



Serie Técnica
Informe Técnico No. 314

Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales
Publicación No. 18

*Almacenamiento de carbono y conservación
de biodiversidad por medio de actividades forestales
en el Area de Conservación Cordillera Volcánica
Central, Costa Rica*
Potencialidades y limitantes

Investigación colaborativa CIFOR-CATIE

José Joaquín Campos A., CATIE
Rosalba Ortiz, CATIE
Joyotee Smith, CIFOR

Tirso Maldonado Ulloa
Tomás de Camino
Consultores

Con la colaboración de
Bryan Finegan, CATIE
Ronnie de Camino, UPAZ

CATIE



Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
Unidad de Manejo de Bosques Naturales
Turrialba, Costa Rica, 2000



El CATIE es una asociación civil, sin fines de lucro, autónoma, de carácter internacional, cuya misión es mejorar el bienestar de la humanidad, aplicando la investigación científica y la enseñanza de posgrado al desarrollo, conservación y uso sostenible de los recursos naturales. El Centro está integrado por miembros regulares y miembros adherentes. Entre estos miembros se encuentran: Belice, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, República Dominicana, Venezuela, el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) y el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA) de Puerto Rico

© 2000, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE

ISBN 9977-57-335-7

363 7

A444 Almacenamiento de carbono y conservación de biodiversidad por medio de actividades forestales en el Area de conservación Cordillera Volcánica Central. Costa Rica / José Joaquín Campos A., Rosalba Ortiz Joyotee Smith. [et al] – Turrialba : C R. CATIE Unidad de Manejo de Bosques Naturales. 2000
70 p. : 27 cm – (Serie técnica Informe técnico / CATIE : no. 314)

ISBN 9977-57-355-7

I Almacenamiento de carbono 2 Servicios ambientales
3. Manejo forestal 4. Bosques 5 Plantación forestal
6 Biodiversidad 7. Captura del carbono atmosférico
8 Area de Conservación Cordillera Volcánica Central –
Costa Rica I. Ortiz, Rosalba II Smith, Joyotee III. CATIE
IV Título V Serie

*Publicación patrocinada por la Cátedra Latinoamericana
Manejo Forestal de Bosques Tropicales*



Indice

<i>Presentación</i>	V
<i>Agradecimiento</i>	VI
<i>Resumen</i>	VII
<i>Summary</i>	IX
<i>Introducción</i>	1
Fundamento legal para el pago de los servicios ambientales en Costa Rica	3
Fuentes de financiamiento para el PSA en Costa Rica.....	5
El Area de Conservación Cordillera Volcánica Central.....	7
<i>Metodología</i>	9
Limitaciones del estudio.....	11
<i>Resultados y discusión</i>	13
Sistema de indicadores.....	13
Análisis de resultados	13
<i>Dimensión biofísica</i>	13
<i>Dimensión social</i>	15
<i>Dimensión económica</i>	16
Triángulos concretos de sostenibilidad	19
<i>Discusión y recomendaciones</i>	23
<i>Conclusiones</i>	35
<i>Bibliografía</i>	39
<i>Anexos</i>	43



Presentación

El Pago de Servicios Ambientales (PSA) se puso en marcha en Costa Rica en 1996 con la Ley Forestal no. 7575. Esta es una medida novedosa para valorar las actividades forestales por los servicios que prestan a la sociedad. El PSA constituye un nuevo eslabón en una larga cadena de herramientas de política para fomentar la actividad forestal y detener la deforestación en el país.

Con este estudio se buscó analizar las actividades forestales con PSA y los riesgos asociados a las mismas en conservación de la biodiversidad y fijación y almacenamiento de carbono, así como el impacto social y económico que generan. Para ello, se analizaron las actividades de protección y manejo de bosque, plantaciones forestales y pastos como actividad alternativa.

Este estudio contó con la colaboración de la Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos (USAID), el Centro Internacional para la Investigación Forestal (CIFOR) y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Con este documento, las instituciones patrocinadoras buscan ofrecer al público interesado un análisis exhaustivo sobre una de las herramientas más novedosas que han sido creadas en la lucha por la conservación y utilización de los recursos del bosque en la región neotropical.

Dr. José Joaquín Campos Arce
Coordinador
Unidad de Manejo de Bosques Naturales
CATIE



Agradecimiento

Esta investigación colaborativa ha sido posible gracias a los aportes de la Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos (USAID), el Centro Internacional para la Investigación Forestal (CIFOR) y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

Los autores agradecen a Ronnie de Camino, de la Universidad para la Paz, por sus contribuciones durante el desarrollo del estudio y la revisión del informe final; a Tania Ammour del CATIE y Olan Segura de la Universidad Nacional de Costa Rica, en la revisión del documento final; a Bryan Finegan y Manuel Guariguata, por sus contribuciones en el tema de biodiversidad; a los expertos y los propietarios consultados por su tiempo e interés mostrado durante las entrevistas. Especial agradecimiento a Franz Tattenbäch, Carlos Herrera, Gustavo Solano, Gretel Vargas, Luis Angel Aguilar y Johnny Rodríguez de FUNDECOR por la información facilitada; a Alexandra Saenz de FONAFIFO por sus aportes y la información facilitada que sirvió de base para el desarrollo de este estudio.



Resumen

El Pago de Servicios Ambientales (PSA) se puso en marcha en Costa Rica en 1996 con la aprobación de la Ley Forestal No. 7575. Esta es una medida novedosa para valorar las actividades forestales por los servicios ambientales que prestan a la sociedad. La principal fuente de financiamiento del PSA es una parte de los impuestos a los combustibles, que llegó a recaudar US\$38,4 millones en 1997, US\$33,7 millones en 1998 y US\$33,6 millones en 1999, aunque apenas 20%, 15% y 25% de lo recaudado respectivamente ha sido transferido al Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO). Este mecanismo de financiamiento se debe asegurar y mejorar por parte de la sociedad civil en general, y buscarse otros como el pago por servicio de agua, debido a que constituye una de las decisiones más novedosas para que los propietarios de bosques y plantaciones capturen los beneficios de la protección y manejo sostenible de estos ecosistemas.

