantaciones fuera del país y fuera de la región. Costa Rica debe actuar, como país en los mercados internacionales, con una estrategia nacional, y no como productores individuales, con el objeto de bajar costos de comercialización. La Certificación de buen manejo forestal puede ayudar a posicionarse en los mercados de exportación. La estrategia puede ser tratar de integrarse verticalmente y llegar a la producción a nivel del consumidor, con productos como pisos, puertas, muebles y similares



2.6.- LOS PRECIOS

MITO	REALIDAD	POSIBILIDAD
Tomemos algunos ejemplos: - Los cálculos iniciales de los productores de madera de Gmelina suponían el precio de las tarimas en US\$ 14 por unidad. - Los cálculos de proyectos de Teca a veces asumen precios de la madera aserrada superiores a los US\$ 2000/m3 para todo el volumen cosechable. - El crecimiento de los precios en el futuro se estima en tasas de hasta 3% a tasa compuesta.	El precio actual de las tarimas de madera de Gmelina es de US\$ 7 por unidad. El precio actual de la madera de Teca de primera calidad fluctúa entre US\$ 1200 y US\$ 3000 según provenga de madera de plantaciones de Asia o de bosques naturales respectivamente. Los precios por madera aserrada de calidades inferiores está entre US\$ 400 y 600 por m3. En cuanto a la demanda, sin políticas especiales, la tasa de crecimiento de la demanda podría estar en el 1% y la tasa de crecimiento de los precios puede estar alrededor de 1% a tasa simple. Sin embargo, se necesitan estadísticas diferenciadas sobre el consumo, los precios y sus tendencias, nacionales e internacionales.	Integración vertical de la producción para lograr aumentos de precios sobre-proporcionales a la inversión adicional y a los costos adicionales de mayor procesamiento. Madera procesada de Pino insigne, en Chile, permite rentabilidades superiores en un 61% a las de la madera sin procesar. La madera procesada de Teca de primera calidad en dimensiones de 1/4" x 3 1/2" x 24" puede alcanzar precios por m3 que van desde 8 a 13.000 US\$ /m3 en los almacenes distribuidores mayoristas. Hay que tratar de llegar al consumidor y evitar los intermediarios. Integración horizontal de productores para mejorar el poder de negociación y bajar los costos de comercialización. Madera de mejor calidad a través de manejo forestal. Un m3 de pino insigne, de Chile, de árboles podados tiene el doble de precio que un m3 de bosques sin manejo. Certificación de buen manejo forestal.



2.7.- VENTAJAS AMBIENTALES

MITO	REALIDAD	POSIBILIDAD
Una plantación forestal es por principio una mejoría ambiental, pues se da cobertura al suelo y así se evita la erosión, se mantiene la productividad, se fija carbono y se conserva y mejora la calidad del agua	Algunas plantaciones pueden ser ecológicamente muy negativas: - En Chile, a los inicios del decreto ley 703 se cortaron bosques naturales para reemplazarlos por plantaciones de Pino(6). -En Trinidad en pendientes fuertes y con densidades altas la erosión en bosques naturales en condiciones topográficas similares fue de 17 toneladas por ha. contra 152 toneladas por ha. en la plantación de Teca. Plantaciones bien hechas existen y son ambientalmente favorables, sólo que nunca se debe asumir que toda plantación es ambientalmente favorable(7).Una plantación de Teca es ambientalmente favorable cuando se hace bien y con consideración específica al mejoramiento de la calidad ambiental del recursos.	En una plantación bien hecha, la especie corresponde al sitio y por lo tanto no está sujeta a stress y no presenta susceptibilidad a enfermedades. Algunas mejoras en la plantación que son fácilmente logrables: -Nunca reemplazar bosque secundario por plantaciones, sino plantar en suelos forestales con otros usos. Así también el paisaje se diversifica. -Plantar a nivel fajas de otras especies que corten la pendiente y formen con el tiempo y manejo, una terraza natural(fajas de Leucaena con el follaje podado anualmente) - Plantar árboles de flor en linderos de plantaciones, potreros y caminos, así como también árboles frutales nativos. Un promedio de 5 árboles de flor por ha y de tres árboles frutales puede hacer una gran diferencia. -Prohibir la caza en las áreas reforestadas y bosques secundarios adyacentes. -Controlar el uso de productos químicos y cumplir las reglas de disposición de envases y lavado de implementos.

6 Ríos,M. 1992. Desarrollo Sostenible y Reformas Económicas. El Caso de Chile. En: Segura,O. editor. Desarrollo Sostenible y Políticas Económicas en América Latina. DEI y Maestría en Política Económica. UNA. San José. Costa Rica.

7 de Camino , Budowski. 1993. Impactos Ambientales de las Plantaciones Forestales y Medidas Correctivas de Carácter Silvicultural.



UN INTENTO DE RESPUESTA

Las Plantaciones Forestales no son rentables, sería una respuesta válida bajo determinadas circunstancias. Las Plantaciones Forestales son altamente rentables, sería otra respuesta válida. Ambas respuestas se refieren a circunstancias particulares, en sitios específicos, con costos y precios determinados para las circunstancias, en un ambiente de políticas particulares. Se debe dar, por lo tanto, una respuesta de economista a la pregunta;

¿Son rentables las plantaciones forestales? Esa respuesta es: depende, que es otra manera de decir, que la rentabilidad es una función dependiente de muchas variables y de muchas funciones.

Un juego de ecuaciones que podría explicar la gran variedad de respuestas es el siguiente:

$$\text{COEFRENT} = F (\text{ACMERC}, \text{PRECIO}, \text{IMA}, \text{EROTAC}, \text{COSTO}, \text{VSERVAMB})$$

$$\text{IMA} = F4 (\text{SP}, \text{SITIO}, \text{QMANFOR})$$

$$\text{EROTAC} = F5 (\text{SITIO}, \text{SP}, \text{PRODOBJ}, \text{QMADERA})$$

$$\text{COSTO} = F6 (\text{POLITICA}, \text{TECNOLOGIA}, \text{IV}\%, \text{IH}\%, \text{ORG})$$

$$\text{PRECIO} = F3 (\text{PRODOBJ}, \text{QMADERA}, \text{IV}\%, \text{QMANFOR})$$

$$\text{ACMERC} = F2 (\text{POLITICA}, \text{IV}\%, \text{IH}\%, \text{VENTCOMP})$$

$$\text{VSERVAMB} = F7 (\text{CANTSERVAMB}, \text{PRECIOSERVAMB})$$

En que:

COEFRENT = Coeficiente de rentabilidad elegido.

ACMERC = Acceso al mercado,

PRECIO = Precio medio de la colección de productos

IMA = Crecimiento medio anual a la edad de rotación,

EROTAC = Edad de rotación,

SP = Especie,



ORG = Tipo de reforestador,

COSTO = Costos del proceso completo,

VSERVAMB = Valor de los servicios ambientales.

POLITICA= Políticas de fomento de las plantaciones y políticas de fomento de los mercados

VENTCOMP = Ventajas competitivas,

IV% = Grado de integración vertical de la producción,

IH% = Grado de integración horizontal de los productores a diferentes niveles,

PRODOBJ = Producto objetivo,

QMADERA = Calidad de la madera, madera fina, madera industrial, etc.

QMANFOR = Calidad del manejo forestal,

SITIO = Calidad del sitio

EROTAC = Edad de rotación,

TECNOLOGIA= Tecnología forestal , de aprovechamiento e industrialización,

CANTSERVAMB = Cantidad de servicios ambientales,

PRECIOSERVAMB = Precio de los servicios ambientales

Como se puede observar es una larga e incompleta lista de variables, que podría ser ampliada por cualquier forestal, propietario de tierras , maderero, industrial o comerciante de productos forestales, para el mercado nacional y/o para las exportaciones. Por ejemplo, no se incluyen el riesgo de plagas y enfermedades, el riesgo de incendios, etc.

Muchas de las cosas a que se hará referencia están de sobra conocidas y sin embargo, continúan como problemas en el negocio de las plantaciones forestales.

Analizaremos brevemente la función de rentabilidad y cada una de las funciones que la explican.



LA FUNCION DE RENTABILIDAD

La función de rentabilidad, podríamos suponerla dependiente del acceso al mercado, del precio, del crecimiento, de la edad de rotación, de la función de costos y del valor de los servicios ambientales.

$$\text{COEFRENT} = F(\text{ACMERC}, \text{PRECIO}, \text{IMA}, \text{EROTAC}, \text{COSTO}, \text{V SERVAMB})$$

Sin embargo, debemos responder a otra pregunta ¿rentabilidad para quién?. COEFRENT es el coeficiente con que se mide la rentabilidad, que será diferente según sea el actor.

Al gobierno por ejemplo, le interesará la tasa interna de retorno (TIR) económica, o el valor neto presente (VNP) económico, medidos sobre el flujo real de bienes y servicios del proyecto de plantación, considerados los costos y beneficios corregidos según sus valores sociales de las distorsiones que tiene el mercado; en este sentido son importantes el efecto empleo y el efecto sobre la balanza comercial. Los flujos reales son los que efectivamente se producen, aún cuando no se transan en el mercado, como efectos sobre la pérdida de suelos, efectos sobre la calidad de las aguas, efectos sobre la biodiversidad y la secuestación de carbono. Cuando el coeficiente de rentabilidad elegido es el VNP económico y éste es mayor que el VNP financiero, que veremos es el que interesa a los privados, el Estado se interesa en dar incentivos para la reforestación, pues la actividad tiene un impacto social importante y hay que estimularla. Podríamos discutir largamente sobre la necesidad o justificación de los incentivos y subsidios, malas palabras en el diccionario de la “nueva ola” de los economistas.

A la gerencia de una empresa, que vende acciones sustentadas en plantaciones forestales, probablemente le interesa ofrecer a sus accionistas la máxima TIR financiera, es decir el máximo retorno sobre el capital invertido, porque los inversionistas quieren rentas más altas que las de inversiones alternativas en el mercado de capitales. A los operadores de una planta de astillas, le interesa, como medida de rentabilidad, no superar un determinado costo por m³/astillas puesto en puerto de destino, que es el precio de las astillas en otros mercados alternativos de abastecimiento.



Un propietario mediano o pequeño, probablemente le interesará tener un flujo de caja positivo lo más rápidamente posible, o acumular un capital a la edad de rotación que le permita retirarse con una cierta renta mensual. Un agricultor pequeño también podrá estar interesado de que su bosque le permita colocar a un salario aceptable, un cierto número de jornadas de trabajo al año, que completen el número de jornadas libres que le quedan de sus labores agrícolas o ganaderas.

En resumen, rentabilidad tiene diferente significado para diferentes actores y eso explica por qué unos invierten y otros no, en una circunstancia determinada. Cada actor tiene objetivos diferentes y objetivos diferentes tienen diferentes expresiones de rentabilidad.

EL SITIO Y LA ROTACION

Hay dos parámetros importantes, biológicos y finalmente económicos que determinan una plantación y su éxito económico, medido por cualquiera de los coeficientes de rentabilidad: el crecimiento y la edad de rotación, es decir el aquí y ahora, el “*hic et nunc*”, el cronotopo de los forestales. Es obvio que una plantación que tiene un mayor crecimiento es más atractiva que una que crece poco y además el hombre en general tiene una preferencia de liquidez alta, es decir, prefiere una cosecha menor ahora que una más alta en el futuro.

Analicemos las variables que determinan el crecimiento y la edad de rotación:

IMA = F4 (SP, SITIO, QMANFOR)

EROTAC = F5 (SITIO, SP,PRODOBJ, QMADERA)

SP, la especie es una variable central. Podemos discutir largo sobre criterios de selección de especies, pero en esto los gustos y preferencias del que decide plantar son determinantes. No todas las decisiones a lo largo y ancho del mundo, para no decir Costa Rica, han sido racionales. Se conocen los requisitos de sitio de la mayoría de las especies más comunes de reforestación y se continúa tomando decisiones erróneas. Sin embargo la selección de la especie está muy ligada a los objetivos del propietario. Quién quiera



dinero pronto, tratará de elegir una especie que crezca rápido y por lo tanto tenga una edad de rotación baja. Hay propietarios que quieren un producto de calidad o un seguro de vida y pueden esperar; en ese caso elegirán la especie de más larga rotación, pero de mejor calidad de madera y probablemente mejor precio en el mercado. Es importante saber que el precio actual en el mercado también influye en la decisión de plantar algo que cosecharemos sólo en 15 a 30 años más.

SITIO, es una variable que integra el suelo, el clima y la topografía. Es obvio que tendremos crecimientos más altos en sitios buenos. Si se busca un lugar para plantar, tendremos que buscar el mejor sitio posible para la especie. La selección del sitio, muchas veces es un parámetro y no una variable, es decir disponemos de un sitio determinado en nuestra finca. En ese caso el problema se invierte, tendremos que buscar la mejor especie para el sitio determinado. El sitio es difícil de ser cambiado; el clima es incambiable, la topografía solo puede ser limitadamente cambiada a través de terrazas o plantaciones a nivel, el suelo puede ser cambiado temporalmente a través de preparación del terreno y de fertilización. Cambiar el suelo en forma permanente significaría fertilización cada año y en cantidades crecientes, lo que representa un costo directo y carga financiera altos.

QMANFOR, la calidad del manejo forestal también puede afectar al sitio. Si el manejo es bueno y especialmente si regula la densidad a través de raleos y las podas se hacen a un límite de altura que no afecta significativamente la capacidad de fotosíntesis de los árboles, el sitio puede ser aprovechado al máximo. Lo contrario sin embargo es frecuente. Los raleos, debido a su costo, se retrasan y la densidad no sólo es alta, que afecta las dimensiones de los árboles, sino que incluso puede estar más allá de la capacidad del sitio y algunos árboles se mueren. Por otra parte, densidades demasiado bajas, pueden desperdiciar parte de la capacidad del sitio. Dentro de la calidad del manejo forestal podemos incluir el material vegetativo, si proviene de semillas de colecciones masivas, o semilla seleccionada de procedencias adecuadas, de material mejorado, de reproducción clonal, etc. Las diferencias de crecimiento que se pueden producir son enormes. Es algo que todavía no está bastante desarrollado, aún cuando hay avances importantes. Esto es algo que puede mejorarse con técnicas de organización, como IH% o el grado de integración horizontal de los propietarios, que les permitiría por ejemplo emprender programas conjuntos de investigación a bajo costo.



EROTAC, depende desde luego de SP y de SITIO, pero también de PRODOBJ el producto objetivo que nos hemos fijado y QMADERA. Cuando en un país ya existe tradición de largo tiempo en plantaciones forestales, no siempre la racionalidad financiera es la que se impone (eso del homo economicus es un hombre virtual que existe en la mente de los economistas) y la rotación se determina por el producto que queremos. Hay muchas especies que tienen madera de mucho mejor calidad a rotaciones mayores, cuando los crecimientos han disminuido substancialmente. Aún cuando el precio de la mayor calidad es más alto, el costo financiero de espera es mayor que el aumento de precio y sin embargo se toma la decisión de una alta rotación. Lo mismo sucede al revés. Si mi producto objetivo es madera industrial, a veces corto a una edad temprana, aún cuando el precio mayor de esperar un tiempo puede compensar financieramente. Podría ser el caso de **Gmelina** o Pino para pulpa o para madera aserrada. A veces se producen otros fenómenos, como dedicar una especie que es para madera industrial como producto principal, como **Gmelina**, a la producción de madera aserrada o estibas de madera. El resultado puede ser transitoriamente positivo por escasez transitoria de otras especies o para un mercado limitado y un uso particular, pero a mediano, cuando otras especies están disponibles, la demanda disminuye y el precio también. Respecto a QMADERA se producen contradicciones serias. Por ejemplo, pretender plantar Teca, Pochote o Laurel en rotaciones cortas para madera fina. Sin duda se puede producir cualquiera de las especies mencionadas en rotaciones cortas, pero el resultado será una madera de calidad pobre, bajo coeficiente de utilización en el aserradero y un precio menor.

LOS COSTOS

La función parcial de costos que hemos elegido es:

$$\text{COSTO} = F_6 \text{ (POLITICA, TECNOLOGIA, IV\%, IH\%, ORG)}$$

Quizás una de las primeras variables por considerar es POLITICA. Los costos netos de plantación son diferentes según el ambiente de políticas. En sistemas subsidiados, los costos netos de plantación pueden ser igual a cero o incluso ser menores que cero, puesto que el incentivo es igual o superior al costo efectivo de plantación. El tema de este



documento no son los subsidios, pero en el camino de la reforestación hay de todo, desde subsidios que cubren una proporción de los costos reales y comprometen por lo tanto al propietario en un “joint venture” con el Estado, hasta subsidios que cubren el 100% de los costos efectivos, sin limitaciones⁽⁸⁾. Todos los países, hasta aquellos que hoy son líderes en la estigmatización y demonización de los subsidios, dieron impulso a sus plantaciones forestales con sistemas de incentivos o continúan aún haciéndolo⁽⁹⁾. En este sentido la rentabilidad social o ambiental de la actividad es decisiva, así como también la necesidad de apoyar una actividad con un flujo de caja tan desbalanceado como es la producción de madera de plantaciones.