El objetivo general de este estudio es analizar la capacidad y riesgos de las actividades forestales en la prestación de servicios ambientales, mediante la sistematización e integración de información científico-técnica e institucional existente para apoyar la toma de decisiones en el PSA por actividades forestales en fincas privadas del Área de Conservación Cordillera Volcánica Central (ACCVC).

El estudio analizó las actividades forestales con PSA y los riesgos asociados a las mismas en conservación de biodiversidad y, fijación y almacenamiento de carbono, así como el impacto social y económico que generan. Se analizaron las actividades de *protección de bosque*, *manejo de bosque*, *plantaciones forestales* y *pastos* como actividad alternativa. La elaboración de un sistema de criterios e indicadores (C&I) y el análisis por medio de la lógica difusa, generó una base integrada y rápida para conocer la situación del PSA en las actividades forestales. Estos C&I consideraron las dimensiones biofísica, económica y social. La valoración fue realizada mediante consulta a 26 expertos y 37 propietarios de tierras que desarrollan actividades forestales en el ACCVC.

En el ACCVC existen áreas geográficas con distintas potencialidades para el desarrollo de actividades forestales que pueden brindar servicios para la fijación y almacenamiento de carbono y la conservación de biodiversidad. En el área del ACCVC atendida por la Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central (FUNDECOR) se da prioridad para el uso de los recursos del PSA a la *protección de bosques* (22 000 ha), seguida muy de lejos por el *manejo de bosques* (2 200 ha) y finalmente las *plantaciones forestales* (1 000 ha). El manejo técnico de bosque (incluyendo el secundario) representa un importante potencial para fijar y almacenar carbono, y contribuir a la conservación de la biodiversidad.

La evaluación de los C&I puso en evidencia aspectos que son vitales para el desarrollo de la actividad forestal con perspectiva a largo plazo. Entre aquellos que requieren atención se encuentran:



En la *dimensión social*: mejorar la participación local en el proceso de toma de decisiones del PSA; incrementar acciones educativas dirigidas a los niños y de capacitación a los propietarios, en aspectos de protección y manejo de bosques. En las áreas de protección de bosques (privadas), hacer esfuerzos para estudiar y poner en marcha algunas actividades productivas de bajo impacto ambiental que generen empleo.

En la *dimensión económica*, la actividad de manejo de bosques presenta menor valoración por parte de los propietarios; debe por tanto prestarse atención para fortalecer la actividad. Los indicadores que requieren atención son la asistencia técnica efectiva, los requisitos y trámites para el manejo forestal, el conocimiento y acceso a mercados de la madera y otros productos del bosque, y el incremento de los ingresos a los propietarios.

En la *dimensión biofísica*, establecer prioridades para la protección de bosques primarios o poco intervenidos que se encuentran en tierras privadas, áreas para el manejo del bosque secundario, y áreas para la recuperación y manejo de bosques muy intervenidos.

El PSA podría convertirse en un mecanismo de política efectivo para potenciar la integración de la cadena productiva forestal, asegurar la aplicación en el campo de estándares de sostenibilidad, mediante la certificación forestal y la inserción de productos especializados en el mercado nacional e internacional. El reconocimiento por parte de la sociedad nacional al buen uso y manejo de los bosques privados, generan un nuevo escenario para el sector forestal; este es un acercamiento necesario entre dueños de bosques y la sociedad. La evaluación periódica de los C&I mostrará los avances y las proyecciones de este innovador mecanismo (PSA).



Summary

The Payment for Environmental Services (PES) program began in Costa Rica in 1996, with the approval of Forestry Law No. 7575. This forward-looking idea places a monetary value on forestry activities for the environmental services they offer to society. The main funding source for PES is an allotment drawn from fuel taxes which generated US\$38.4 million in 1997, US \$33.7 million in 1998, and US\$33.6 million in 1999. However, only 20%, 15% and 25% (respectively) of the funds collected have been transferred to FONAFIFO. This financing mechanism should be guaranteed and improved, and broadened to include funding for other environmental services such as the supply of clean water, because it represents an innovative means by which forest and tree plantation owners might benefit from the protection and sustainable management of these ecosystems.

The general objective of this study is to analyze the capacity and risks involved in forestry activities that offer environmental services. This is accomplished by systematizing and integrating existing scientific/technical information to reinforce the PES decision-making process for forestry activities in private farms in the Central Volcanic Mountain Range Conservation Area (ACCVC).

The study evaluates the forestry activities that receive PES funds and analyzes the risks to biodiversity conservation, carbon fixing and carbon storage associated with these activities, as well as the social and economic impacts that they generate. The following activities were studied: *forest protection*; *forest management*; *tree plantations*; and *pastures*. A system of criteria and indicators (C&I) was created; then, coupled with an analysis based on fuzzy logic, it was used to generate an integrated, rapid platform that can be used to glean information about PES for forestry activities. The criteria and indicators encompass biophysical, economic and social dimensions of the sector. The evaluation was conducted by consulting with 26 experts and 37 landowners engaged in forestry activities within the ACCVC.

Within the ACCVC several geographic areas have varying potential for developing forestry activities that could include carbon fixing and storage, and biodiversity conservation. When allocating PES monies in the ACCVC, the Central Volcanic Range Development Foundation (FUNDECOR) gives first priority to *forest protection* (22,000 ha), then to *forest management activities* (following far behind with only 2,200 ha), and finally to *tree plantations* (1,000 ha). Forest management activities (including secondary forest management) have great potential for carbon fixing and storage and biodiversity conservation.

The process of evaluating the criteria and indicators clarified a number of vital issues affecting the long-term development of forestry activities. The following specific needs were identified:

Social dimension: improve local participation in the PES decision-making process; increase the number of educational and training activities that deal with forest



protection and management directed at both children and landowners. Make an effort to study and initiate productive activities in privately-owned, protected forest areas that can generate employment while having a comparatively low environmental impact

Economic dimension: landowners do not see the value of forest management activities. The following indicators need attention: effective technical assistance; completion of legally required paperwork and other conditions for obtaining approval of forest management plans; knowledge about and access to markets for timber and other forest products; and an increase in landowner income.

Biophysical dimension: establish priorities to: 1) protect primary forests (as well as those forests that have had little intervention) on private lands; 2) manage secondary forest areas; and 3) regenerate and manage highly disturbed forests.

PES could become an effective political mechanism: to make better use of the full range of available forest products; to ensure that standards of sustainability are applied in the field through the forest certification process; and to introduce specialized products into the national and international markets. A new recognition of the value of environmental services by the general public, together with an increase in the wise use and management of private forests, will build a new scenario for the forestry sector that could help create a lasting bond between landowners and society. Regular evaluations of the C&I illustrate progress made and foreshadow a successful future for this innovative mechanism (PES).



Introducción

El Pago de Servicios Ambientales (PSA) se puso en marcha en Costa Rica en 1996, con la Ley Forestal No 7575 (Costa Rica, Asamblea Legislativa 1996). Se trata de una medida novedosa para dar mayor valor a las actividades forestales por los servicios que prestan a la sociedad

El PSA constituye un nuevo eslabón en una larga cadena de herramientas de política para fomentar la actividad forestal y detener la deforestación y degradación de los bosques. En las etapas iniciales del PSA la mayoría de los actores no lo han distinguido claramente de otros sistemas de incentivos existentes o pasados, aunque su razón de ser es muy diferente; pues no se trata de un subsidio, sino de un pago por los servicios ambientales prestados por los ecosistemas forestales. En otras palabras, es un mecanismo novedoso para asegurar que el propietario de bosques y plantaciones capture, al menos parcialmente, los beneficios de la protección y manejo sostenible de los ecosistemas forestales y así viabilizar la conservación de estos

Al igual que ocurrió con otros mecanismos, el PSA genera una cierta efervescencia entre diversos clientes o actores, ya que por las condiciones socioeconómicas del país no son muchas las opciones que permiten acceder a fondos para el desarrollo de este tipo de actividades a largo plazo. Las actividades que reciben PSA son la protección de bosques (incluyendo la regeneración natural), el manejo del bosque natural y las plantaciones forestales. Los PSA, en el contexto del desarrollo sostenible como política definida para Costa Rica, fomentan la protección de la biodiversidad, la mitigación de gases con efecto invernadero, el mantenimiento del ciclo hidrológico y la protección de la belleza escénica natural. Todos estos servicios benefician a la sociedad nacional e internacional en general, por lo que es fundamental para mantenerlos, establecer mecanismos adecuados para que los propietarios de terrenos forestales capturen parte de estos beneficios

En 1991, solo 1,4 millones de ha (29% del país) estaban cubiertas de bosques densos, 71% de ellas en tierras privadas. La pérdida de bosques en el periodo 1986-1991 fue de 225 000 ha, a una tasa de 45 000 ha/año. Igualmente impactante fue el proceso de la fragmentación del bosque entre 1986-1991: el total de fragmentos entre 3 y 50 ha pasó de 3 341 a 3 865; los fragmentos de 50-100 ha pasaron de 175 a 220; entre 150 y 250 ha aparecieron 23 nuevos fragmentos, y se crearon 15 nuevos fragmentos de bosques de más de 500 ha (Sánchez-Azofeifa 1996).

El objetivo general de este estudio fue analizar la capacidad y riesgos de las actividades forestales en la prestación de servicios ambientales, mediante la sistematización e integración de información científico-técnica e institucional existente para apoyar la toma de decisiones en el PSA por actividades forestales en fincas privadas del Área de Conservación de la Cordillera Volcánica Central (ACCVC).



Los objetivos específicos fueron los siguientes:

Identificar criterios e indicadores (C&I) para evaluar la contribución de las actividades forestales¹ y riesgos asociados en la fijación y almacenamiento de carbono y conservación de biodiversidad, así como el impacto social y económico de las mismas

Evaluar los C&I, en consulta con expertos y propietarios que participan en el PSA; parametrizar los indicadores y generar una síntesis de resultados para cada actividad forestal, por medio del uso de la Lógica Difusa

Sistematizar la información científico-técnica e institucional disponible para apoyar la toma de decisiones en el PSA a actividades forestales en fincas privadas del ACCVC.

Conocer el potencial del ACCVC para el servicio de fijación y almacenamiento de carbono y la conservación de biodiversidad.

Enmarcado el PSA como una estrategia para el desarrollo sostenible, para la captura de emisiones y conservación de la biodiversidad, surgen una serie de preguntas a nivel pragmático; el PSA: ¿Contribuye a cambiar el uso de la tierra y el manejo de los bosques?, ¿Promueve la diversificación de las actividades forestales?, ¿Contribuye a inducir un cambio de actitud en la gente hacia actividades forestales más sostenibles en términos ambientales?, ¿Contribuye al servicio de fijación y almacenamiento de carbono?, ¿Contribuye al servicio de conservación de biodiversidad?, ¿Contribuye a generar beneficios económicos (actuales/potenciales)?, ¿Genera beneficios sociales a largo plazo (actuales/potenciales)?, ¿Estimula un sector forestal productivo sostenible (corto plazo/largo plazo)? y por último, ¿Es sostenible el PSA en el futuro? Algunas respuestas a estas interrogantes se presentan en la sección de conclusiones y recomendaciones, las que pueden también servir de guía para futuros trabajos sobre este tema.