La Tecnología también tiene una influencia clara en los costos. Sin embargo se puede argumentar en favor de tecnologías intensivas en capital, así como tecnologías intensivas en mano de obra. En los lugares deprimidos económicamente o cuando se trata de reforestaciones pequeñas, con uso de mano de obra familiar y de los vecinos, no hace mucho sentido la mecanización. Por otro lado, en reforestaciones mayores, en zonas fronterizas y cuando no hay disponibilidad abundante de mano de obra, muchas de las faenas de reforestación pueden mecanizarse, especialmente la preparación de la tierra y las limpiezas de mantenimiento. Dentro de la tecnología también entra la producción de plantas y el material genéticamente mejorado. Un buen material de viveros puede ser más caro, especialmente si es material mejorado, pero por otro lado se esperan mayores rendimientos que deben más que compensar los mayores costos. La tecnología de extracción de madera y de industrialización también debe ser tomada en cuenta. Para extracción hay tecnologías apropiadas que han dado buen resultado, como el uso de bueyes y carros sulkys, pero cuando hablamos de la cosecha de 500 ha. por año, posiblemente haya que pensar en sistemas mecanizados, de bajo impacto en los suelos. No importa el nivel de capital de la tecnología, sino de su adaptación a condiciones particulares y su eficiencia en esas condiciones. Muchas veces se produce un problema con las industrias; se requiere un tamaño mínimo para poder operar a costos razonables.

8 García Márquez expresó en algún momento o en algún escrito, que a veces la realidad es más fantástica que la propia fantasía. En los sistemas de incentivos que cubren los costos efectivos existen historias que más corresponden a la literatura de ficción que a la racionalidad técnica o económica.

9 Brasil y Chile crearon su capital de plantaciones forestales principalmente en base a subsidios, al igual que Argentina y Costa Rica. En EE. UU y Europa una gran proporción de las plantaciones fue subsidiada, mientras que la agricultura de Francia e Italia y la pesca en Suecia, son subsidiadas. En EE.UU la producción de etanol como combustible alternativo a la gasolina, también ha estado subsidiada y el senador Dole ha sido uno de los promotores del subsidio.



Lo mismo sucede con el procesamiento de madera y la fabricación de productos terminados. Un pequeño plantador no puede tener aserraderos, plantas de procesamiento, secadores. En este sentido hay dos variables que operan conjuntamente que son IV% e IH%. Para poder tener por ejemplo menores costos de asistencia técnica, es recomendable la integración horizontal, es decir la asociación de reforestadores. Para poder procesar más la madera a cualquier nivel de elaboración, hay que integrarse horizontalmente, para juntar mayores volúmenes a procesar, lo que a su vez posibilita la integración vertical y la adquisición conjunta de industrias, o lograr "joint ventures" con empresas inversionistas que disponen de capital y tecnología. Una buena tecnología puede permitir un mayor coeficiente de utilización madera redonda/ madera aserrada, que tiene una gran influencia en los costos finales, especialmente cuando se trata de maderas finas. Hay todavía una variable que encadena a IV% e IH%, que es ORG, es decir el grado de organización. En foros anteriores y ahora en este foro, he insistido en la necesidad que los propietarios, de todas las condiciones, se unan para fortalecerse. Los propietarios unidos pueden financiar una asistencia técnica que se hace barata y puede ser de alta calidad, se puede financiar investigación, se puede avanzar en la producción hacia productos más cercanos al productor final. Los propietarios organizados pueden hacer propaganda genérica sobre el sector forestal a un menor costo, para promover el consumo de productos forestales y por otra parte para construir una imagen positiva como sector ante la opinión pública.

LOS PRECIOS

La función de precios depende del producto objetivo, de la calidad de la madera, del grado de integración vertical y de la calidad del manejo forestal. La función parcial y tentativa podría expresarse:

$$\text{PRECIO} = F3 \quad (\text{PRODOBJ}, \text{QMADERA}, \text{IV}\%, \text{QMANFOR})$$

El producto objetivo PRODOBJ es de una especie determinada y se orienta hacia un mercado particular. El precio de madera de aserrío de gran dimensión y madera de duramen, será diferente al de pequeña dimensión y con contenidos de albura, aún



dentro de la misma especie(QMADERA). El precio equivalente por m³ de madera simplemente aserrada es diferente al de tablas para piso o para parquet o a la chapilla de maderas finas(IV%). la calidad del manejo forestal QMANFOR tiene también gran influencia en el precio. Por ejemplo precios recientes de madera de Teca son 200 US\$/m³ para madera redonda de más de 20 cm de diámetro, US\$ 600 para madera simplemente aserrada de plantaciones jóvenes de Africa, US\$ 1200 para plantaciones de más de 60 años en Indonesia y US\$ 3000 para madera aserrada en dimensiones grandes, de bosques naturales de Indonesia. La madera procesada de Teca en dimensiones cortas en mercados mayoristas de EE.UU. tiene precios que varían de US\$ 8000 a US\$ 13.000 por m³. Son diferentes productos, diferentes calidades de madera, con diferentes niveles de integración vertical. La influencia del manejo forestal se ve en la poda. En especies finas, la presencia de nudos tiene una gran influencia, que explica por ejemplo variaciones de precio en Teca de 600 a 1200 US\$/m³.

La variable precio puede ser muy precisa, cuando se trata de mercados bien configurados en los que se transan muchas especies, hasta altamente inciertos, cuando el producto aún no existe en el mercado, como es el caso de maderas finas tipo Caoba, Cedro, Teca, Cocobolo procedentes de plantaciones. En esos casos la información no es un dato de transacciones reales, sino un supuesto de precisión desconocido.

ACCESO A LOS MERCADOS

El acceso a los mercados puede expresarse como una función de factores de política, del grado de integración horizontal y vertical y de ventajas competitivas particulares.

$$ACMERC = F2 \quad (POLITICA, IV\%, IH\%, VENTCOMP)$$

Factores políticos importantes (POLITICA) para acceder a los mercados son por ejemplo:

- El fomento estatal a la construcción en general y el consumo de madera en las construcciones,



- Condiciones tributarias especiales a la madera en general, o a la madera de ciertas especies,
- Acuerdos de integración comercial globales, subregionales y regionales,
- Restricciones unilaterales de algunos países al consumo de maderas tropicales,

El Acceso al mercado se logra más fácilmente con la integración horizontal de los productores (IH%), que juntos pueden lograr volúmenes mínimos en mercados grandes o asociados pueden negociar mejor las cantidades y precios. También pueden asumir como grupo a un menor costo una política comercial agresiva. A países como Costa Rica, con producciones más bien modestas, le es más fácil entrar en el mercado como sector forestal que como productores individuales. La integración vertical (IV%), y en especial la producción de bienes especiales, con alto procesamiento, pueden permitir en acceso a mercados nicho, especialmente con maderas finas.

Ventajas competitivas (VENTCOMP) especiales pueden ser por ejemplo la condición de ciertos productores de estar certificados tanto por el buen manejo de sus plantaciones como por la cadena de custodia de sus productos. De esa manera puede abordar mercados bastante estables, a través de los Buyers Groups que ha creado WWF. También es posible con la certificación tener acceso a mercados de instituciones oficiales de los países europeos, como las autoridades portuarias, que por ejemplo en Alemania y Holanda sólo pueden comprar madera tropical si está certificada dentro del sistema del FSC. Esta ventaja competitiva que es de unas pocas empresas, se puede transformar en ventaja del país si el sistema de certificación nacional tiene éxito y se sumaría a otras ventajas competitivas nacionales como la democracia, la paz, la fama de conservación de la naturaleza, etc.

En una circunstancia dada, es posible que exista un volumen de buena calidad y que el precio de mercado sea óptimo. Sin embargo puede ser difícil de vender, porque los compradores tienen pedidos mínimos de volúmenes muy altos que un productor pequeño no puede cumplir.



EL VALOR DE LOS SERVICIOS AMBIENTALES

Una ecuación parcial sería:

$$V_{SERVAMB} = F7 (CANTSERVAMB, PRECIOSERVAMB)$$

El valor de los servicios ambientales ($V_{SERVAMB}$), depende de muchas cosas, pero entre otras de cuales servicios ambientales se producen en una plantación forestal y en qué cantidades ($CANTSERVAMB$). Hay dos maneras de considerar los servicios ambientales:

- Como aportes netos al flujo de bienes y servicios ambientales: el secuestro neto de carbono de una plantación en crecimiento, el mejoramiento de un paisaje para fines turísticos, el aumento de stock de una especie en peligro de extinción (por ejemplo Caoba y Cedro de plantaciones), el aumento del flujo de agua de buena calidad.
- Como daños evitados: disminución de la pérdida de suelos, defensa de obras civiles, disminución de la pérdida de días de generación de energía.

Los proyectos de plantaciones deberían hacer los cálculos de flujos físicos de bienes y servicios ambientales, para tenerlos como valores en reserva para el momento que surjan mercados promisorios.

Es importante desde el punto de vista ambiental, nunca comparar una plantación con un bosque nativo. No es justo ni legítimo hacerlo. Una plantación se debe comparar en la producción de servicios ambientales con los usos alternativos reales, que son la ganadería y la agricultura en suelos forestales.

El otro aspecto fundamental son los precios de los servicios ambientales ($PRECIOSERVAMB$). Se trata aún de mercados emergentes, muy poco transparentes, en que el sentido de la anticipación y la oportunidad juegan un papel fundamental. En estos mercados nacientes es vital ser el primero y en muchos sentidos, Costa Rica ha sido tradicionalmente uno de los primeros. Los precios claves son por el CARBONO secuestrado o en stock, por la Biodiversidad, por el paisaje, por la protección de los suelos, por el agua y la energía que se generan en cuencas que tienen sus vertientes reforestadas. Lo lógico es que con el correr del tiempo se pudieran desarrollar por ejemplo:



- Un sistema de precios transparente y con menores márgenes de especulación por el carbono secuestrado,
- La internalización en los costos de los productos agrícolas, ganaderos, en el agua y la energía de los costos de protección de cuencas, entre ellos la reforestación

ALGUNOS ELEMENTOS FINALES

Se tratará de fijar algunos hechos que aparentemente no son muy controvertidos por lo que se ha aprendido de la experiencia hasta la fecha con las plantaciones forestales.

1. Una plantación bien hecha, en los suelos apropiados para la especie y con los costos medios reales, con supuestos razonables de rendimiento y de rotación, y un producto adecuado a las posibilidades de la especie, es una inversión que por lo general es rentable. Se pueden esperar tasas internas de retorno después de impuestos por sobre el 10%.
2. En general los sistemas no son muy sensibles a los costos de reforestación ni a los costos de cosecha y procesamiento. Aumentos de costo bastante fuertes(incluso costos de procesamiento de la madera) mantienen todavía una rentabilidad a niveles aceptables.
3. Los sistemas son mucho más sensibles a los niveles de los precios de la madera, a las tendencias de los precios a través del tiempo, a las variaciones de los rendimientos del bosque, y al rendimiento de la conversión madera redonda/ producto final. Son además estas variables sobre las que hay menor nivel de conocimiento.
4. La inversión en plantaciones de especies preciosas como Teca(podrían agregarse Pochote, Caoba, Cedro, Cocobolo, Laurel) tiene un mercado en inversionistas que no tienen una alta preferencia de liquidez y que consideran más bien a la plantación como un fondo de pensión, y como herencia a los descendientes. Se trata además, si la plantación es bien hecha, de una inversión verde. Sin embargo, por ser Teca



la especie más conocida en los mercados de madera fina de Europa, es la que más inversiones atrae. Sería importante promover a otras maderas finas, como alternativas de reemplazo.

5. Como atracción verde puede también considerarse, igual que cualquier otra reforestación, como un mecanismo de secuestro de Carbono. Como tal, puede ser una colocación de capital atractiva para inversionistas que además son emisores de CO₂, como plantas de energía térmica o plantas de producción que consumen combustibles fósiles. La inversión en plantaciones es especialmente atractiva para inversionistas europeos y eventualmente para inversionistas de U.S.A. que piensen que a pesar de los resultados desalentadores de la última Cumbre de la Tierra, el país respectivo podría entrar a tomar compromisos sobre cambio climático más pronto y más definitivos. Ese tipo de inversionistas tiene una preferencia de liquidez baja. La inversión en plantaciones opera por una parte como una inversión rentable y además como crédito de carbono, con lo que la rentabilidad total de la inversión crece aún más.
6. Otro mercado posible para plantaciones forestales, lo constituyen los inversionistas institucionales, como las cajas de pensión y las compañías de seguros, interesadas en inversiones a mediano y largo plazo, que permitan mantener el valor de los fondos confiados a ellas. Estos inversionistas son por lo general extranjeros, pero podrían presentarse oportunidades con fondos de seguros y de prestaciones sociales dentro del país.
7. Para los últimos dos tipos de inversionistas mencionados, es vital que los supuestos sean confiables y que el cuidado a las plantaciones sea responsable, para disminuir riesgos derivados de plagas y enfermedades e incendios. La calidad de los suelos, la calidad del mantenimiento y manejo forestal, la calidad del equipo técnico e incluso la certificación pueden servir de atractivo a los inversionistas de este tipo.
8. Hay otros interesados en invertir en plantaciones, se trata de inversionistas con preferencia de liquidez más alta, con menos motivaciones ambientales y aspiraciones de ver retornos sobre su inversión a la mayor brevedad. La atracción a estos inversionistas es la que lleva muchas veces a los proyectos a hacer ofertas de altos



crecimientos, altos precios y cortos períodos de rotación, que lleven a mostrar rentabilidades competitivas con inversiones alternativas. Todos deseáramos que estas expectativas se cumplieran, pero sólo el tiempo y el buen manejo dirán hasta que punto esto es posible. Lo importante es que se trata de inversionistas en negocios en general y no en forestal y se trata tanto de empresas nacionales como extranjeras. Sería interesante el fomento de inversión nacional con capitales procedentes de otros sectores.

9. Como el coeficiente de transformación madera redonda/madera aserrada tiene bastante influencia en la rentabilidad final, son muy importantes los esfuerzos de mejoramiento tecnológico en la fase industrial. Estudios recientes en rendimiento de aserraderos con materia prima de diámetros pequeños muestran rendimientos del 50% en aserrío y 43% en alistado⁽¹⁰⁾. Debemos esperar que con rotaciones mayores, diámetros mayores y esperando un mejoramiento tecnológico razonable, hacia el 2010 se pudieran esperar rendimientos del 60% incluyendo la producción de piezas semielaboradas, que tienen precios substancialmente más altos por m³ que la madera simplemente aserrada, y otros productos de transformación primaria.
10. Los proyectos de reforestación en general se ven enfrentados más bien a problemas de flujo de caja, es decir al mediano a largo período (según la especie) sin flujos positivos, en que las posibilidades de ofrecer utilidades y por lo tanto dividendos a accionistas, son muy distantes. Ello presiona, para atraer capitales a ofrecer rotaciones cortas, altos rendimientos y altos precios, para presentar un cuadro más favorable a menor plazo. Este es un juego peligroso en el que, lamentablemente, han caído muchos proyectos de reforestación.
11. Los proyectos de reforestación no pueden perder la perspectiva en el cálculo financiero de que deben incluir la inversión industrial; es decir hay dos períodos de inversión para un proyecto de plantaciones: i) la formación y crecimiento de la plantación hasta la edad de cosecha parcial o total y ii) la inversión industrial para la producción de madera aserrada y otros productos derivados, o la asociación para la inversión industrial con otros, sea en integración horizontal o en co-inversión. En general, las rentabilidades sobre las que se reporta, consideran al menos la madera

10 Sánchez.1997. Análisis económico de la línea de diámetros menores del Aserradero San Gabriel. Boletín Informativo. Cámara Costarricense Forestal. Año 5, Número 23.



aserrada como producto final (incluso si no se hace la inversión industrial, al menos comprando el servicio de industrialización). La venta de madera en pie o puesta en el aserradero produciría ingresos suficientes sólo en condiciones excepcionales de crecimiento.