En este estudio se analizan las actividades forestales con PSA y algunos riesgos asociados a las mismas en conservación de biodiversidad y fijación y almacenamiento de carbono, así como el impacto social y económico que generan. Algunos de los riesgos son de origen natural; otros surgen del desarrollo mismo de las actividades forestales y se relacionan más con aspectos económicos, sociales, políticos o institucionales. Para evaluar el impacto de esas actividades se identificaron varios C&I. Este estudio constituye una valoración cualitativa y una aproximación a la compleja integración de las dimensiones social, económica y biofísica de la que se preocupa el desarrollo sostenible.

Los C&I fueron evaluados por medio de consulta a expertos y propietarios de tierras que reciben PSA o participan con alguno de los incentivos que fomentan actividades forestales, aunque también se incluyó a algunos propietarios que no reciben PSA o algún tipo de incentivo. Este enfoque analiza las percepciones, conocimientos y perspectivas que manifiestan los grupos consultados, sus diferencias y coincidencias. Se empleó la Lógica Difusa como procedimiento matemático para el análisis de la información.

¹ Se consideran las actividades forestales de: *protección de bosques, manejo de bosques, plantaciones forestales*, y los *pastos* como actividad económica alternativa



Este análisis es un aporte para mejorar en lo posible el PSA y su visión a largo plazo, de manera que sirva de referencia y permita hacer ajustes, ahora que se encuentra en sus etapas iniciales. A la vez, proporciona a quienes toman decisiones en este campo, un enfoque metodológico y una síntesis que podría usarse en otras áreas de conservación, o bien para continuar evaluando los C&I en el futuro, o para establecer un sistema de monitoreo que permita ver progresos o retrocesos

El énfasis del estudio se puso en el área atendida por la Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central (FUNDECOR), debido a que se contaba con información sistematizada relevante para el desarrollo de la investigación.

Fundamento legal para el pago de servicios ambientales en Costa Rica

La Ley Forestal No. 7575 (Costa Rica, Asamblea Legislativa 1996) estableció un mecanismo de compensación a los propietarios de bosques y plantaciones forestales por los servicios ambientales de mitigación de gases con efecto invernadero, y protección de la biodiversidad, ciclo hidrológico y belleza escénica, que generan las actividades de protección, conservación y manejo de bosques naturales y plantaciones forestales (Art. 69). El artículo 22 de dicha Ley creó el Certificado para la Conservación del Bosque (CCB) con el fin de retribuir al propietario por los servicios ambientales generados al conservar su bosque. Se paga PSA a los propietarios de áreas comprendidas entre 2 y 300 ha dedicadas a la protección, manejo de bosque y regeneración natural, y para 1 ha o más de reforestación o manejo de plantaciones. Las solicitudes se tramitan ante la Administración Forestal del Estado (AFE) a través de las oficinas regionales, en forma individual o conjunta, o por medio de organizaciones debidamente acreditadas.

El pago se ejecuta por medio de títulos valores (certificados) o mediante dinero efectivo, según la fuente de los recursos. Los montos a cancelar se reajustan cada año para los nuevos contratos, y para ello se toma como elemento mínimo de ajuste el Índice de Precios al Por Mayor del Banco Central de Costa Rica (Reglamento Ley Forestal 7575, Art 102); sin embargo, una vez firmado el contrato con un propietario en particular, los montos establecidos mantienen su valor hasta completar los cinco años de vigencia del contrato. Esto quiere decir, por ejemplo, que los propietarios que reciben PSA por conservación de bosque, y que firmaron contrato en 1998 reciben 60 000 colones corrientes por hectárea en cinco años, o sea 12 000 colones por año. El Cuadro 1 muestra la cantidad total de colones que se paga por PSA según la actividad forestal y la proporción que se paga cada año.

Los pagos realizados a partir del segundo año pueden ser bajos por efecto de la inflación y la devaluación de colón respecto al dólar; en relación con el dólar significa una fracción pequeña de la cantidad original. El Cuadro 2 muestra el cambio de poder adquisitivo en cinco años por efectos inflacionarios. El PSA está sujeto a la disponibilidad de recursos asignados para ese período por parte del Gobierno o de los recursos que capte el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO), producto de la venta de servicios tales como fijación y almacenamiento de carbono y protección de recursos hídricos.



Cuadro 1. Montos asignados por FONAFIFO al pago de servicios ambientales según la actividad forestal. Montos aplicables para 1998 y 1999; el monto a pagar para contratos del año 2000 ha recibido un aumento del 10%.

Actividad	Monto total en colones ha ⁻¹	Pagos anuales (%)				
		1	2	3	4	5
Manejo de bosques	94 000	50	20	10	10	10
Conservación y regeneración de bosques	60 000	20	20	20	20	20
Reforestación	154 000	50	20	15	10	5
Plantaciones establecidas	60 000	50	20	15	10	5

Decreto MINAE No. 26977, 26 de mayo 1998. La tasa de cambio promedio para 1998 fue US\$1=258.0 colones. La devaluación anual promedio es de 10% entre 1998 y 1999 (Banco Central de Costa Rica).

Cuadro 2. Monto del PSA y cambio en el poder adquisitivo en cinco años por efectos inflacionarios. Se usa como base los montos pagados en 1998 y 1999.

Colones en 5 años considerando IPC 12,5% anual*								
Actividad	Monto total	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Total 5 años	V.Tot/ actual
Plantaciones	154 000	77 000	26 950	17 325	9 625	3 850	134 750	88%
Manejo	94 000	47 000	16 450	7 050	5 875	4 700	81 075	86%
Protección	60 000	12 000	10 500	9 000	7 500	6 000	45 000	75%

* Suponiendo una variación acumulada anual de 12,5% en el Índice de Precios al Consumidor (IPC) que corresponde a la variación promedio en los años 1996 (11,2) y 1997 (13,8). En agosto 1998 superaba el 10% acumulado.