12. Empresas que han captado fondos en el extranjero han tenido que enfrentar los problemas mencionados, que si bien en principio presentan expectativas demasiado favorables que efectivamente atraen capitales, a mediano plazo enfrentan problemas de flujo de caja y de pérdida de confianza de los accionistas por no cumplimiento de las ofertas durante el período de adquisición de capital. Este problema incluso afecta la credibilidad del país. Como aún quedan muchas hectáreas por plantar no hay que cerrar puertas a los capitales.
13. Costa Rica tiene ciertas ventajas, al exhibir un conocimiento técnico mayor en plantaciones y cultivos forestales, condiciones económicas y políticas más estables que muchos países de la región y en general que América Tropical. Esa es la principal ventaja competitiva de Costa Rica.
14. Las ventajas podrían incrementarse considerablemente con una estrategia-país, que organice a los plantadores e industriales y los mueva a intercambiar experiencias y conocimientos abiertamente, sin restricciones e incluso que los lleve a enfrentar como grupo los mercados de capital y de productos.
15. Pero no hay que desconocer las ventajas comparativas de los otros países. La tecnología puede comprarse. Las condiciones económicas y políticas más estables de Costa Rica, pueden sin embargo superarse en otros países con precios mucho más bajos de tierras de calidades similares y costos de reforestación substancialmente menores. Si las expectativas de utilidades son mayores, los inversionistas pueden estar dispuestos a correr mayores riesgos e invertir en países con costos menores. Los reforestadores de Costa Rica deben por lo tanto ser proactivos y tomar acciones claras para mantener sus ventajas.
16. Los antecedentes señalados deben tenerse en cuenta al diseñar la estrategia de un proyecto de plantación, a objeto de no tener sorpresas en su posterior desarrollo frente a las promesas a los inversionistas y a los flujos de caja posibles del sistema.



CONSIDERACIONES SOBRE LAS POLITICAS PARA EL DESARROLLO FORESTAL EN COSTA RICA¹

Carlos Pomareda²

INTRODUCCION

El bosque y el sector forestal en Costa Rica han pasado por importantes modificaciones a lo largo del tiempo. Tan importante como ello, son las implicaciones de dichas modificaciones para haber creado condiciones actuales que limitan el transitar hacia un futuro mejor. La situación ahora observada y la trayectoria seguida, son el resultado de decisiones de personas con distintos criterios de valor y/o necesidades de bienes que produce el bosque. Dichas decisiones son a su vez el resultado de políticas y otras fuerzas que crearon el entorno en el que actuaron las personas y las empresas.

El punto de partida para el análisis son algunas definiciones que hacen mas explícito el ámbito del trabajo. En la sección 3 se hace referencia en particular al concepto del bosque, y al sector forestal y a los actores que se relacionan en este conglomerado; así como algunas cifras indicativas de su dimensión y a otros aspectos que revelan sus características básicas.

Las políticas que en el pasado crearon condiciones de entorno han sido muchas y han variado a través del tiempo. Ellas, aunadas a otros factores naturales, y estructurales, así como de los mercados, propiciaron (intencionalmente o no) decisiones de muchos actores. Dichas decisiones han sido las que transformaron el bosque al reducir las áreas, cambiar la calidad, etc. Así mismo, esas políticas han inducido, fomentado o directamente apoyado, el establecimiento de plantaciones forestales e industrias de la madera; o han desincentivado la producción y el comercio internacional de determinado tipo de productos del bosque. Tomar conocimiento sobre la forma en que se dio la interacción

1 El presente artículo es una síntesis del documento elaborado por el autor para el proyecto COSEFORMA/GTZ, titulado, "Políticas para el Desarrollo Forestal de Costa Rica - 1996/2020". San José, Costa Rica 31 de octubre de 1996.

2 Presidente Ejecutivo, Servicios Internacionales para el Desarrollo Empresarial (SIDE S.A.) Apdo # 111-2050 San Pedro, San José, Costa Rica, Tel: (506) 225-9423; Fax: (506) 234-6838



políticas - decisiones - resultados en los últimos años, es de utilidad para sugerir más adelante lo que parece razonable para el futuro.

Este trabajo ofrece también un análisis prospectivo sobre los mercados para los productos del bosque. Las posibilidades para orientar el uso productivo del bosque, dependerán en gran medida de lo que se anticipa que serán los mercados para los productos del bosque, o en la medida que se puedan desarrollar mercados. Costa Rica tiene en sus bosques, particularidades; y en el país en su conjunto, imagen; las cuales combinadas permitirán llegar a nichos de mercado en la población local y en el ámbito internacional, en los que el país puede desarrollar una creciente competitividad.

Las políticas que se definan y se pongan en práctica para orientar el desarrollo del bosque y del sector forestal en Costa Rica, dependerán fundamentalmente de las características buscadas y de la dinámica que se desee proveer a la evolución de dichas características durante los próximos años. Al respecto es esencial generar una visión que ayude a definir la dirección en la que se va a caminar. Aquí se sintetiza esa visión recogida de dirigentes políticos y técnicos. En la última sección del documento se sugieren algunas consideraciones para definir las políticas para el futuro desarrollo forestal en Costa Rica.

MARCO DE REFERENCIA PARA RECONOCER EL SECTOR FORESTAL

El Sector forestal se refiere al conjunto de actores que habitan y/o usufructan directamente del bosque; los que desarrollan actividades de producción y/o transformación, a partir de productos del bosque y de las plantaciones forestales; los que convierten el bosque en tierras para otros usos y quienes preservan el bosque. Aunque es necesario dimensionar el sector, más allá del bosque y las plantaciones, se corre el riesgo de extender el conglomerado en forma exagerada “metiéndose” en otros sectores de la economía. Por otro lado es en este conglomerado en el que se toman decisiones que tienen efectos directos y/o indirectos sobre la transformación del bosque.



Otros sectores de la economía tienen una estrecha relación con el sector forestal. Ellos son la agricultura/ganadería, el turismo (especialmente el turismo ecológico) la industria y los servicios y el sector generador de energía. En el primer caso es necesario reconocer el conflicto de intereses entre dos tipos de actividad económica, que pueden hacer un uso alternativo de la tierra. Decidirse por la agricultura y/o ganadería con la tecnologías actuales y del pasado reciente, significa eliminar el bosque, ya que una vez realizada esta práctica, las tierras boscosas quedan convertidas en potenciales áreas de pastoreo y cultivos. Su posible reversión hacia el bosque es un proceso lento. El uso alternativo de la tierra en pastos para dedicarla a plantaciones forestales es una forma más rápida de reincorporación de estas tierras al sector forestal.

En cuanto al ecoturismo, esta actividad económica hace uso del bosque con fines recreativos; sin embargo, hay evidencia de los efectos destructivos y/o de deterioro de la calidad del bosque, cuando el ecoturismo no es adecuadamente administrado. En todo caso la convivencia sana del bosque y el ecoturismo es una condición necesaria y tecnológicamente factible. Así lo han demostrado varios casos en propiedades privadas en donde se reconoce explícitamente, que preservar la calidad del bosque y la biodiversidad son condiciones indispensables para un ecoturismo sostenible.

Un sector crecientemente vinculado al sector forestal es el de la industria y comercio. En este caso, el vínculo toma la particularidad de la inversión forestal que hacen algunas empresas del sector de comercio, con el objeto de procurar la exención de impuestos sobre la renta. En esta forma algunas empresas dedicadas a actividades industriales, comerciales o de servicios han encontrado en la inversión en plantaciones forestales, una forma de “compromiso con la naturaleza”, congruente con su estrategia tributaria y sus planes de diversificación y expansión.

Un sector crecientemente vinculado al forestal es el de servicios. En el se pueden identificar los servicios tradicionales para las actividades productivas/extractivas/industriales, entre los que destaca el transporte y los servicios de mantenimiento y reparación de maquinaria. Ahora están surgiendo otros servicios que crecerán en importancia, a medida que se produce un manejo del bosque en el que se privilegia la calidad, la tecnología, etc. Esto incluirá entre otros la investigación forestal (pública o privada), la asistencia técnica



para el manejo, la certificación forestal, entre otros. Estos servicios serán pronto indispensables para poder participar con ventaja, en los mercados internacionales de productos del bosque y del sector forestal en general.

De lo antes expuesto puede preverse que las decisiones de las personas directa o indirectamente relacionadas con el bosque y con el sector forestal, son influenciadas por las políticas que atañen a varios sectores y las de tipo global. En cuanto a las políticas que han incidido en el sector forestal, se consideran las siguientes grandes categorías:

- Políticas macroeconómicas,
- Políticas forestales,
- Políticas de infraestructura,
- Políticas para otros sectores (agricultura y turismo) y
- Políticas para el desarrollo social (educación e información).

Partiendo de estas grandes categorías, se pueden identificar los principales instrumentos de política que crearon condiciones particulares de entorno, o que directamente propiciaron decisiones a favor o en contra del manejo racional del bosque y/o del sector forestal en su conjunto.

UNA VISION DE FUTURO

Mirando hacia el futuro, no se trata de predecir ni definir cómo serán las cosas o cómo evolucionará el bosque hasta el año 2020. Se trata más bien de hacer explícita la noción de que el tiempo que se requiere para lograr cambios tangibles, debe ser suficientemente largo. Las áreas boscosas y la calidad del bosque sólo pueden incrementarse tan rápido como lo admitan los procesos biológicos y ese es el límite de lo posible. El cambio real será a la velocidad que lo permitan las condiciones de entorno que promuevan decisiones favorables.

En las sociedades modernas en general y Costa Rica no es una excepción, se ha hecho más y más evidente la visión cortoplacista y la angustia por lo inmediato. Las propias condiciones económicas y la profundización de un estilo de vida consumista no deja ver



suficientemente lejos en el futuro. Se cree que las cosas cambian cuando cambia un gobierno, cuando en el fondo los cambios en las políticas son cada vez mas marginales entre gobierno y gobierno y la aceleración o desaceleración de los procesos es menos notoria aún. Revertir los procesos destructivos y variar el rumbo requiere esfuerzos de mayor envergadura y exige abrazar compromisos con mayor tesón.

Al sumarse a lo antes referido y al partir del reconocimiento de actores, el marco de referencia para esta investigación descansó fuertemente en la consideración de los valores y actitudes de la sociedad. El bosque y el sector forestal de Costa Rica no van a caracterizarse por ser más sostenibles y más rentables, ni van a ser una mayor fuente de riqueza para toda la sociedad, sólo porque haya un entorno económico favorable. Es cierto que el mundo se mueve en determinada dirección, porque hacia allí lo guían los criterios de rentabilidad y los intereses económicos de las personas, los grupos de poder y los intereses políticos de las naciones; pero los cambios más profundos se dan por efecto de la modificación de los valores, las capacidades y las actitudes de las personas.

Lo que se haga con el bosque depende del valor que se le de a su uso inmediato y en el futuro. Depende también de si esa valoración es sobre los bienes tangibles que de él se pueden extraer o de los no tangibles que se puede usufructuar. Finalmente, depende también de si se valora el bosque como tal o el uso alternativo de la tierra en la cual está el bosque. De una u otra forma, estos tres elementos han estado presentes en las decisiones de las personas que optaron por diferentes prácticas de extracción de leña de animales, de madera, y de quienes explotaron el bosque con fines recreativos o de destrucción.

En cuanto a ¿quién le da valor al bosque? la respuesta que pareciera mas simple y lógica es que el valor se lo da su propietario; y en base a dicho valor toma decisiones de uso o venta. Al respecto caben por lo menos dos observaciones que hacen que la respuesta no sea tan sencilla.

La primera es que cuando se cree o se percibe que un bien es público, se extiende la noción de que es de todos y de nadie. Con tal visión, el bosque está allí para que quien necesite tome de él lo que le hace falta. A algunos les hace falta el aire puro, los aromas, los sonidos y la escenografía; a otros les hace falta la leña y la carne de los animales. Para otros más listos para interpretar con generosidad los límites de lo público (y a veces lo legal) les es posible extraer animales vivos y madera sin pagar por ellos.



La segunda apreciación es que el valor total de un bien está dado por el valor de uso y de no uso; es decir, que el valor existe aunque no se manifiesta hasta que no haya una transacción de mercado. Esto significa que el valor real lo adquiere un bien cuando existe un mercado, o en particular cuando hay una demanda. En este caso el valor de un bien se refleja en el precio que alguien está dispuesto a pagar por dicho bien para no quedarse sin él o los servicios que le brinda.

En este último caso surge la pregunta ¿quién es el demandante?. Cuando éste es el poblador rural o el que vive en el bosque y lo tiene allí a la mano o que lo tuvo siempre, posiblemente no se ha percatado de lo que significa no tenerlo. Si además el usufructuario es pobre, lo que podría pagar por continuar teniendo el bien es muy poco. Si por otro lado el demandante no tiene mucho de este bien, o no tiene nada y tenerlo le causa gran satisfacción; y si además de ello tiene dinero suficiente, estará decidido a pagar un precio mayor. Es evidente que en torno a este tema hay una importante dosis de subjetividad sobre cómo el valor se revela en términos económicos; cuál es el costo de oportunidad y cuál es el valor real cuando las opciones son tener o no.

Estas observaciones se han hecho para revelar que en economías cerradas y en sociedades no expuestas a información sobre oportunidades en los mercados, se da valor a los bienes y servicios del bosque en un sentido más limitado. Como corolario de ello se puede concluir que en Costa Rica la inserción en la economía internacional y el acrecentar el conocimiento, nos dará la oportunidad de tener mayores expectativas en relación con el valor del bosque, sus productos y servicios. Esperamos desde luego que nos de también la capacidad para poder usufructar ese valor al conservar el bosque por la vía del manejo racional.



LA ESTRATEGIA DE MERCADO: LA VALORACION DE PRODUCTOS Y CREACION DE VALOR AGREGADO

En cuanto a los productos del bosque, se distinguen dos grandes categorías: los bienes tangibles y los no tangibles; sin embargo, resulta de utilidad reconocer otra diferenciación con algún grado de semejanza, ya que los bosques tienen valores de uso y de no uso. En el primer caso hay dos grupos de productos, de uso directo e indirecto. Los productos de uso directo incluyen madera, leña, alimentos, medicinas y material genético, áreas de recreación, etc. Los de uso indirecto son: la protección de las cuencas, el favorecimiento del desarrollo de micronutrientes, la fijación de carbono, etc. En cuanto a los valores de no uso, se refieren a aquellos que se logran al preservar el bosque en su integridad, lo cual genera productos como la conservación de las especies de flora y fauna y el solo hecho de disponer del bosque en su estado virgen. Ambos grupos de productos no son necesariamente excluyentes.

Se han desarrollado importantes metodologías y técnicas para la valoración del bosque (IIED,1994). Sin perjuicio de los importantes aportes de estas metodologías, la información que ellas proveen, se sustenta en criterios focalizados en los bienes como tales, no así en la naturaleza de los mercados para dichos bienes. En tal sentido, la escasez y el grado en que los bienes son sustituibles unos por otros, tendrá mucho mayor influencia en determinar los precios de los productos. Con esta consideración, deben tomarse con reserva los valores que se asignan a los bosques. En el caso de Costa Rica, Kishor y Constantino (1994) estiman que los valores por servicios ambientales del bosque primario se pueden estimar en un rango de 162.20 a 333.70 US\$/Ha.

La nueva Ley Forestal (7575) señala en su artículo 3, inciso 'k' los servicios ambientales por los cuales se requiere retribuir a los propietarios del bosque. El trabajo reciente del Centro Científico Tropical (julio 1996) sugiere la valoración de estos servicios forestales (fijación de carbono US\$10-20; protección de aguas US\$15-35; protección de la biodiversidad US\$10-20; protección de ecosistemas y belleza escénica 15-25 US\$/ha/año. Ello ofrece un punto de partida para los precios de dichos servicios, sin embargo, el precio real se determinará a medida que se desarrolla el mercado internacional por estos servicios. Cabe por lo tanto la pregunta de: ¿por cuánto tiempo tendría vigencia esta u otra propuesta de precios?.



Si bien puede anticiparse una demanda creciente en el ámbito mundial por los productos del bosque, debido a las tendencias de ingreso de la población en los países desarrollados, Costa Rica requiere crear una demanda por “sus productos”. La caracterización de sus productos nacionales, la calidad certificada y la historia detrás de dicha calidad serán esenciales. De allí la importancia de la investigación forestal con una visión comercial y la construcción de alianzas estratégicas con empresas que disponen de capital, tecnología y estrategias de marketing. Esta será la forma de desarrollar capacidad competitiva y confrontar un escenario en el que aparecerán más empresas que tratan de entrar a este nuevo mundo de los productos del bosque.

Cuando se habla de los mercados se suele hacer referencia a grupos poblacionales con determinada capacidad adquisitiva y preferencias y se crean expectativas de que se van a poder capturar. En la práctica es muy poco lo que se capta y mucho menos aún con lo que se captura en forma duradera. Esto último exige un esfuerzo mucho más sustantivo de atención al cliente, y de búsqueda de la excelencia en la calidad; dos condiciones que lamentablemente están muy poco atendidas en el medio local. Las empresas que las han practicado han recibido los réditos de tal esfuerzo. Ello aplica tanto al sector ecoturístico, como a la exportación de los productos de madera.