Por efecto de la inflación, el pago a las actividades de protección son más afectadas ya que el monto total se distribuye en partes iguales en los cinco años. En cuanto a los montos asignados a plantaciones y manejo, estos alcanzan poco menos del 90% del total al final de los cinco años ya que se paga la mitad de lo convenido en el primer año.



De acuerdo con el Decreto No. 26975-MINAE (Costa Rica, MINAE 1998), los propietarios se comprometen a prestar los servicios ambientales por cinco años en el caso de *protección del bosque* y por los plazos que el contrato establezca en los casos de *manejo de bosque* o de *plantaciones*. Estos compromisos se inscriben en el Registro Público y el inmueble queda afectado por el plazo estipulado.

Mediante Decreto, el Poder Ejecutivo establece las áreas prioritarias en cada área de conservación, así como la cantidad de hectáreas disponibles, el monto por hectárea y el plazo máximo para la presentación de las solicitudes (Reglamento Ley Forestal 7575, Art 38). Todos aquellos que se acogen al PSA deben ceder sus derechos por fijación de carbono a FONAFIFO, para que a través de la Oficina Costarricense de Implementación Conjunta (OCIC) se comercialicen a nivel internacional y con ello atraer nuevos recursos para continuar con el programa de servicios ambientales.

Fuentes de financiamiento para el PSA en Costa Rica

Una tercera parte de los recursos provenientes del impuesto selectivo de consumo a los hidrocarburos y combustibles se asigna al PSA que brindan los bosques y las plantaciones forestales (Decreto Ejecutivo 24316-H y Ley No. 7798 de creación del Consejo Nacional de Vialidad; Ley Forestal No 7575, Art 69). La Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE) debe certificar trimestralmente a la Administración Forestal del Estado el monto recaudado por concepto del impuesto en mención (Reglamento de la Ley Forestal No. 7575, Art. 60).

Entre 1997 y 1999 la recaudación para PSA llegó a unos US\$105,7 millones, mientras que el monto transferido a FONAFIFO fue de apenas US\$21,0 (20%) para los mismos tres años, pues el Ministerio de Hacienda alega condiciones fiscales más urgentes de atender. El Cuadro 3 muestra los montos equivalentes a la tercera parte del impuesto selectivo recaudado, y los montos y porcentajes transferidos a FONAFIFO, para 1997, 1998 y 1999.

Cuadro 3. Montos equivalentes a la tercera parte del impuesto selectivo recaudado que corresponde al PSA, y montos en colones y dólares, y porcentajes transferidos a FONAFIFO, para 1997, 1998 y 1999 respectivamente.

Año	Monto recaudado* (millones)		Monto transferido a FONAFIFO (millones)		
	Colones	Dólares	Colones	Dólares	%
1997	8 959	38,4	1 786	7,6	20
1998	8 700	33,7	1 269	4,9	15
1999	9 625	33,6	2 406	8,4	25

* Corresponde al tercio del impuesto selectivo de consumo Fuente: FONAFIFO (Comunicación personal)



Las tasas de cambio promedio para 1997, 1998 y 1999 fueron respectivamente: 233,28, 257,99 y 286,46 colones por 1 US\$. Fuente: Banco Central de Costa Rica.

El Cuadro 4 muestra el total de área con PSA en 1997, por proyectos individuales o colectivos (global). Si se compara la cantidad de fondos recaudados en 1997 (US\$38 4 millones), y la superficie atendida con PSA, se puede demostrar que solo unos US\$7,6 millones se invirtieron en PSA; es decir, el 20% aproximadamente (estimación hecha con base en el PSA que se paga en el primer año por actividad forestal y utilizando la equivalencia en dólares de los montos indicados en el Cuadro 1, que fueron más altos que los de 1997). En general, el público no está enterado y por lo tanto no defiende que su impuesto se invierta debidamente.

En 1997, la protección de bosques fue la actividad que recibió mayor proporción del PSA en términos de área pagada: 88,1% del área total pagada con PSA en ese año fue protección de bosques, seguido muy de lejos por el manejo de bosques con 7,5% y apenas 4,4% para actividades de reforestación (Cuadro 4). En términos de montos asignados esta diferencia en los porcentajes asignados sería un poco menor debido a que el pago por hectárea de protección de bosques es menor que las otras actividades como se muestra en el Cuadro 2. Estas tendencias en la prioridad de asignación de recursos del PSA a nivel nacional es similar en el ACCVC.

Cuadro 4. Asignación del Pago de Servicios Ambientales por actividad forestal para el año 1997, Costa Rica.

Tipo de actividad	No. Proyectos	No. beneficiarios	Hectáreas	%
CPB global	56	563	42 197	37,2
CPB individual	-	495	57 621	50,9
Reforestación global	27	281	2 237	2,0
Reforestación individual	-	81	2 785	2,4
Manejo bosque individual	-	88	8 449	7,5
Total nacional	-	1508	113 289	100,0

Fuente: FONAFIFO, setiembre, 1998 CPB Certificado de Protección del Bosque

El PSA permite a los propietarios la opción de escoger por competitividad entre la protección o el manejo forestal sostenible versus otras actividades (agricultura/ganadería) no sostenibles y de mayor riesgo (Castro y Arias 1998). La producción ganadera, en algunos casos, no proporciona ingresos suficientes a los propietarios ya que los precios internacionales de la carne han bajado notablemente en los últimos años. Las exportaciones de este producto pasaron de US\$69,3 millones (4,3% del total de exportaciones en 1991) a US\$28,1 millones (0,9% del total exportado en 1997), según el BCCR (1998).



El Area de Conservación Cordillera Volcánica Central

El ACCVC abarca una extensión de 594 500 ha, con tierras tanto en la vertiente Pacífica como en la del Caribe. Su rango altitudinal va desde 20 msnm en las llanuras de la zona limítrofe con Nicaragua hasta 3 432 msnm en el Volcán Irazú. La topografía es abrupta y quebrada; en algunos casos laderas prácticamente inaccesibles, e incluye nueve edificios volcánicos que constituyen los principales rasgos fisiográficos del paisaje.

La exposición a las masas de aire provenientes del Caribe y del Pacífico y su posición latitudinal genera una alta pluviosidad durante todo el año. En la Estación La Selva (100 m altitud), la precipitación promedio anual es de más de 4000 mm, y a 1500-1800 msnm sobrepasa 6000 mm (WWF/UICN 1994-1997). En la parte sur del ACCVC las precipitaciones disminuyen hacia el Valle Central; en la ciudad de San José y alrededores la precipitación anual llega a 2000-2500 mm, pero vuelven a incrementarse en las estribaciones de la Cordillera de Talamanca que cierran esta área por el sur. El ACCVC abarca parte de cuatro cuencas más grandes del país: Chirripó, Reventazón y Sarapiquí en la vertiente Caribe y Virilla-Grande de Tárcoles en la vertiente del Pacífico. La topografía abrupta y alta precipitación generan un alto potencial hidroeléctrico del cual depende el país. Muchas de las tierras ubicadas en laderas empinadas tienen capacidad de uso de protección de bosques, con muchas restricciones para otros usos que no sean la generación de servicios tales como producción de agua, belleza escénica, protección de biodiversidad o reservorio de carbono. En términos de agua potable, medio millón de personas en San José dependen del agua que se transfiere de la cuenca del Reventazón a la Grande de Tárcoles.

En 1996, el uso de la tierra era el siguiente: unas 58 000 ha formaban parte de parques nacionales; 79 000 ha se dedicaban a cultivos perennes, incluyendo café, caña de azúcar y banano; 22 100 ha a cultivos anuales, incluyendo producción de hortalizas intensivas en las laderas de los volcanes; la zona urbana y con suelo desnudo (coladas volcánicas, áreas urbanas abiertas sin uso) alcanzaban 46 000 ha; la superficie con cuerpos de agua cubría 3 100 ha y el pasto intensivo 5 850 ha. La cobertura de nubes y sombra de nubes representó 32 540 ha (Mapa 1-A). El bosque secundario y charrales sumaban 41 000 ha; el pasto extensivo y pasto con árboles cubrían 124 760 ha y la reforestación 21 000 ha (Mapa 1-B). El bosque primario o intervenido cubría un área de 146 000 ha, el bosque ribereño 14 670 ha y el páramo 560 ha (Mapa 1-C).

La región comprende un rango altitudinal de 2 871 m, lo que puede ser junto con el Area de Conservación La Amistad en el sur del país, el rango altitudinal más extenso en bosque primario tropical protegido en América Central. El Parque Nacional Braulio Carrillo contiene entre 4 000 y 6 000 especies de plantas vasculares; allí se han identificado más de 460 especies de árboles y cerca de 800 especies en toda el área del parque y áreas vecinas. Posiblemente un 10% de la flora de tierras bajas es endémica. La Estación Biológica La Selva contiene entre 1 900 y 2 200 especies de plantas vasculares (WWF/UICN 1994-1997).

La región forma parte de dos áreas endémicas de aves, hogar de 52 especies de aves con rango restringido de distribución. Muchas de ellas se encuentran en el P.N. Braulio Carrillo (ICBP 1992) y cerca de 13 especies en las tierras bajas de la vertiente



del Caribe en el bosque lluvioso tropical.

En términos de población, en el ACCVC se encuentra una parte importante de la Gran Área Metropolitana que concentra la actividad económica y más del 60% de la población nacional; fuera de esta zona, los centros poblados están más dispersos. Gran parte de las tierras altas de la Cordillera Volcánica Central se encuentran deshabitadas por condiciones de topografía, humedad y falta de acceso. La población se distribuye en forma de pueblos lineales a lo largo de los ejes viales que rodean el sistema montañoso. Con la expansión urbana de San José, nuevas áreas montañosas mejoran su accesibilidad para nuevas urbanizaciones o edificaciones de tipo turístico.



Metodología

Se diseñó un método que permite evaluar el funcionamiento, en sus etapas iniciales, de los PSA en diferentes actividades forestales, a partir de las valoraciones particulares de un grupo de expertos. La intención metodológica es lograr mediante el sistema de C&I una comparación entre tres actividades forestales apoyadas por PSA y la actividad alternativa de pastos extensivos, considerando tres dimensiones de análisis: la biofísica, la social y la económica. La metodología propuesta permitió integrar estas tres dimensiones en una forma de presentación de fácil interpretación para los decisores. La Fig 1 sintetiza la metodología de este estudio; mayores detalles sobre la misma se presentan en el Anexo 1.

El estudio parte de una conceptualización de C&I con base en la jerarquía de Lammerts y Blom (1997). Con base en una revisión de literatura (Ruitenbeek y Cartier 1998; Pierce-Colfer et al 1997; Stork et al 1997; Prabhu et al 1996) y consulta a expertos, se definieron los C&I claves que permitieran valorar el PSA en términos de fijación y almacenamiento de carbono y conservación de biodiversidad. De igual manera se identificaron C&I para las dimensiones económica y social. Para cada C&I se definió una norma, como una función difusa que permitiera integrar los diferentes niveles. La función difusa está basada en la teoría de conjuntos difusos propuesta por Zadeh (1965), que permite integrar conceptos de vaguedad e incertidumbre dentro del análisis matemático.