En el ámbito nacional también existe un potencial muy significativo para fomentar el mercado para todos los productos del bosque y no sólo para la madera. Se trata tan sólo de tres millones de habitantes pero puede ser un mercado ‘cautivo’ al que hay que ofrecerle cada vez más y mejores productos a precios atractivos. Fomentar este mercado se refiere a ofrecer estímulos, educación, asistencia técnica y renovación de actitudes para valorar mejor el bosque. Debe llegar muy pronto el día en que las maderas preciosas del país se destinan a producir sólo objetos de arte y no postes de potrero y serchas para techo. Desde el lado de la demanda, fomentar significa también estimular en la población nacional el aprecio por el ecoturismo, por la medicina natural, por los objetos de madera y todas aquellas acciones que amplían el mercado para los productos del bosque.

En síntesis, la estrategia nacional para el desarrollo del sector forestal, amparada en el recientemente renovado marco legal (leyes 7574 y 7575), debe considerar los siguientes aspectos de los mercados para los productos del bosque:



- Creciente entrada de otros competidores en los mercados internacionales, quienes están también interesados y posiblemente más urgidos de ingresar y ganar espacio en el mercado.
- Existencia de mayores libertades para la participación en el comercio internacional y posibilidades de conseguir socios con quienes construir alianzas estratégicas.
- Creciente importancia relativa de los productos no maderables y bienes no tradicionales del bosque y de los bienes no tangibles (recreación, fijación de carbono, etc.) del uso del bosque.
- Mayor presión por definir productos con marca y certificación de calidad (incluye la historia del producto) que identifiquen el producto de Costa Rica.
- Necesidad de mayor valor agregado y calidad en los productos del bosque y en particular para los productos de madera y plantas medicinales.

Es posible también comentar sobre los mercados y la estrategia de mercadeo que Costa Rica no tendría que buscar, ya que no hará el mejor uso de sus particularidades:

- No entrar al mercado con productos genéricos fácilmente ofertables por otros países.
- No buscar espacio en mercados en los que otros países tienen obvia ventaja competitiva;
- No pretender llegar primero a mercados en los que para ganar espacio requieren recursos o estrategias muy complejas y poco viables de materializar,
- No pretender que se puede llegar a un mercado y que 'con sólo llegar' ya se ha ganado, sin estar claro sobre cómo se va a perdurar y ganar espacio;
- No pretender que las pequeñas empresas nacionales pueden 'ganar espacios' sin construir alianzas estratégicas con empresas que tienen experiencia e imagen en los países desarrollados, entre otras cosas.



Compartir una visión a futuro y asumir el compromiso de ser parte de ella es un esfuerzo que no es fácil de concretar; pero Costa Rica tiene la posibilidad para lograrlo y no está lejos de ello. Las políticas que se sugieren más adelante están concebidas con este criterio.

EL PAPEL DEL ESTADO

El sector forestal de Costa Rica se desarrollará o deteriorará en los próximos años como parte inevitable de tres conglomerados económico sociales: La estructura económica social del país; un sistema universal de bosques (y sectores forestales) y los mercados internacionales de productos del bosque. En ellos tres se generarán fuerzas que contribuirán a orientar el sector, de modo que los tres deben ser cuidadosamente seguidos como parte de la responsabilidad del Estado para percatarse del entorno y sus perspectivas.

En el primer caso, la expectativa es que el sector forestal de Costa Rica sea percibido y entendido cada vez más como parte de la estructura de la economía y de la sociedad nacional. Lograr esta visión integral por parte del Estado y la ciudadanía es fundamental, porque de lo contrario continuará la definición políticas que tan sólo responden a objetivos de carácter específico, sin reconocer las significativas relaciones entre actores de la sociedad y los encadenamientos intra e intersectoriales. El bosque no se podrá manejar como una isla; si eso se hiciera, se terminaría por definir “políticas para defender el bosque” .

En el segundo caso, el Estado debe reconocer que Costa Rica ha liderado y posiblemente seguirá como una pieza fundamental en los esfuerzos universales de valoración de los recursos naturales para bien de la humanidad. Aunado a los intereses comerciales y las necesidades económicas, el país sostiene una posición respetada de que hay que ser enérgicos en los esfuerzos de conservación y manejo del bosque. Se puede anticipar entonces que continuará la atención especial a las áreas protegidas y las otras formas de bosque en las que se privilegia la conservación. A ello contribuirán los grupos sociales que viven en el bosque y de su usufructo; las empresas privadas que generan ingresos por el uso y explotación del bosque; los movimientos ambientalistas y la comunidad científica; todos con importantes nexos internacionales.



Y tercero, Costa Rica entra poco a poco al mercado mundial de los productos del bosque y debe hacerlo como parte de su propia estrategia de inserción en la economía internacional. En dichos mercados, las empresas costarricenses y otras afincadas en el país, competirán con las de otros países y encontrarán “su lugar” para que los productos del bosque costarricense les permitan generar ingresos duraderos. Para poder competir en forma duradera las empresas costarricenses y sus aliadas deberán adoptar una estrategia de particularización de sus productos, con base en la calidad, y la certificación.

Estas tres observaciones, hechas con cierto tono de energía, no tratan de definir una posición, sino más bien hacer explícitas las percepciones profesionales/técnicas, económico/sociales y políticas/de interés, de varios segmentos de la sociedad. En el fondo de lo que se trata es de que “el Estado” (¿quien es?) cumpla dos funciones: Primero al atender a su “papel facilitador” cree el marco operativo y sancione su cumplimiento, para que los actores (individuales y organizados) de la sociedad civil y las empresas, establezcan relaciones más armoniosas para el uso del bosque, entendido como parte de un conglomerado más amplio. Y segundo, que el Estado, en su “infinita sabiduría” interprete el sentir de la sociedad y con el deseo de lograr lo mejor para todos, señale por lo menos el rumbo en el que sería razonable caminar. Sin pretender instruir a cada quien lo que “debe” hacer con sus bienes.

Uno anticipa que se ha llegado a la Ley Forestal No.7575 y que se llegará a su Reglamento, al haber pasado por un intenso proceso de análisis y consulta y que la ley adquirió especificidad, cuando estuvo clara la dirección en la que se deseaba caminar hacia el futuro. Por lo tanto, aprobada la Ley recientemente, no se trata aquí de cuestionarla; se trata más bien de relevar las consideraciones que se han recogido de varios actores de la sociedad sobre lo que parece razonable como “dirección para orientar el desarrollo forestal” dentro del marco de la nueva Ley Forestal.

- Procurar en la mejor forma posible un uso equilibrado del bosque, para que dentro del marco de una economía de mercado, genere productos (bienes y servicios) en cuya obtención no se destruya la naturaleza. Para ello serán particularmente importantes las estrategias diferenciadas para las áreas protegidas, para el manejo del bosque secundario, para las plantaciones y para los sistemas agroforestales.



- Promover la 'singularización' de los productos del bosque (maderas, animales, etc.) para darles valor específico en el mercado, al mismo tiempo que se estimule a valorar su presencia/ existencia en el conglomerado físico/biológico/social que es el bosque. Para tal fin será de alto valor la capitalización de las experiencias en la creación de productos de calidad con base en maderas, y la experiencia en la generación de una gama amplia de productos tangibles y no tangibles del bosque.
- Estimular a la sociedad en todos sus ámbitos para que "valore" el bosque como un stock de capital natural, con creciente precio en el mercado mundial, de modo que el manejo que se haga de él, busque y procure la formación de valor.
- Promover y apoyar el desarrollo de productos que responden a una buena "inteligencia de mercado" y procurar el acceso a mercados en los que se privilegie la calidad y el valor de los bienes y servicios que Costa Rica puede singularizar.
- Estimular las investigaciones e inversiones y coinversiones en alta tecnología que permitan descubrir cada vez más valores y convertirlos en bienes de mercado;
- Promover y coadyuvar los esfuerzos de la sociedad, pequeños productores, campesinos, comunidades, y empresas de mayor dimensión para concertar, negociar y construir alianzas estratégicas y proyectos de integración vertical, a través de las cuales los beneficios del mejor uso y la formación de valor agregado, premien a quienes se esfuerzan en la sociedad;
- Fortalecer los principios de la propiedad (comunitaria y privada) del bosque, como una condición necesaria para la dedicación y el cuidado; pero con el estímulo también de una actitud positiva hacia la generación de beneficios para la humanidad; y no sólo por razones económicas; e
- Intermediar para acercar las posiciones diversas y las confrontaciones entre actores de la sociedad que, queriendo defender sus posiciones e intereses, han negado la posibilidad de contribuir a una estrategia para el sector forestal que sea más beneficiosa para todos.



Como se puede apreciar en estas sugerencias para orientar el desarrollo del sector forestal, se ha sido cuidadoso en no referirse a bienes y/o servicios específicos. Si el Estado provee la dirección y el marco de políticas, las personas y las empresas se encargarán de focalizar la atención en productos y bienes específicos, dentro del gran universo de oportunidades: De la captura de carbono a la cría de mariposas; de la venta de trozas de madera a la de los muebles o artesanías; de la producción de plantas medicinales a los aromas o los sonidos del bosque; y del turismo que permite transitar por el bosque a la opción de disfrutarlo en realidad virtual; todas son alternativas que cada quien desarrollará en función de su talento y de las oportunidades, dadas las condiciones de entorno.

LAS POLITICAS PARA EL SECTOR FORESTAL

Con las consideraciones antes expuestas las políticas para el sector forestal se pueden considerar en cuatro ámbitos: (local, regional, nacional e internacional), siendo cada uno de ellos totalmente relevante; se requiere por lo tanto definir jerarquías y relaciones de complementariedad entre los cuatro ámbitos y muy especialmente considerar los actores responsables en cada caso:

- **Localmente los grupos ciudadanos**, las comunidades rurales y las empresas deberán ocuparse de temas fundamentales para definir políticas y acciones que tienen que ver con su nivel de organización, motivación, capacidad para trabajar en grupo, valores, conflictos y aquellas cosas que sólo pueden cambiar en el ámbito de las relaciones entre actores al nivel básico de la organización social local.
- **En el ámbito regional o de cuencas**, los finqueros, las poblaciones que viven en el bosque, los gobiernos regionales, las empresas que trabajan el bosque, etc. deben ocuparse de definir políticas (con el apoyo de instancias de orden jerárquico superior) pertinentes al manejo de las cuencas, programas de arborización de causes de ríos, reforestación, estrategias de integración vertical en la producción e industrialización, control de incendios, fortalecimiento de los gobiernos locales, mantenimiento vial, y otras acciones que requieren salir de la comunidad, pero que no tienen para que ir al ámbito nacional.



- **En cuanto a la cobertura nacional con participación y representación de distintos grupos de la sociedad**, (pero sin pretender que todos pueden y deben opinar sobre todos los temas, aunque no tengan conocimiento) es necesario definir las políticas económicas, las leyes, los programas de apoyo y fomento con cobertura nacional. Se requiere especialmente transitar aceleradamente hacia la descentralización de las acciones y el manejo de los recursos.
- **En el contexto internacional el diálogo**, la concertación y la definición de políticas concierne a temas en los que es necesaria la concurrencia de dos o más naciones y los que son de interés de todas las naciones; con el cuidado que exige no interferir en los temas que son de estricta responsabilidad nacional. Al respecto la mayor relación entre las economías lleva a crecientes exigencias en la definición de políticas de cobertura internacional, pero es importante tener participación con conocimiento de causa y no por el solo hecho de estar presente. Ello es particularmente importante para tratar los temas de las implicaciones ambientales y forestales de los tratados comerciales, el surgimiento del nuevo proteccionismo sustentado en las exigencias de la calidad; la dependencia de las empresas “calificadas” para certificar y la politización internacional de los temas pertinentes a la propiedad y derechos sobre los bosques, entre otros.

Estas observaciones tienen el propósito de estimular un esfuerzo nacional que permita “descongestionar” el proceso de formación e instaurar de políticas para el desarrollo forestal que haga posible una utilización más efectiva de los recursos.

Las políticas tendrían que reconocer los objetivos específicos que quieren alcanzar. Ellos podrían resumirse en dos: los que contribuyen a formar capital natural y los que conciernen al crecimiento económico con participación social de los beneficios. En tal sentido los objetivos mas específicos serían.

- **En cuanto al capital natural**, reducir la deforestación y mejorar la calidad del bosque, incrementar la reforestación con especies rentables y que contribuyan a reducir la erosión, y mejorar la biodiversidad en general y permitir el uso del bosque con fines múltiples como el secuestro de carbono, la recreación y la producción de bienes no tangibles.



- **En cuanto al crecimiento económico y la generación de beneficios sociales**, generar empleo en condiciones cada vez mejores y con mayor remuneración y generar ingresos estables y equitativamente distribuidos para todos los actores en el sistema.

Nuevamente en este caso se hace la observación de que las políticas no tendrían por qué “perseguir” el fomento de especies forestales específicas, ni productos particulares de madera o del bosque; sino más bien propiciar condiciones adecuadas de entorno y conocimiento y que sea cada quien (es), que escoja lo que, después del análisis de opciones, le parece lo mas razonable de acuerdo con sus criterios y objetivos. Es aquí donde está el cambio mas importante para el Estado como instancia fundamental para el desarrollo en la economía de mercado.

Por tratarse de inversión que tiene retorno al largo plazo, el desafío más importante para el desarrollo del sector forestal es el contar con políticas que tengan vigencia por períodos prolongados. En tal sentido el país cuenta con “estabilidad política” dentro del régimen de la democracia, pero evidentemente que se requiere más que eso para asegurar “estabilidad en las medidas de política”.

En el ámbito económicos la tendencia parece ser hacia un marco de políticas macro-económicas que no privilegian sectores. Ello exigirá no retornar a políticas intervencionistas, ni proteccionistas, ni aquellas que privilegian a grupos. Exigirá por lo tanto hacer el mayor esfuerzo por evitar la sobrevaluación cambiaria y bajar las tasas de interés real a niveles más razonables para alentar la inversión y disponer de mercados de capital con instrumentos financieros para el largo plazo. Estos temas y el manejo del déficit fiscal estarán posiblemente en la agenda de prioridades de cualquier gobierno y si se logran, ellas constituirán el mayor aliciente para el desarrollo forestal y de la economía en su conjunto.

En cuanto a las políticas sectoriales - agrícolas, forestales, ganaderos, turísticos - ellas deben focalizar en objetivos muy específicos sin inmiscuirse en la política macro-económica y social, las autoridades sectoriales se desentienden del contexto macro-económico, al contrario debe hacerle un seguimiento muy cuidadoso. En su ámbito específico deben estar claros en los instrumentos de política que son congruentes con



una economía de mercado y con la permitida dentro de los acuerdos de libre comercio. Las políticas sectoriales en tal sentido no tienen que estar dispersas en muchas áreas, pero en las pocas que actúen, deben hacerlo con efectividad.

Además de las políticas macroeconómicas y sectoriales hay dos íntimamente relacionadas que deben ocupar un lugar prioritario en la agenda del Estado: la primera es el fomento de la economía de mercado y la segunda, es la construcción de organizaciones públicas y privadas para esa economía de mercado. Ambas incluirían proyectos como el fomento de la demanda y oferta de servicios privados para el sector forestal; el desarrollo de bolsas de productos forestales, estímulos a la búsqueda de la excelencia, la calidad y apoyo a la investigación para generar conocimiento, valor y nuevos productos del bosque y el sector forestal. Ello pasaría necesariamente por una renovación profunda de las instituciones públicas del sector forestal y otras que desarrollan acciones que inciden en el sector (i.e. INA., MAG, SENARA). Desde luego requeriría también un esfuerzo importante para desarrollar capacidades en las organizaciones del sector privado y de la sociedad civil. La CCF, FUNDECOR, CINDE, etc, requerirían replantear su propio papel y los términos de su cooperación, para desarrollar aquellas acciones que contribuyan a fortalecer las capacidades individuales y de las empresas privadas.

Las sugerencias de áreas de política hechas en esta sección, terminan con el reconocimiento de que el gran vacío para el desarrollo está en la debilidad de organizaciones para definir y llevar a la práctica las políticas. Esta falencia se ha ahondado porque lamentablemente hubo quienes creyeron que el mercado sustituía al Estado, cuando en realidad una mayor dependencia del mercado sólo reemplazaba a ciertas funciones de los entes públicos. Ello a su vez, en una sociedad acostumbrada a esos entes públicos y a recibir servicios en forma gratuita, exige la renovación plena de las organizaciones del Estado y la modificación de actitudes de la sociedad, para poder aprovechar mejor las oportunidades del mercado.



Bibliografía

- Alfaro, Marielos.* 1993. Necesidades y prioridades de investigación en políticas forestales y agroforestales para Latinoamérica; IICA; Costa Rica; 19-23 de Julio 1993.
- Alpíza, V. Edwin.* 1992. Aspectos técnicos relacionados con la actividad forestal; Centro Científico Tropical; Costa Rica; Octubre 1992.
- Arias, Oscar.* 1992. Poverty, Natural Resources, and Public Policy in Central America; ODC; Washington, D.C.; 1992.
- Arias, Guillermo.* 1993. Situación de la investigación en políticas forestales y agroforestales en Costa Rica. en Alfaro et. al. (eds) Necesidades y prioridades de investigación en políticas forestales y agroforestales para América Latina. Editorial IICA, San José, Costa Rica.
- Asamblea Legislativa.* 1995. Ley Orgánica del Ambiente (Ley 7554); San José, Costa Rica; 28 de septiembre 1995.
- Asamblea Legislativa.* 1996. Ley Forestal (Ley 7575); San José, Costa Rica; 15 de febrero 1996.
- Banco Mundial.* 1993. Revisión del sector forestal de Costa Rica; Banco Mundial; Washington, D.C.; 8 de junio 1993.
- Berry, Albert.* 1995. The Social Challenge of the New Economic Era in Latin America; University of Toronto; Ontario.
- Cabarle, Bruce, Jorge Rodríguez y Alberto Salas.* 1996. Inversión privada como mecanismo para el desarrollo forestal sostenible en las Américas; World Resources Institute; Honduras, septiembre, 1995.



Cámara Costarricense Forestal. 1994. Hacia un sistema de certificaciones forestales para garantizar el aprovechamiento sostenible de los bosques naturales; CCF, Costa Rica, septiembre 1994.

Carranza, Carlos F. 1996 Valoración de los Servicios ambientales de los bosques de Costa Rica; Centro Científico Tropical; San José Costa Rica; julio 1996.

CEDARENA. 1994. Compendio legal forestal: Legislación, jurisprudencia y fallos administrativos; CEDARENA; Costa Rica; noviembre 1994.

Celis, Rafael. 1996. The Role of USAID Funding on Natural Resources Management; USAID; Costa Rica; March 12 1996.

Céspedes, Victor H. 1995. La pobreza en Costa Rica; Academia de Centroamérica; Costa Rica.

Comunidad Europea e I.C.T. 1994. Plan estratégico de desarrollo turístico sustentable de Costa Rica; I.C.T.; San José, Costa Rica.

Consejo Monetario Centroamericano. 1995. Boletín Estadístico; Consejo Monetario Centroamericano; Costa Rica; 1995.

Corrales, Jorge. 1990. Exportaciones no tradicionales en Costa Rica; ECONOFIN; Costa Rica.

Cortés-Salas, Hernán. 1994. Libro de lecturas del taller sobre Reforma de las Políticas de Gobierno Relacionadas con la Conservación y el Desarrollo Forestal en América Latina; IICA; Washington, D.C.; 1-3 de junio 1994.

COSEFORMA. 1994. Por qué permitir la exportación de madera en troza; MIRENEM-GTZ; Costa Rica; enero 1994.

De la Rosa, Carlos. 1995. Final Report 1989-1995 Environmental Management Office; OMA, AGRIDEC; Costa Rica; May 1995.



Estache, Antonio. 1993. Pollution Control in a Decentralized Economy, Which Level of Government Should Subsidize What in Brazil; World Bank; January 1993.

Fisher, Bob. 1994. Creación de espacios: Agencias de desarrollo e instituciones locales en el manejo de recursos naturales; Revista Bosques, árboles y comunidades rurales, No. 21; marzo 1994.

Garay, Laura A.. 1995. Incentivos a la forestación, reforestación y conservación del recurso forestal; Maestría en Política Económica, Universidad Nacional; Costa Rica.

GERENA. Seminario Revisión del Sector Forestal Costa Rica; GERENA-INCAE; Costa Rica; 30 junio-1 julio.

Gregersen, H. M. 1995; Valuing Forests: Context, Issues and Guidelines; FAO, World Bank; Rome.

Hyde, William F.; 1991. Forest Economics and Policy Analysis; World Bank; Washington, D.C.

INBIO. 1995. Apoyo a la Gestión en el Sistema Nacional de Areas de Conservación; INBIO; febrero 1995.

Kinlaw, Dennis C.; 1993; Competitive & Green: Sustainable Performance in the Enviromental Age; Pfeiffer & Company; United States.

Kishor, Nalin M.. 1993. El manejo forestal y la competencia por el uso de la tierra: Un análisis económico para Costa Rica; Banco Mundial; octubre 1993.

Kishor, Nalin M. 1993. Forest Management and Competing Land Uses: An Economic Analysis for Costa Rica; World Bank; October 1993.

Laarman, Jan. 1992. Assessment of Forest Sector Policy Study for Costa Rica; June 1992.



Laarman, Jan. 1995. Government Policies Affecting Forests in Latin America; Inter-American Development Bank; Washington, D.C.; June 1995.

MIRENEM. 1994. Boletín estadístico forestal N. 5; MIRENEM; Costa Rica; 1994.

MIRENEM. 1993. Política forestal para Costa Rica; MIRENEM; Costa Rica; 15 de octubre 1993.

MIRENEM. 1995. Informe de control forestal PL-480, Período 1992-1994; San José, Costa Rica.

Montero, A. Armando. 1995. Región Huetar Norte: Manejo y conservación de los recursos naturales, Informe Preliminar; enero 1995.

Orozco, V. Jorge. 1995. Componente gestión local región Chorotega; Proyecto conservación y manejo de recursos naturales; Costa Rica; 20 de marzo 1995.

Ostrom, Elinor. 1993. Institutional Incentives and Sustainable Development: Infrastructure Policies in Perspective; Westview Press; United States.

Paniagua, Héctor; 1995; Gestión local en la zona de amortiguamiento al Refugio Nacional de Vida Silvestre Caño Negro; Proyecto conservación y manejo de los recursos naturales; Costa Rica, 20 de marzo 1995.

Pomareda, Carlos. 1995. Lo rural: Una visión optimista para Costa Rica; SIDE S.A.; Costa Rica; 25 de octubre 1995.

Pomareda, Carlos. 1995. Instituciones y políticas para contribuir al manejo integrado de los recursos naturales. Taller Internacional "Políticas para la Utilización Sostenible de los Recursos Naturales en la Zona Amazónica de Brasil y Perú ICRAF, Lima 13-17 noviembre 1995



Pomareda, Carlos. 1991. Estabilización, ajuste y cambio estructural: Reflexiones en torno al desarrollo sostenible de la Amazonia; en Seminario sobre "Políticas y Prácticas para el Desarrollo en los Países Miembros del Tratado Amazónico"; TCA; Caracas, Venezuela; 21-25 de octubre 1991.

Pomareda, Carlos. 1995. Componente gestión local en áreas de amortiguamiento; Proyecto conservación y manejo de los recursos naturales; Costa Rica; 16 de marzo 1995.

Rottenberg, Simon. 1993. The Political Economy of Poverty, Equity and Growth: Costa Rica and Uruguay; World Bank-Oxford University; Washington, D.C.

Sage, Luis F.. 1994. Porque se incentive la reforestación en Costa Rica; CCF; agosto 1994.

Salinas-Goyta. 1994. Fondo del Proyecto de conservación de recursos naturales y desarrollo sostenible: su estructura, organización y procedimientos básicos; RNT-INBIO; 31 de octubre 1994.

Segura, B. Olman. 1996. Políticas del sector forestal en Centroamérica: El caso de Costa Rica; UNA; Costa Rica; 21 de marzo 1996.

Segura, B. Olman. 1996. Políticas del sector forestal en Costa Rica; UNA; mayo 1996.

Slade, Margaret E.. 1992. Do Markets Underprice Natural-Resource Commodities?; World Bank; August 1992.

Slade, Margaret E.. 1992. Environmental Costs of Natural Resource Commodities: Magnitude and Incidence; World Bank; October 1992.

Sorsa, Piritta. 1992. The Environment: A New Challenge to GATT?; World Bank; September 1992.



Stamm, Andreas. 1996. El sector mueblero de Costa Rica: especies procesadas, volumen e indicadores para su desarrollo; COSEFORMA; Costa Rica; enero 1996.

Stewart, Rigoberto. ¿Pueden las plantaciones forestales contribuir con el desarrollo económico y el mejoramiento ambiental de Costa Rica?; STEWART ASSOCIATES; Costa Rica.

Stewart, Rigoberto. 1992. An Economic Study of Costa Rica's Forestry Sector; Academia de Centro América; Costa Rica; April 1992.

Toledo, José M.. 1995. Políticas y desarrollo sostenible de la Amazonía; ICRAF-PNUMA; Perú; 13-17 de noviembre 1995.

Umaña, Alvaro y Katerina Brandon. 1992. Inventing Institutions for Conservations: Lessons from Costa Rica; en Sheldon Annis et al. (eds) Poverty, Natural Resources, and Public Policy in Central America; Transaction Publishers; New Brunswick, USA.

Valverde, Jaime. 1995. Proceso endógeno y lógico de investigación campesina; FAO.

Watson, C. Victor. 1996. Política exitosa para los bosques y la gente; CCT-IIED; Costa Rica; marzo 1996.



GENERACION DE INGRESOS A TRAVES DE LA VALORACION TOTAL DE LOS BIENES Y SERVICIOS DEL BOSQUE TROPICAL

Juan Antonio Aguirre G.¹

INTRODUCCION

¿Qué da valor a los bienes y servicios del bosque tropical más allá de la madera?

Para entender el proceso de valoración de los bienes y servicios no maderables del bosque tropical es menester resumir primeramente cuáles son las funciones fácilmente reconocibles de los bienes naturales con respecto a la actividad económica:

- Proveer las bases físicas que garantizan el flujo de los recursos naturales hacia la producción, en esta etapa se suele consumir o degradar en realidad parte del capital natural
- Asimilar los desechos que se generan en los procesos de producción y consumo,
- Proveer las bases para el flujo de recursos hacia el consumo (servicios de entretenimiento o amenidades).
- Proveer los servicios que mantienen el sistema global en condiciones de apoyar la vida humana, como es la reducción de los rayos ultravioletas que llegan a la tierra, o el mantenimiento del potencial para los cambios evolucionarios en la biosfera,

VALORACION TOTAL: BASE DE LA GENERACION DE INGRESOS POR LOS SERVICIOS DEL BOSQUE

Con respecto a la valoración de estas funciones existen en realidad dos posiciones: una la que apoya el dejar los procesos de valoración al mercado y otra que plantea la imposibilidad del mercado para proceder a hacer una valoración justa de los bienes y servicios del bosque tropical.

¹ Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza (CATIE)



Las razones de las dudas sobre la capacidad del mercado para realmente valorar los bienes y servicios del bosque tropical parece radicar en cuatro elementos:

- La incapacidad del mercado para garantizar la justicia distributiva entre y dentro de las diferentes generaciones. Se pone en duda la capacidad de los procesos de mercado para realizar en forma justa la transferencia intertemporales,
- Los actuales procesos de asignación intratemporales, indican claramente criterios claros donde los actuales niveles y valores de bienestar son superiores a la valoración del bienestar futuro,
- La dificultad que existe de dejar en manos del mercado la integridad de los sistemas naturales actuales en lo que se refiere a la localización de los bienes y servicios naturales. Se cuestiona por tanto la lógica de dejar la integridad de los bienes naturales a la soberanía de decisión de los consumidores individuales.
- Los problemas que se suelen presentar de carácter ético y moral en los procesos de valoración cuando se deja en manos del mercado los procesos de valoración.

Al final sin embargo, y generado por la actual incapacidad de brindar una base conceptual clara sobre estos procesos de valoración extra-mercados, se llega a la conclusión que al menos por el momento, parece ser la mejor opción de valoración de los procesos y bienes naturales el depender en los que a valoración se refiere de los denominados procesos de pseudo valoración con base en el mercado y ampliarlos donde es posible con los procesos de valoración directa vía el mercado.

Los procesos de pseudo valoración del mercado son la alternativa a la incapacidad de los procesos de mercado de reflejar a través de sus acciones los precios de dichos bienes. El concepto de pseudo/precios ambientales se basa en la idea de que es posible valorar un bien natural cuando:

- Se asocia en forma directa el valor de este al valor de un bien privado, fácilmente identificable y mercadeable,
- Que hay una base de complementariedad entre el bien privado y el bien ambiental,



- Que es posible normalizar el valor de estos bienes en el tiempo en cierta forma,
- Que es posible identificar con mayor o menor precisión los usuarios y los no usuarios actuales y potenciales de un bien ambiental,

Con base en lo anterior, es posible afirmar además ,que para cada persona o grupo de personas el medio ambiente tiene diferentes tipos de valor. En el fondo existen valores o pseudo precios derivados del argumento anterior: VALORES DE USO y los VALORES DE NO USO. Lo anterior se complica cuando dimensionamos estos valores dentro del contexto de los USUARIOS (para quienes el valor es fácilmente identificable) y los NO USUARIOS (para quienes podría tener un valor).

Lo anterior genera dos tipos de posible fuente de valoración de un bien ambiental:

VALOR DE USO o aquel que se deriva de las personas que utilizan un bien y que se ven afectadas directa e inequívocamente por cualquier cambio que al mismo le ocurra. En estos casos los bienes suelen tener un mercado identificables y su valor guarda relación estrecha por el valor de uso y disfrute que ese bien tenga para la persona.

VALOR DE NO USO o aquellos que existen aunque la persona no haga uso directo de los bienes y se derivan de la “reconocida y aceptada” existencia de tales bienes o servicios y de los beneficios que su existencia o los costos que su pérdida pueden tener para ciertos grupos de usuarios. Estos valores de no uso suelen ser identificados algunas veces con los valores de opción:

En el fondo estos valores y su eventual agregación a nivel colectivo tienen como basamento ético/moral al menos cinco ideas:

- a) Dominio no restringido del bien,
- b) Una relación no negativa entre el bienestar social y el individual,
- c) Independencia de selección entre las opciones de bienes substitutivos,
- d) Hay soberanía ciudadana en la selección de opciones,
- e) Un proceso de valoración y agregación con un contenido democrático claro,



Como vemos estos supuestos no dan para mucho en la medida que rara vez son viables en su totalidad y comprensividad. Las anteriores limitaciones conceptuales se resolvieron al menos parcialmente en una forma ético/económico, por el criterio de compensación expresado por Kaldor en 1939; él planteó algo tan simple como que “el cambio de una alternativa A B, se justifica si existe una cantidad de compensación tal que entregada por los favorecidos por el cambio a los perjudicados, hace que los perjudicados se declaren indiferentes ante la propuesta de cambio, mientras que los beneficiados con el cambio desean que este se produzca aunque estos hayan tenido que pagar una compensación”.

Las idea de Kaldor tiene como siempre algunos supuestos:

- El criterio de compensación debe existir; que se compense o no eso es otra cosa.
- Si lo anterior existe el paso se justifica se pague o no.

En otras palabras la eficiencia se separa de la equidad (compensación) y se asume que el bienestar de todas las personas tiene el mismo valor para la sociedad sin consideraciones redistributivas.

En el fondo quienes adversan el planteamiento de Kaldor argumentan que:

- Como cada persona y sociedad tiene su propia idea de equidad, y por ser ésta un valor social supremamente deseable, por lo tanto el conglomerado debe “velar” porque las acciones individuales y colectivas se hagan con criterio de equidad.
- Además a lo anterior se añade que debido a que la equidad es un concepto difícil de establecer y mucho menos de medir, por lo tanto hay un cierto valor ético mayor que la sociedad debe establecer y hacer que se cumpla,

Quien tiene la razón, depende como siempre del analista, del analizado y de la colectividad perjudicada o beneficiada.

Desde luego que en términos teóricos en su forma más sencilla, el paso inicial sería el tratar de pensar como monetizamos los cambios en el bienestar individual, medido éste



a través del ingreso disponible generado por la valoración total de los servicios del bosque y su distribución.

Al asumir que en realidad lo que buscamos es mejorar el nivel de bienestar de los individuos y de la sociedad cuando nos ocupamos de la valoración del medio ambiente y de los bienes y servicios que este pone a la disposición de la sociedad.

En el fondo lo que la valoración persigue es mantener el nivel de bienestar, que se produce en una sociedad, como resultado de las modificaciones en el precio y en la renta de los individuos, pero para eso como es lógico debemos de monetizar los cambios en bienestar asociados con los bienes naturales.

Para lograr la monetización de los cambios en el bienestar personal, el análisis económico ofrece varias alternativas que pueden servir como punto de partida; de ellas sólo trataremos tres que la literatura ha encontrado como las más razonablemente operables.

Entre éstas se destacan como opciones las siguientes:

- El excedente del consumidor: que es el área que queda entre la curva de demanda de una persona por un bien cualquiera (su disposición a pagar por él) y la línea del precio de aquel bien.
- La variación compensatoria viene dada por la cantidad de dinero, que ante un cambio producido en el bienestar, la persona tendría que pagar o recibir para que su nivel de bienestar permaneciera inalterable.
- La variación equivalente, viene dada por el aumento de renta que tendría que experimentar el consumidor para alcanzar el mismo nivel de bienestar anterior a que el cambio se efectuara.