La función difusa contiene tres elementos importantes: intervalo de variación, en donde se definen los valores que califican al indicador (0 a 100; 0 a 1; bajo - medio - alto); los límites superior (corte α - alfa) e inferior (corte β - beta), que son los límites de tolerancia donde una valoración se considera aceptable, intermedia o no aceptable, y las sentencias, que son afirmaciones basadas en los resultados de la evaluación difusa. La función difusa genera un valor entre 0 y 1 llamado valor de verdad, donde 1 es positivo, lo mejor posible (de color verde en las Figuras 3 y 4) y 0 es negativo, lo peor (de color rojo en las figuras). Cualquier valor intermedio (amarillo en las figuras) se interpreta de la siguiente forma: si el valor es cercano a 0, el resultado es medianamente negativo; si el valor es cercano a 1, el valor es medianamente positivo.

Las valoraciones se hicieron mediante la evaluación por expertos y propietarios. Para ello se preparó información base sobre el ACCVC y unas guías para la valoración de los indicadores. Cada experto respondió a preguntas relacionadas con su campo profesional. Los propietarios sólo fueron consultados sobre algunos indicadores en las dimensiones social y económica³.

Para integrar la información se construyeron las figuras por medio de la función llamada intersección difusa, en la cual cada criterio asume el valor del peor de sus

³ Los propietarios de tierras con actividades forestales no manejaban información para cada uno de los indicadores de estas dimensiones, por ejemplo el Principio: "Existe un mercado para servicios ambientales", o algunos indicadores referidos al Criterio: "Apoyo legal y político"

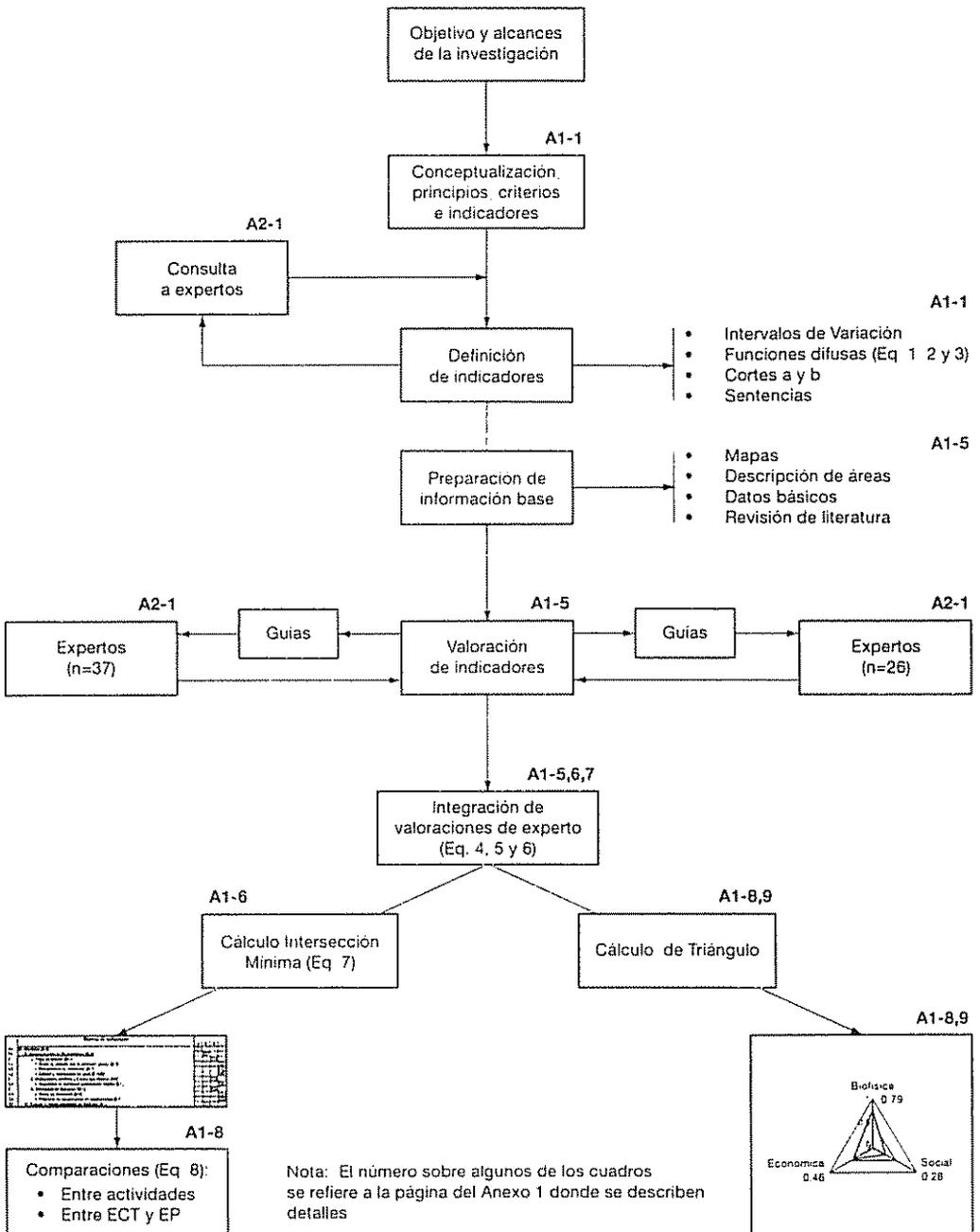


Figura 1. Esquema metodológico general utilizado en este estudio.



indicadores (Fig. 2), un principio asume el valor del peor de sus criterios, y una dimensión el peor de sus principios (de acuerdo al orden jerárquico). Los Triángulos Concretos de Sostenibilidad se construyeron para integrar la información a nivel de dimensiones. El cálculo de cada dimensión se hace a partir del promedio de valores de verdad de sus principios; estos a su vez, del promedio de valores de verdad de sus criterios y por último, estos del promedio de sus indicadores.

La comparación de los resultados de la valoración entre expertos y propietarios, se realizó mediante el cálculo de la Distancia Eucladiana; del mismo modo se comparó entre actividades para cada grupo.