Por otra parte hay que entender que los resultados que se obtengan dependerán del proceso de valoración de la elasticidad demanda-renta. Por lo tanto, los que finalmente podemos llamar pseudo-precios naturales o ambientales: Son aquellos precios que reflejan lo que hubiera sido, las voluntad o disposición a pagar por un bien o servicio natural en aquellas situaciones o casos donde no existe una valoración competitiva del bien o servicio de parte del mercado.



En el fondo en los análisis normales nunca encontramos, ninguna de las medidas anteriores utilizadas en la práctica para la estimación de los precios lo que solemos encontrar de una forma o de otra suelen ser dos medidas analíticas alternativas fácilmente reconocibles:

- La disposición a pagar (DP) la cual muestra lo que la persona estaría dispuesta a dar para obtener una mejora o para evitar un cambio que empeoraría su situación (bienestar).
- La compensación exigida (CE) la cual muestra la cantidad que la persona demandaría para aceptar un cambio que empeora su situación, o renunciar a uno que la mejorara.

¿Que limitaciones suele tener esta clase de valoraciones de los ingresos generados mediante el uso de los pseudo precios de los bienes y servicios ambientales ?

Las limitaciones más importantes de las pseudo valoraciones ambientales radican en el efecto que tenga sobre la valoración del bien ambiental:

- La renta inicial de la persona,
- La magnitud de los cambios esperados,
- La aversión al riesgo de la persona,
- La "moralidad o inmoralidad" percibida por la persona sobre la compensación o pago a efectuar.
- La existencia de bienes alternativos,
- Las posibilidades de sustitución entre el bien en cuestión y los otros bienes alternativos,
- El derecho de propiedad que la persona pueda atribuirse por aquel bien o servicio por el cual se le compensa.
- El tipo, nivel y profundidad de los conocimientos que tenga el entrevistado sobre la situación base (bienestar) y sobre los efectos que sobre ésta tendrán los cambios que se plantean.



Como se observará, al final son muchos los elementos que intervienen e influyen en el análisis respectivo, no obstante lo anterior, lo planteado indicaría que el diseño de esta clase de análisis mientras más aisle las limitaciones anteriores, menos imprecisos serán los resultados en términos de la variación esperada.

Un ejemplo de generación de ingresos en los bosques tropicales y su relación con la valoración integral de los servicios y bienes del bosque tropical.

Como hemos planteado en los párrafos anteriores, uno de los problemas de la valoración del bosque tropical radica en la multiplicidad de formas a través de las cuales la generación de ingresos en un bosque se lleva a cabo.

El problema repetimos, está en la forma en que los recursos del bosque además de la madera se valoran y en cómo se distribuyen esos ingresos entre el individuo y la sociedad; este problema de economía del bienestar es sin duda el más difícil de todos en la medida que ello representa resolver un conflicto que a lo largo y ancho de la historia jamás se ha podido resolver a cabalidad.

Hemos pensado que la mejor forma de enfrentar el problema es a través de un ejemplo, el cual hemos desarrollado con el propósito de mostrar como enfrentamos en el CATIE este problema.

La premisa básica del análisis es que antes de valorar algo, debemos proceder exactamente a saber cuanto en realidad tenemos de eso que queremos valorar; conocido lo anterior y la circunstancia de demanda del servicio ambiental estaremos en capacidad de hacer la valoración.

Con propósitos ilustrativos hemos dividido el ejemplo en partes para después sintetizarlo en un solo cuadro y así mostrar mejor los problemas de valoración que usualmente, cada servicio ambiental enfrenta.



VALORACION DE LA MADERA

Este es el más fácil de todos los bienes y servicios del bosque tropical de valorar, ya que se transa en el mercado y además de eso el precio y los volúmenes de extracción son fácilmente identificables.

En trabajos recientes realizados en el CATIE se ha podido determinar que en bosques de bajura de la zona de San Carlos -Sarapiquí, los volúmenes de madera en trozas producto de la extracción de madera en una área promedio de 50.41 hectáreas, se extrajeron en promedio 564.69 m³ de madera proveniente de especies comerciales o sea 11.20 m³ por hectárea. El ingreso promedio por metro cúbico vendido fue de C\$ 4983.1 (Solano, 1994). Como se observará esto da un ingreso por hectárea del orden de los C\$55,809.60 .

Esta clase de información es fácil precisa y bien concreta y en especial son recursos que el individuo percibe directamente sin ningún tipo de proceso, ajeno a sus intereses particulares y usualmente no hay ninguna duda sobre su apropiabilidad o quien es el beneficiario último del esfuerzo productivo, cosa que no sucede con los otros servicios ambientales.

VALORACION DE LOS PRODUCTOS NO MADERABLES

Aunque este grupo de productos es de más fácil apropiación con él comienzan los problemas prácticos de cómo valorar objetivamente esta clase de producto al ser muchos de uso familiar, propios de ciertas culturas y si mercados establecidos.

Estos productos como hemos dicho, son un poco más difícil de valorar, ya que muchos de ellos representan cosas que en la realidad o no tienen mercados directos o su comercialización es muy compleja y que además algunos de los productos -plantas y animales-son de uso local y por los pueblos autóctonos y si bien son de apropiación directa en realidad hay problemas de valoración a través de los canales normales del mercado.



En este caso la información disponible en la actualidad muestra que esta clase de ingresos podrían ubicarse en el orden de los US\$51.00 por hectárea por años (Godoy, *et al.*1993).

VALORACION DEL AGUA

Con la generación de ingresos por la vía del agua en realidad comienzan los verdaderos problemas de valoración de un bien o servicio ambiental, ya que este producto si bien es una realidad palpable, es ciertamente un bien social valorable de muchas diversas formas en particular en sus tres usos más importantes: industrial, humano y eléctrico. El problema que se presenta está en valorar esta agua en su uso marginal de mayor valor y sobre todo hacer que ese valor o ingreso generado sea usufructuado en alguna medida por quienes son los dueños del bosque.

Estudios realizados en CATIE muestran claramente que el bosque tiene una capacidad clara de producir agua. En estudios recientes hechos en bosques de altura con encinos como especies predominantes y donde se ha medido la producción de agua directamente se han obtenido volúmenes de agua producidos del orden de los 7597 a 12790 metros cúbicos de agua por año. (Turcio, 1995). Por otra parte, del análisis hecho en la comunidad vecina de Villa Mills, se vio claramente que dependiendo del destino así se podría valorar el líquido.

A continuación se presentan varias de las opciones de valoración hechas:

- Valoración por voluntad de pago C¢31.61 por m³.
- Valoración por cargo del A y A.C¢12.98 por m³.
- Valoración hidroeléctrica por conversión de agua en energía C¢8.91 m³.

Como se podrá observar si tomamos un promedio de 10000 m³ por hectárea por año y valoramos el agua en su opción más barata, tenemos un ingreso promedio por este rubro del orden de C¢89100 colones por hectárea. La pregunta es cuánto de esto realmente puede el dueño del bosque esperar percibir; en realidad nada y por lo tanto mientras este problema de distribución social de ingresos no se supere, este argumento será un “bello sueño ambientalista”.



VALORACION ECOTURISTICA

Uno de los “nuevos” usuarios del bosque tropical es el turista particularmente en busca de recreación y de escenarios y actividades que en su entorno normal no le son comunes. En esta clase de uso el problema es en el fondo el mismo de los problemas que enfrentamos con el agua. El ingreso derivado ecoturísticamente es un ingreso imputado y percibido por otros grupos, ajenos muchas veces a las necesidades de quienes son los propietarios nuevos y ancestrales de los bosques.

En un estudio reciente realizado en CATIE en el que se utilizó una modificación del método del excedente al consumidor para valoración de los recursos naturales, se estimó el valor ecoturístico anual de los bosques del país en US\$13.16 por hectárea. (Dean y Aguirre, 1997).

VALORACION DEL CARBONO FIJADO

Esta fuente de ingresos se ha convertido en una especie de “espejismo colectivo” ya que queremos vender algo que en realidad sus mediciones han sido muy discutidas en la literatura. El material mas conocido el de Brown y Lugo en épocas recientes ha sufrido una revision tan drástica de sus cálculos originales, que es fácil dudar de los resultados.

Cálculos preliminares hechos por el autor en 1994, ubicaban los ingresos anuales que se podrían generar por este concepto en unos US\$77.00 por hectárea de bosque natural (Aguirre, 1994).

Sin embargo esos cálculos, como muchos, fueron hechos un poco basados en la literatura. En la actualidad el autor dirige una tesis en la cual físicamente se mide el carbono en los bosques de altura de Costa Rica y los resultados se esperan para antes de fines de 1997.

De nuevo el problema es como mercadear la venta de este servicio ambiental y que los pequeños productores de verdad se beneficien y reciban lo que en el fondo les corresponde por cuidar el bosque por este concepto.



VALORACION DEL POTENCIAL FARMACEUTICO

Este es un rubro que podríamos ubicarlo en el area especulativa. Sin embargo, algunos colegas del InBio en comunicación personal (Sittenfeld, 1994) nos han facilitado información que permitiría hacer una estimación muy grosera que lo ubicaría en alrededor de US\$2.31 por hectárea por año. De nuevo aquí el problema está en realidad en cómo estimar el potencial farmacéutico de un bosque tan diverso como el bosque tropical, ya que quienes poseen la información no suelen ser muy amigos de compartirla libremente.

UNA SINTESIS DE LA GENERACION DE INGRESOS DEL BOSQUE TROPICAL

El cuadro 1, muestra en forma de síntesis lo que podría valer la producción anual de un bosque tropical si valoramos aquellos servicios ambientales básicos que éste nos brinda conjuntamente con la madera. Es interesante pero ya en 1994 el autor con base en datos menos precisos había arribado a una cifra parecida, en aquella época el valor total estimado fue de US\$877.40 (Aguirre,1997)

El problema es y será que del valor total estimado para los más importantes y conocidos bienes y servicios del bosque tropical, la madera sólo representa el 31% .El resto son beneficios sociales que otros disfrutan. No hay que olvidar que esto es lo que los dueños y habitantes del bosque ven y entienden. Si no se hace algo para crear mecanismos de transferencia de una parte del restante 69%, a quienes están en contacto directo con los bosques y que son los que al final lo cuidarán. El manejo sostenible de los bosques no pasará de ser un negocio del que otros, menos los dueños y habitantes autóctonos de los bosques, se beneficiarán.

¿Qué implica una valoración integral del bosque tropical en términos de generación de ingresos ?

A continuación se plantean algunos temas que creemos centrales en relación con la valoración integral del bosque y que nacen de las experiencias acumulados en la búsqueda de formas de valorar integralmente los bosques tropicales.



Inventario real sobre extensión y condiciones de los bosques tropicales.

La valoración real e integral del bosque tropical requiere sin duda alguna de un primer paso: el saber de cuanto bosque tropical disponemos; esto es central y es en la actualidad una de las grandes debilidades de los análisis que hoy se hacen sobre los productos no maderables y maderables del bosque.

Nuevas formas de organización para el manejo de los productos no maderables del bosque.

La valoración integral del bosque requiere de medidas y formas de organización que garanticen que los beneficios económicos de la valoración integral del bosque, no queden en manos de unos pocos beneficiarios y sean los nuevos beneficios los que se conviertan en elementos motivadores del manejo sostenible de los bosques tropicales.

Balance entre la conservación y la producción de madera en los bosques tropicales.

La valoración integral implica no sólo la valoración de bienes y servicios no maderables del bosque sino también el incluir en todos los sistemas de producción forestal, medidas de conservación o costos defensivos como parte de los planes de manejo e inversión de las explotaciones tropicales de madera, entendiendo que la explotación de madera podría en ciertos casos poner en peligro la sostenibilidad de los otros servicios del bosque tropical.

Revisión de las políticas de crédito al sector forestal para incluir los servicios ambientales.

Las políticas crediticias tendrán que ser revisadas con el fin de que las políticas de crédito en términos de los períodos y formas para incluir el financiamiento de inversiones en servicios ambientales. Obviamente acompañadas por mecanismos de redistribución de los ingresos generados por estos servicios, hacia los dueños y habitantes de los bosques.

Creación de mecanismos que garanticen que los beneficios sociales puedan ser apropiados por los dueños de los bosques.

Mucho de los beneficios del bosques son de naturaleza social. Sin embargo, son los dueños de los bosques los que al final deberán de cuidar el recurso, por lo cual si con ellos no se comparten los beneficios generados por las otras fuentes de ingreso, será difícil que ellos los cuiden. Es urgente que desarrollemos formas de transferencia entre



grupos sociales de los beneficios del bosque si es que nos interesa la preservación y sobrevivencia de los bosques.

Quienes hoy se benefician deberán compartirlos con quienes cuidan del bosque o no habrá muy pronto beneficios que repartir.

En el estado de cosas actual, es difícil imaginar que productores de maderas y los habitantes de la floresta mantendrán una actitud positiva hacia el manejo sostenible del bosque, si ellos no logran un beneficio tangible de los ingresos que los servicios ambientales del bosque le generan a la sociedad.

Estamos convencidos que el manejo sostenible del bosque no será más que una idea loable sino se producen cambios sustantivos en la política forestal, con respecto a la distribución de los ingresos a los servicios ambientales que el bosque provee.

Este planteamiento no necesita de mucha filosofía; las personas que viven del bosque no lo van a cuidar y manejar como se debe sino participan en los beneficios del bosque, la historia lo ha demostrado y lo que es peor, lo demuetra en todos los países del planeta. En esto no parece haber diferencias, de color, religión o nivel de desarrollo.



Bibliografía

- Aguirre, Juan A. 1993.* Oferta, demanda y precios de la madera: el caso de Costa Rica. 1985/1992. Resumen. Semana Científica, Doc. 19. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Aguirre, Juan A. 1994.* Metodología para la valoración macroeconómica / ecológica del bosque tropical. CATIE. Doc. interno de trabajo. MIRENEM / epc. Turrialba, Costa Rica. 110 pp.
- Aguirre, Juan Antonio. 1997.* Economic vrs Financial Pricing of Timber and Its Probable Impact on National Accounts: The Costa Rican Case, 1980-92. Chapter 5 in Environmental Sustainability Practical Global implications. ed. Frasier Smith. St Lucie Press. pag 87-106.
- CCT-WRI. 1991.* La depreciación de los recursos naturales en Costa Rica y su relación con las cuentas nacionales. CCT/WRI. San José. 148 pp.
- Dean, Jane y Aguirre, Juan Antonio .1997.* International Tourism and Its Contribution to the The Valuation of the Tropical Rainforest: A proposed method and application in Costa Rica. Paper to be presented at the IV Interamerican Congress of The Environment .CIMA..97. Caracaas. 10 pag.
- Godoy, Ricardo A. and Bawa, Kamaljit S. 1993.* The economic value and sustainable harvest of plants and animals from the tropical forest: assumptions, hypotheses and methods. Economic Botany. 47-3. July/September. 215-219.
- López Fernández, Francisco S. 1994.* Determinación de la rentabilidad financiera y comparativa del manejo del bosque natural con respecto a la actividad ganadera. Cordillera Volcánica Central. Costa Rica. Tesis de MSc. CATIE: Escuela de Postgrado. Turrialba. 114p.
- Sittenfeld, Ana. 1994.* Comunicación Personal.
- Turcios Carrasco, Wilmer. 1995.* Producción y valoración económica del componente hídrico y forestal de los robledales de altura bajo intervenciones silviculturales. Tesis de MSc. CATIE. Escuela de Postgrado. Turrialba. 90 pag.



CONSIDERACIONES SOBRE EL MANEJO SOSTENIBLE DEL BOSQUE SUCESIONAL EN COSTA RICA

Walter Picado¹

ANTECEDENTES

La tendencia actual del consumo de madera posiblemente lleve al agotamiento del recurso forestal natural comercial en los próximos años; esto traerá como consecuencia el desembolso de divisas para importar los productos requeridos para atender la demanda nacional. En todo caso, no es productivo enfatizando sobre lo que se ha perdido y pierde hoy día; mejor aún es analizar las posibilidades de ofrecer al productor y la sociedad en general, opciones de producción y suministro de productos forestales.

En Costa Rica el abandono de fincas agrícola-ganaderas es común, lo cual se debe a la pérdida en la productividad de los suelos y/o a la falta de incentivos y créditos adecuados para esas actividades. En esas fincas, por medio de los procesos de sucesión natural, surgen bosques secundarios cuyo potencial productivo es muy alto. En 1984, según datos del censo agropecuario de Costa Rica, se tenía más de 400000 ha. de tierras abandonadas (9,4 % del territorio), Costa Rica (1987).

En el documento de política forestal para Costa Rica se identifican los lineamientos generales de desarrollo forestal del país; donde el objetivo principal para este subsector es “conservar, proteger, aprovechar, industrializar, administrar, y fomentar el recurso forestal, de acuerdo con el principio de uso racional de los recursos naturales renovables”. Para cumplir con esos objetivos se promoverá el manejo y mejoramiento de los recursos naturales renovables del país; de tal forma que los bienes y servicios puedan ser aprovechados por la mayoría de los costarricenses en forma continua, a perpetuidad y sin menoscabo de su productividad. Será responsabilidad del sector público la función promotora, coordinadora, impulsora y de control, y del sector privado la función de ejecutar los programas de manejo y aprovechamiento del bosque, reforestación e industrialización del recurso.

¹ Ing. Forestal, M, Sc. Silvicultor asesor. Recursos Naturales Tropicales S.A.



En un momento donde la conservación del medio y las opciones ecológicamente sanas son bien vistas y aceptadas, debe ser prioridad del Estado incentivar la conservación y manejo de los bosques secundarios que, a pesar de todo, con frecuencia son poco valorados al referirse a ellos como “charrales o tacotales”.

El productor necesita opciones adecuadas para integrar esas áreas abandonadas a un sistema de producción sostenible dentro de la economía de finca y, por otra parte, el Estado debe ofrecer alternativas viables a los productores y a los consumidores de productos, bienes y servicios del subsector forestal.

Con el conocimiento y la experiencia disponibles sobre manejo de bosque, es posible iniciar un programa nacional de manejo que, en primera instancia, se aboque a generar e incorporar en sí mismo, toda la información necesaria para adecuarlo a las necesidades sentidas de los productores y del sector forestal nacional.

Con el aporte económico de CARE INTERNACIONAL y el Programa Desarrollo Forestal (PDF) de la Dirección General Forestal (DGF), actualmente MINAE; además del papel facilitador y de coordinación de la Asociación Guanacasteca de Desarrollo Forestal (AGUADEFOR) en Guanacaste, se realizaron varios trabajos en materia de manejo de bosque secundario. Se trabajó en el Pacífico Seco como Región piloto; sin embargo, las acciones propuestas son válidas en el ámbito nacional.

CONCEPTOS Y DEFINICIONES BASICAS

En términos muy generales, la sucesión ecológica es un proceso continuo de cambios que conducen paulatinamente a la obtención de un bosque de estructura y composición cada vez más desarrollados. Se pueden reconocer tres fases que, para efectos de estudio, facilitan la labor del silvicultor.

La primera, que raramente dura más de cuatro años, donde la mayoría de la vegetación es herbácea y arbustiva; será sustituida en la segunda fase por un grupo de especies de crecimiento rápido, las cuales forman un dosel superior que perdura



por 10 y hasta 25 años. La tercera fase se caracteriza por la presencia de especies que toleran sombra; esta fase es normal a partir de los 15 años y se mantendrá mientras no sucedan nuevas perturbaciones fuertes del sitio, Picado (1994).

En Costa Rica, los intentos por cuantificar el área de bosque secundario han experimentado problemas variados, desde la definición misma de bosque secundario. Los datos del censo agropecuario 1984, publicado en 1987, Costa Rica (1987), indican que para esa época en el país habían 492 000 ha. de bosque secundario, sin mayor diferenciación en los tipos de bosque, Picado (1991).

DEL MANEJO DEL BOSQUE NATURAL SECUNDARIO

Dada la importancia que tiene el bosque para asegurar calidad de vida a la población, y la capacidad de uso forestal que caracteriza a la gran mayoría de áreas con bosque natural secundario, resulta deseable un programa de incentivo para la conservación y el manejo participativo de esas áreas, bajo un esquema de sostenibilidad social, económico y silvicultural. Por otra parte, la mayoría de áreas con bosque natural secundario, se ubican en sitios cuya capacidad de uso es forestal, por lo cual además, corresponde al Estado fomentar el uso y manejo apropiado de esas áreas. En ese sentido, existe un marco jurídico y legal favorable para el diseño y ejecución de un programa de incentivo al manejo de bosque natural secundario en Costa Rica.

Dados los incrementos preocupantes en las tasas de CO₂ en la atmósfera del planeta, es urgente buscar opciones de producción y manejo de los bosques naturales del país, para contribuir a la fijación del CO₂, como uno de los beneficios importantes de mantener una cobertura boscosa arbórea.



RESUMEN DEL ESTADO DE AVANCE PARA LA PROMOCION Y APOYO AL MANEJO DEL BOSQUE SECUNDARIO

Fincas demostrativas.

Con el apoyo de CARE, Programa Desarrollo Forestal (PDF) y AGUADEFOR, se trabajó en la identificación y selección de áreas piloto y el establecimiento de parcelas permanentes de muestreo en fincas demostrativas. Al final del proceso, se seleccionaron cuatro áreas piloto y se trabajó en cinco fincas demostrativas en las que se establecieron ocho parcelas permanentes de muestreo (ppm).

Las necesidades sentidas y las expectativas de los propietarios de los bosques, mostró poco en común; sin embargo, todos dejaron ver su interés por la conservación y manejo de su bosque.

Ante la oportunidad de producir en forma sostenida diversos bienes, productos y servicios, los productores se muestran interesados en un programa de incentivo al manejo de bosque secundario, con clara conciencia de que del bosque se puede obtener mucho más que madera.

El establecimiento de parcelas permanentes de muestreo permite recopilar información de alto valor para la definición de opciones de manejo de bosque secundario.

El manejo del bosque secundario es factible desde el punto de vista técnico y tiene aceptación por parte del productor como una forma adecuada de uso de sus bosques, donde la madera es solo un producto más del bosque, no el único ni el más importante. Entre otras acciones prioritarias se identificó:

- Incentivar aquellos bosques que se encuentran hacia el final de la segunda fase sucesional y de preferencia en la tercera fase.
- Priorizar el incentivo hacia aquellas áreas de mayor concentración de bosques.
- Promover el manejo de bosques donde la obtención de productos no tradicionales, bienes y servicios permitan un manejo y uso múltiple del bosque; por ejemplo, en Guanacaste la obtención de agua, polen y miel, etc.



Las conclusiones del trabajo de selección de áreas piloto y establecimiento de ppm en fincas demostrativas fueron:

- Es posible identificar áreas, dentro de una región, con mayor concentración de bosques secundarios potenciales de manejar.
- A nivel de subregiones existen fincas con bosques sucesionales que podrían manejarse como unidades piloto demostrativas para promover a en el ámbito regional/nacional el manejo del bosque secundario.
- El establecimiento de ppm permite recopilar información de valor para la definición de opciones de manejo que técnica y financieramente sean atractivas para el propietario del bosque.
- El manejo del bosque secundario es factible técnicamente y el propietario lo reconoce como una forma adecuada de uso de sus tierras, donde la madera es solo un producto más del bosque, no el único ni el más importante.

GUIA ILUSTRADA

Se preparó una guía ilustrada de campo que contiene los aspectos y conceptos de base para que el productor y el personal de campo realicen operaciones de manejo del bosque. El contenido de la guía es el siguiente:

PRESENTACION

CONCEPTO GENERAL DE MANEJO

CONCEPTOS BASICOS PARA EL MANEJO DEL BOSQUE

Reconocimiento de los árboles

Agrupación de las especies

Valoración y calidad de los árboles

Calidad e iluminación de la copa



OPERACIONES PARA EL MANEJO

Operaciones dirigidas a la regeneración

Quema controlada

Remoción de hojarasca

Limpia del bosque por bajo

Operaciones dirigidas a los árboles

Liberación

Control de bejucos

Saneamiento

Enriquecimiento

Raleos o entresaca

Aprovechamiento

La cubicación

ESTRUCTURA DE COSTOS

Se elaboró una estructura de costo, que sirve como punto de partida para contar con un avío por hectárea para el incentivo al manejo del bosque.

Los incentivos deben ser medidas transitorias, que durarán mientras se logren superar las causas que los justificaron, Camino de (1987).

Además de una descripción del tipo de incentivo y justificación para el caso de manejo de bosque secundario, se preparó la estructura de costo y el plan de desembolsos, los cuales se presentan en los cuadros 1 y 2, respectivamente.



CUADRO 1.

Propuesta de estructura de costos para el Programa de Incentivo al Manejo de Bosque Natural Secundario en Costa Rica, para un período de diez años.

OPERACION	COSTO (colones/ha)*
COSTOS FIJOS	
1. Equipo y herramientas	1 047
2. Cercado	750
3. Vigilancia, detección de incendios y mantenimiento de cercas	10 000
4. Plan de manejo	6 000
5. Asistencia técnica	5 000
6. Administración/organización (12% del total)	6 450
COSTOS VARIABLES	
1. Operaciones silviculturales	
1.1 Aprovechamiento (Marcación)	653
1.2 Quema controlada	2 900
1.3 Exposición del suelo	2 900
1.4 Liberación y control de bejucos	6 000
1.5 Saneamiento	4 700
1.6 Limpieza por bajo	5 800
1.7 Raleos	6 000
1.8 Validación y retroalimentación	1 800
TOTAL	60 000
* Tipo de cambio oficial en marzo 1994. US\$ 1 = 147 colones	

**CUADRO 2.**

Propuesta para el plan de desembolsos en el programa de incentivos al manejo de bosque secundario en Costa Rica, para un período de diez años.

OPERACION		AÑO Y MONTO DEL DESEMBOLSO					TOTAL
No. *	1	3	5	6	9	(ø/ha)	%
COSTOS FIJOS							
1	1 047					1047	2
2	750					750	1
3	2 000	2 000	2 000	2 000	2 -000	**10 000	-
4	6 000					6 000	12
5	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	5 000	10
6	3 225		3 225			6 450	13
COSTOS VARIABLES							
1			653			653	1
2			2 900			2 900	6
3	1 450		1 450			2 900	6
4	1 500	3 000		1500		6 000	12
5			4700			4 700	9
6		2 900		2900		5 800	12
7		3 000			3 000	6 000	12
8	1 800					*** 1 800	4
TOTAL	16 772	9 900 3928	1	5 400	4 000	50 000	100
%	33	20	28	11	8	100	

Porcentualmente se podrían considerar las siguientes opciones.

%	35	25	25	10	5	100
%	40		40		20	100

Cada desembolso encarece y dificulta el procedimiento y la eficiencia.

* : se refiere al número de operación, según aparece en el cuadro 1, clasificadas por costos fijos y variables.

** : no contabilizado en este plan de desembolsos.

*** : válido para el primer año como medida transitoria.



Documento marco para el manejo de bosque secundario en Costa Rica.

Se preparó un documento marco como propuesta al Estado, de un programa de incentivo al manejo del bosque secundario en Costa Rica (PIMBOS).

Descripción del PIMBOS.

El manejo se enfoca desde la perspectiva de aprovechar los conocimientos sobre la dinámica sucesional del bosque secundario, mediante el manejo de la regeneración natural. El principio básico será el de dirigir el potencial productivo del bosque, hacia las especies de valor comercial para la producción de madera aserrable.

Objetivo general.

Propiciar un uso racional y sostenible de los bosques secundarios, de tal forma que contribuya al fortalecimiento de una cultura forestal para que mediante un cambio de actitud de la sociedad, se asigne el valor real a los productos, bienes y servicios del bosque, para que contribuya a mejorar la calidad de vida de la familia rural y las condiciones ambientales a partir de la captura de CO₂.

Beneficiarios.

El proyecto está dirigido a los pequeños y medianos productores del país interesados en el manejo del bosque natural secundario, que pertenezcan a organizaciones locales tales como Cooperativas, Centros Agrícolas Cantonales, Asociaciones Forestales, Asociaciones de Desarrollo Comunal, etc.

Componentes del programa.

El programa se subdivide en cuatro componentes :

1. Planificación y manejo participativo del bosque
2. Extensión y capacitación
3. Supervisión y monitoreo
4. Investigación aplicada y participativa



RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE UN ESTUDIO ETNOBOTANICO EN BOSQUES SECUNDARIOS EN EL PACIFICO SECO, COSTA RICA

“La etnobotánica es una disciplina que estudia el aprovechamiento de los recursos naturales por parte de las poblaciones locales, tanto nativas (indígenas) como aquellas que han residido por largo tiempo en una determinada región” Ocampo (1994); sin embargo, la mayoría de los estudios etnobotánicos se han orientado al análisis del uso de plantas medicinales (etnofarmacología); dejando de lado el potencial de los recursos vegetales que se consideran como productos forestales no maderables del bosque.

El productor necesita opciones adecuadas para el manejo de áreas de uso agropecuario, abandonadas como consecuencia de políticas de desincentivo a actividades agropecuarias en los últimos dos decenios. Es necesario incorporar a la economía de finca, las áreas de bosque sucesional y, por otra parte, el Estado debe ofrecer alternativas viables a los productores y a los consumidores de productos, bienes y servicios del subsector forestal.

La participación activa de los productores en los procesos de planificación y manejo del bosque natural secundario, debe darse bajo un enfoque en el que no se vea al bosque sólo como fuente de madera para la industria del aserrío, ya que desde esa perspectiva se habrá dejado de realizar gran parte de su potencial económico-productivo.

No existirá manejo sostenible para los bosques naturales en tanto se piense que la madera es el único y más importante producto del bosque natural. La incorporación de otros productos, bienes y servicios, confieren al manejo del bosque un enfoque más acorde con el potencial productivo que desde muchos años atrás los pobladores indígenas han reconocido y aprovechado.

Con el estudio de la etnobotánica se trata de redescubrir algunos conceptos y usos de los recursos del bosque que actualmente pasan desapercibidos, menospreciados y hasta olvidados. La idea principal es considerar los valores locales de las plantas, los animales y los árboles desde la perspectiva del habitante local, nativo o inmigrante de



otras zonas del país, con la intención final de establecer formas de uso y aprovechamiento reconocibles por los pobladores locales, que den origen a sistemas de manejo y producción sostenibles.

ESTUDIO REALIZADO

Se llevó a cabo un estudio de muestreo y valoración de bosques sucesionales en el Pacífico Seco, específicamente en la Península de Nicoya, con tres etapas bien diferenciadas:

1. Reconocimiento e identificación de bosques potenciales para recopilar información de base, se valoraron 38 áreas de bosque, de las que el 55 % tenía más de 15 años de edad, el 30 % entre 10 y 15 años y el otro 15 % entre 8 y 10 años,
2. Diseño de un formulario para encuesta que se aplicó a 20 productores, con bosques representativos de los tres rangos de edad indicados.
3. Identificación, valoración y cuantificación de los productos y bienes en un bosque representativo para cada rango de edad.

VALORACION Y CUANTIFICACION DE PRODUCTOS Y BIENES

La información sobre caracterización de los tipos de bosque y los resultados de la encuesta aplicada se hayan en Picado (1994 a). En este documento se presentan resultados de la valoración de campo de bosques representativos de los rangos de edad, citados con antelación (8-10 años, 11-15 años y mayor de 15 años); en esos bosques se cuantificó cada uno de los productos y bienes posibles de usar o comercializar en forma local o regional.



Madera aserrable

En dos de los bosques muestreados se halló madera de dimensiones comercializables, uno de 40 años en el que actualmente se puede extraer 9 metros cúbicos/ha. y otro de 15 años en el que el volumen de árboles con dap superior a 50 cm es de 57 metros cúbicos (IMA de 3.8 m³), todos de guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*).

Según información del propietario del bosque de 40 años, de esa área se ha extraído madera en ocasiones diversas. Por lo tanto, el potencial productivo determinado es en realidad mayor a lo encontrado actualmente.

En el bosque de 15 años, es probable que antes del abandono total del sitio ya existiesen algunos árboles de Guanacaste con algún desarrollo, como resultado de árboles que se dejan cuando se chapea los potreros. El volumen actual comercializable para árboles con dap mayor a 50 cm es de 57 metros cúbicos por hectárea. En este bosque se encuentran otras especies de alto valor para la industria de aserrío como son el surá (*Terminalia* sp) y laurel (*Cordia alliodora*); con dimensiones de dap desde 10 hasta más de 30 cm.

En el bosque de 10 años no se encontraron árboles residuales con dimensiones que pudiesen dar madera aserrable actualmente. Los árboles comercializables de mayor valor son de laurel, con dap entre 10 y 20 cm; lo cual arroja un crecimiento diamétrico medio de 1 a 2 cm por año. Se halló un total de 117 árboles/ha de especies de valor como madera aserrable o bien para obtención de varas para construcción rural.

Fustales para construcción rústica.

Fustal se llama a los árboles cuyo diámetro a 1.3 m sobre el suelo, es igual o superior a 10 cm.

Los árboles que la población local prefiere para emplearlos en la construcción de ranchos y agregados rústicos a sus casas de habitación, corresponden a especies de madera duras, tronco de buena forma por su rectitud y con gran resistencia a las inclemencias del tiempo y humedad. Entre las especies preferidas se tiene el laurel, el surá, el madroño (*Calophyllum candidissimum*) y el malacauite (*Chomelia spinosa*), etc.



En términos generales, y para los efectos de este estudio, se considera que el precio promedio por vara (¢609) (US \$3,26), es un buen indicador del valor de este tipo de producto; en el cuadro 3 se presentan los datos del muestreo.

CUADRO 3.

Número de fustales de valor para el uso en la construcción rural rústica.

Especie	Número de fustales/ha en un bosque de :		
	40 años	15 años	10 años
Chaperno negro <i>Lonchocarpus</i> sp.	—	—	17
Guapinol (<i>Hymenaea courbaril</i>)	—	40	—
Laurel (<i>Cordia alliodora</i>)	—	—	83
Moridero (<i>Eugenia salamensis</i>)	—	10	17
Surá (<i>Terminalia</i> sp.)	—	10	—
TOTAL	—	60	117

Fustales de valor en la medicina popular.

Los fustales que tienen valor medicinal son de importancia reconocida a nivel de comunidades. En el cuadro 4 se presentan los datos de especies y número de árboles por hectárea de estas especies.



Cuadro 4.

Especies y número de árboles/ha de valor en medicina popular en bosques sucesionales en el Pacífico Seco, Costa Rica.

Especie	Número de fustales/ha en un bosque de :		
	40 años	15 años	10 años
Malacauite (<i>Chomelia spinosa</i>)	10	—	—
Canelo (<i>Ocotea</i> sp)	40	—	—
Cojón de chancho (<i>Tabernaemontana amygdalifolia</i>)	20	—	—
Fierrecillo (<i>Laplacea</i> ssp)	10	—	—
Guapinol (<i>Hymenaea courbaril</i>)	—	20	—
TOTAL	80	20	

Bejucos y plantas menores de valor en la medicina popular.

Los bejucos y plantas menores del bosque natural ocupan un lugar importante en la medicina popular; la variedad de usos y tipos de plantas que se emplean dejan ver un potencial grande para un manejo sostenible de los bosques secundarios naturales, si las condiciones de mercado y precio para este tipo de producto fuesen adecuados. Se encontraron cifras muy similares en cuanto al número de especies por hectárea por rango de edad de los bosques; esto es:

- 10 especies en bosques con edad superior a 15 años,
- 13 especies en bosques con edad entre 11 y 15 años y
- 11 especies en bosques con edad entre 8 y 10 años.

En cuanto a la abundancia, las cifras difieren sensiblemente, ya que mientras en los bosques de más de 15 años se encontró hasta 17 000 plantas/ha, en los de 8 a 15 años hubo aproximadamente 11 500.



Otras plantas de interés.

Otras plantas de interés comprenden especies que no se venden para fines ornamentales o medicinales, pero que cumplen, o cumplieron, alguna función práctica y útil en la vida de las comunidades rurales.

En el bosque de 15 años se encontró un total de 1280 plantas/ha de raspa (bejuco de hojas ásperas), de la cual se emplea la hoja para lavar trastos en la casa o muebles de madera como escaños y taburetes. Además, existe en estos bosques sucesionales una planta conocida como musgo de suelo, muy usada para adornos navideños, principalmente las familias que acostumbran hacer un portal; se encontraron cantidades de 50 000, 2 700 y 7 000 plantas de musgo de suelo/ha en los bosques de 40, 15 y 10 años, respectivamente.

Se puede resumir en tres los tipos de productos que actualmente el productor extrae del bosque, con mercado real para todos ellos:

1. Madera en troza para aserrío,
2. Varas para construcción rural rústica y
3. Productos medicinales

En términos muy generales se estima que para un bosque sucesional en el Pacífico Seco, se puede diseñar un ciclo de corta de diez años de madera aserrable y un aprovechamiento anual para cualquier otro bien y servicio. En el cuadro 5 se presenta un resumen de los costos e ingresos por razón de aprovechamiento de los productos y bienes del bosque.



CUADRO 5.

Flujo anual de ingresos y costos estimados por hectárea para el aprovechamiento de los productos y bienes de un bosque sucesional en la región del Pacífico Seco, Costa Rica.

CONCEPTO	VOLUMEN O CANTIDAD	COLONES /HA	%
INGRESOS			
Madera en troza	1 m ³	20 800	20
Varas para construcción rústica	10 unidades	6 090	6
Postes	150 unidades	42 450	40
Leña	12 m estéreos	9 900	9
Arboles y plantas medicinales y plantas hornamentales	33 % de los usos indicados por los productores. Al menos una cepa de guaria/ha	10 215	10
Miel de abeja	22 botellas	7 700	7
Miel de sandal	22 botellas	8 074	8
Subtotal Ingresos		105 229	100
COSTOS			
Preparación trozas	1 m ³	12 272	44
Preparación de varas	10 unidades	2 910	10
Preparación y acarreo de leña	12 m estéreos	6 432	23
Recolección de plantas medicinales y hornamentales	33 % de usos indicados por los productores	1 000	4
Miel de abeja	22 botellas	1 000	4
Miel de sandal	22 botellas	2 000	7
		3 300	12
Subtotal Costos		27 914	100

De la utilidad neta total por hectárea, el 11 % corresponde a la madera en troza, mientras que la miel de abeja y la de sandal juntas representan el 14 % de las utilidades netas. Eso deja ver que en este caso, la madera en troza no es el principal y más rentable producto del bosque natural.



Los datos sobre producción, costos y rendimientos dejan ver que sólo un 11 % de la producción total considerada en este estudio corresponde a madera en troza para la industria del aserrío; lo cual cambia sustancialmente la información más usual de que el producto principal y más rentable del bosque natural es la madera en troza. Por el contrario, la madera es uno de los productos que demanda mayor inversión por unidad de producto extraído, \$0.59 por colón obtenido en la venta, en el caso de la miel de abejas y sandal, la relación fue de \$0.33 por colón de producto vendido.

CONSIDERACIONES FINALES SOBRE EL ESTADO DE CONOCIMIENTO PARA EL MANEJO DE BOSQUES EN COSTA RICA

La experiencia y conocimientos técnicos generados y de dominio de muchos de los técnicos forestales que se tiene en Costa Rica, ofrecen un ambiente favorable para el manejo adecuado y oportuno de los bosques naturales.

Existen proyectos de investigación científica y aplicada que en Instituciones como el CATIE, ITCR, UNA, etc., y en Organizaciones locales como AGUADEFOR, COOPE-MADEREROS, entre otras, han trabajado y trabajan actualmente en busca de técnicas para un manejo sostenible de los bosques naturales del país y, más ampliamente, de la región Centroamericana (tal es el caso de varios proyectos que ejecuta el CATIE).

Quizá la falta de divulgación de los resultados sea el obstáculo por superar, para realizar el manejo adecuado y oportuno que se desea para los bosques naturales, cualquiera que sea su tipo (primario, residual o sucesional).

Definir una red de intercambio de información entre los proyectos e instituciones que trabajan en investigación pura o aplicada en bosques, será una actividad deseable para conseguir sistemas de manejo adecuados, oportunos y sostenibles para los bosques naturales, en beneficio de sus propietarios y el ambiente general.



Bibliografía

- Bene, J.G.; Beall, H.W.; Cote, A. 1979. El bosque tropical sobreexplotado y subutilizado. IDRC-084S. Ottawa (Canadá). 51 p.
- Cafor 1994. Calendario etnobotánico, plantas medicinales del bosque de Zambrano.
- Costa Rica. Dirección Nacional de Estadística y Censos. 1987. Censo Agropecuario 1984. San José, Costa Rica. 216 p.
- Fisher, B. 1994. Creación de espacios: agencias de desarrollo e instituciones locales en el manejo de recursos naturales. Bosques, Árboles y Comunidades Rurales (21): 4-11.
- Hegde, N.G.; Daniel, J.N. 1992. Promoción de productos forestales no madereros mediante el desarrollo forestal social - Memorias de un taller nacional. Bosques, Árboles y Comunidades Rurales (21): 46.
- Kelly, H. 1992. Conocimiento tradicional y conocimiento tecnológico. Recursos (UICN), año 1 (5): p 11.
- Malhotra, K.C.; Poffenberger, M.; Bhattacharya, A.; Debal, D. 1992. Ensayos de metodología de diagnóstico rápido en el suroeste de Bengala: evaluando los patrones de regeneración de bosques naturales y prácticas de recolección de productos forestales no maderables. Bosques, Árboles y Comunidades Rurales, Boletín (15-16): 18-25.
- Ocampo, R. 1993a. El potencial de los productos no maderables en el manejo de los bosques tropicales húmedos. Presentado en la primera Semana Científica del CATIE, diciembre 1993. 4p.
- Ocampo, R. 1994. Estudio etnobotánico de las palmas empleadas por los indígenas en Talamanca, Costa Rica. Revista Forestal Centroamericana. (CR) (7): 16-21.



Ocampo, R. 1993b. Los recursos fitogenéticos y el desarrollo sostenible. Presentado en la Mesa Redonda Los Recursos Fotogenéticos y el Desarrollo Agrícola Sustentable, Congreso Agronómico Nacional, Costa Rica, 1993. 3p

Ocampo, R. sf1. Etnobotánica, disciplina de valor en la domesticación. (mimeografiado) sp.

Ocampo, R. sf2. Senko: una alternativa económica olvidada. (mimeografiado) 2p.

Perez, I. 1994. Otros dueños del bosque: creencias de algunos grupos indígenas y afro-caribeños de Honduras. Revista Forestal Centroamericana. (CR) (8): 16-21.

Picado, W. 1995. Estudio etnobotánico de los bosques secundarios en el Pacífico Seco para el Programa de Incentivo al Manejo de Bosque Secundario en Costa Rica (PIM-BOS). (informe del consultor, sin publicar), 31 p.

Picado, W. 1994a. Programa de incentivo al manejo de bosque secundario en Costa Rica (PIMBOS), Documento marco. (informe del consultor, sin publicar), 19 p.

Picado, W. 1994b. Programa de incentivo al manejo de bosque secundario en Costa Rica (PIMBOS), Selección de áreas piloto y establecimiento de parcelas permanentes de muestreo en fincas demostrativas en el Pacífico Seco, Costa Rica; (informe del consultor, sin publicar), 18 p.

Picado, W. 1991. Investigación aplicada en el manejo de bosque natural secundario, estudio de caso en el sur de Costa Rica. Mag. Sci. Thesis, CATIE, Costa Rica. 101 p.

Ryan, J. 1992. Productos de los bosques. Bosques, árboles y comunidades rurales, Boletín (14): 23-30.

Solano, H. 1992. El principio del fin del saqueo medicinal del bosque tropical. Recursos (UICN), año 1 (5): p 9.

Camino de, R. 1987.



CONCLUSIONES

Luis Rosero Bixby (Compilador)

A continuación se resumen las conclusiones de los expertos que contribuyeron con los capítulos de este libro. Aunque el resumen pretende reflejar las discusiones de los expertos, cierto grado de subjetivismo y selectividad es inevitable, por lo que estas conclusiones son responsabilidad exclusiva del compilador.

Diagnóstico de la situación del bosque

El proceso de destrucción de los recursos naturales continúa en Costa Rica, a pesar de que lo que queda es muy poco y de ciertos esfuerzos conservacionistas importantes que han reducido substancialmente la tasa de destrucción. Es incorrecto y engañoso afirmar que en el país se ha llegado a “cero deforestación”. Las plantaciones forestales no compensan la pérdida del bosque natural. Urge que se apliquen las técnicas y conocimientos ya disponibles, para detener el proceso de destrucción de los recursos y garantizar a las generaciones futuras la preservación del bosque natural. También es importante diferenciar entre deforestación y aprovechamiento racional del bosque

En los esfuerzos conservacionistas no cabe pretender que todo el país se convierta en bosque. Debe buscarse un balance entre producción y conservación del bosque. El tamaño alcanzado por la población del país, y las rápidas tasas de aumento de la población y el consumo, imponen límites a los esfuerzos conservacionistas, pues las tierras del país deben servir también para atender una creciente demanda de alimentos y madera, así como de empleos en las zonas rurales y de divisas provenientes de la exportación de productos agrícolas.

El bosque sucesionario o secundario es cada vez más importante en Costa Rica, como resultado de los esfuerzos conservacionistas del gobierno, organizaciones no gubernamentales y propietarios privados que han resultado en la reforestación de áreas substanciales. Los diagnósticos de la situación forestal del país deben prestar, consecuentemente, atención a este tipo de bosque y las políticas forestales deben identificar paquetes tecnológicos para su manejo. Existen experiencias para la iden-



tificación y cuantificación del bosque secundario en los estudios diagnóstico, así como experiencias en el manejo económico de estos bosques.

La fragmentación, las islas de bosque y los corredores locales son realidades cada vez más importantes tanto en los procesos de deforestación como en los de recuperación del bosque. Deben, en consecuencia, considerarse debidamente tanto en las investigaciones como en las políticas.

El crecimiento de la población ha sido un factor importante para la deforestación del país. Dado que en el mediano plazo la población del país continuará aumentando vigorosamente, la presión demográfica sobre el bosque continuará intensificándose. El impacto de la población sobre el bosque está condicionado, sin embargo, por otros factores como el marco institucional, la economía, las estructuras productivas y la densidad demográfica ya alcanzada. El aumento de la población en áreas de baja densidad demográfica y entre campesinos sin tierra es especialmente crítico para el bosque.

Valoración del bosque

Un factor clave para la conservación del bosque es la valoración económica de éste para el propietario. La valoración del bosque es una política más efectiva y sostenible que las vedas y prohibiciones. El pago al propietario del bosque por los servicios ambientales que éste presta es también una política superior que la de subsidios y prohibiciones. Deben redoblar esfuerzos para integrar los recursos forestales a la economía de la finca.

Las políticas forestales requieren reconocer también el “conglomerado” forestal en el que se relacionan muchos actores con múltiples intereses, a través de procesos que generan valor agregado. El sector forestal interactúa estrechamente con otros sectores como el agropecuario, turístico y de la industria de la construcción. Los productos del sector forestal son cada vez más variados, con mercados que se amplían y que al mismo tiempo se hacen cada vez más segmentados en función de las particularidades en las preferencias de los consumidores. La conservación y explotación racional del bosque depende, entonces, no sólo de las políticas forestales, sino también de las políticas generales de desarrollo y de las políticas específicas de los sectores



agropecuario, turismo, industria y construcción. Depende también de la interacción de los sectores público y privado.

El valor del bosque reside, además de en la madera, en los servicios ambientales que incluyen agua, conservación del suelo, biodiversidad, fijación de carbono y belleza escénica. Estos servicios ambientales son “externalidades positivas” que benefician a la sociedad como un todo, pero que no reportan un claro beneficio al propietario. Es crucial para la conservación del bosque que se desarrollen mecanismos para transferir al propietario los beneficios de estas externalidades, lo que implica el desarrollo de mercados para los bienes y servicios ambientales

La importancia del agua en el desarrollo socioeconómico actual y futuro es extraordinaria. En la preservación del recurso hidrológico, el bosque juega un papel primordial. Ejercicios de cuantificación del valor de los servicios ambientales del bosque sugieren que el agua es el más valioso. Estas realidades hacen necesario que se establezca una nueva categoría de reserva forestal con fines hidrológicos. Así como existen reservas biológicas, deberían existir reservas hidrológicas.

Datos e investigación

En Costa Rica se ha desarrollado una considerable riqueza de información (digital y no) y datos geo-espaciales de carácter científico sobre los bosques, suelos y afines. Persisten, sin embargo, serios problemas en el acceso y disponibilidad de esta información. Esta situación lleva frecuentemente a la duplicidad de esfuerzos (la misma información es producida varias veces), a la subutilización de la información generada, y a la falta de escrutinio científico y estandarización en los métodos y definiciones.

Es imperativo que la información generada de imágenes de satélite, fotografía aérea, estudios en el terreno y similares se comparta entre la comunidad científica del país y sea objeto de escrutinio. Los grupos que generen la información tienen pleno derecho de recuperar costos, pero tienen también la obligación de establecer reglas claras que faciliten el acceso expedito a la información, especialmente si ésta ha sido generada con fondos públicos, subsidios o donaciones.



Conclusiones

Para promover la libre y expedita circulación de información es importante que se desarrolle en la comunidad científica del país una cultura de apertura y diálogo. Ello tiene más que ver con una toma de conciencia que con la existencia de leyes o reglamentos. Pero también es importante el desarrollo de instituciones que protejan la propiedad intelectual y derechos de autor de datos geo-informáticos.

La información generada en instituciones públicas debe ser pública, aunque no necesariamente gratuita.

Debe procurarse la coordinación inter institucional para lograr a corto plazo un inventario nacional forestal y el ordenamiento territorial del país.

La investigación debe también dar prioridad a la comprensión del funcionamiento de los mercados de bienes y servicios del bosque y las fallas de los mercados, así como a la identificación de mecanismos de compensación por los servicios que provee el bosque para asegurar su conservación.

La amplia divulgación de los resultados y los métodos de investigaciones, dentro y fuera de la comunidad científica, es crucial para el escrutinio científico, la adopción de políticas bien fundamentadas y la toma de conciencia de los problemas y soluciones. La divulgación debe ser un componente importante de todo proyecto desde sus inicios. Ciertas instituciones públicas y no gubernamentales pueden y deben jugar un rol importante en los esfuerzos de difusión del conocimiento.