Limitaciones del estudio

Si bien la metodología permite integrar información, es muy sensible a los límites superior e inferior definidos para la función difusa. Valores diferentes de estos parámetros pueden significar resultados bastante diferentes. La definición de los valores máximos y mínimos pueden hacer que el sistema sea muy 'permisible' tolerando valores bajos en los C&I, o 'muy rígido' o intolerante. No existe una forma sencilla de determinar en forma exacta cuales serán los mejores valores para los límites de tolerancia. Con base en una investigación más detallada y cuidadosa de cada indicador se podrían determinar esos valores. Sin embargo, con base en el objetivo superior se pueden definir valores aceptables.

También se asume que los C&I son 'completos', en el sentido de que pueden describir la realidad del objetivo superior. Si bien el sentido común puede indicarnos lo correcto del sistema de indicadores, no existe forma alguna de probarlo en el plazo de este estudio, ni tampoco era ese el objetivo.

Otra limitación del estudio consiste en la fuente de datos utilizada: consulta a expertos y propietarios. Si bien se seleccionó un grupo de personas con experiencia reconocida en el campo y se diseñaron encuestas simples, el estado de ánimo de las personas consultadas puede distorsionar su opinión y reflejar poco una realidad. Lo mismo con los propietarios, que son mucho más sensibles a dar respuestas que puedan afectarlos posteriormente. Para hacer frente a estas limitantes, se diseñó el cálculo de incertidumbre, que integra tanto la cuantificación del experto, como su opinión y el significado de tal valoración (ver anexo 1).

Las fincas delimitadas en los mapas generados para este estudio no representan la totalidad de fincas bajo PSA en el ACCVC, sino solamente el grupo de personas asociadas a FUNDECOR que habían sido registradas, al momento de llevar a cabo este estudio, en el Sistema de Información Geográfica.

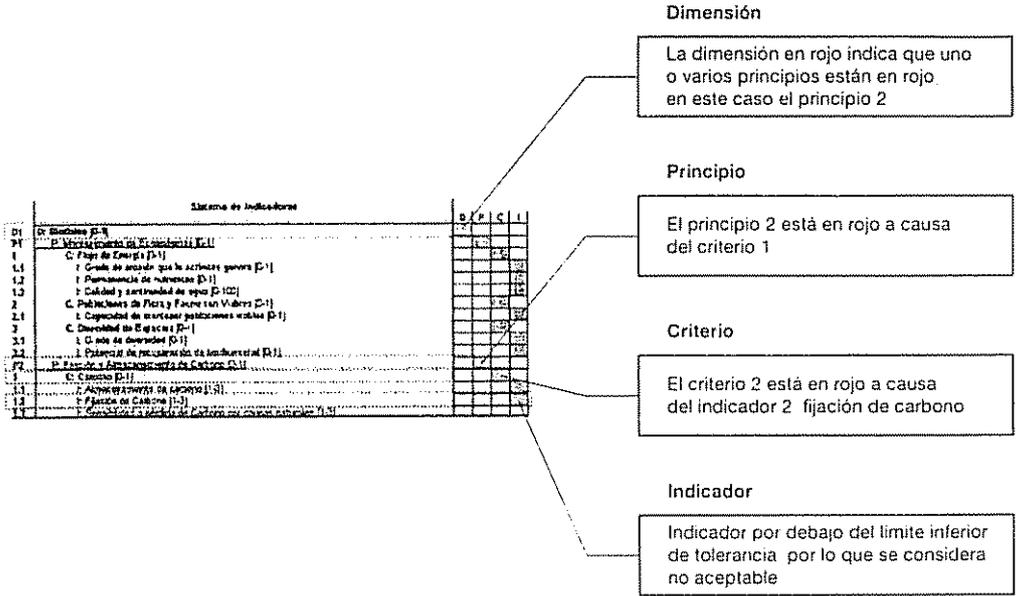


Figura 2. Interpretación de colores en el sistema de indicadores: se comienza por el indicador, cuyo resultado viene de la valoración de un experto, luego se pasa al criterio, y así sucesivamente hasta llegar al nivel de dimensión



Resultados y discusión

Sistema de indicadores

Los C&I definidos para el estudio generaron el sistema de indicadores que se presenta en el Cuadro 5. En términos generales, cada principio, criterio e indicador, queda definido por una expresión que describe el indicador (primera columna del cuadro 5), una norma definida como función difusa, los límites de tolerancia (cortes α y β), y las sentencias emitidas como resultado de la evaluación.

Análisis de resultados

Los resultados de las entrevistas y la valoración otorgada por los expertos y los propietarios se presentan en las Figuras 3 y 4. Los resultados se organizan por dimensión, empezando por la biofísica, ya que entre los objetivos fundamentales del PSA están 'asegurar mecanismos para la conservación de biodiversidad' y 'almacenamiento y fijación de carbono'. Se continúa con la dimensión social, en la que se presentan los indicadores relacionados con la valoración de la actividad forestal, educación y capacitación, compromisos adquiridos con el PSA y empleo. La dimensión económica incluye los C&I relacionados con ingresos, integración entre actividades productivas, apoyo legal e institucional y mercados para carbono y biodiversidad. Como se indica en la metodología (Anexo 1) en las entrevistas a propietarios se incluyeron las dimensiones social y económica, excepto las preguntas sobre mercados para carbono y biodiversidad. Las preguntas de la dimensión biofísica no se formularon a los propietarios por lo especializado del vocabulario técnico y el grado de precisión buscado en la metodología empleada. Los resultados de los expertos en la dimensión biofísica se incluyeron en el análisis de los propietarios, con el fin de construir el Triángulo Concreto de Sostenibilidad (síntesis).

Dimensión biofísica

Los resultados del principio son congruentes con la dinámica propia de cada una de las actividades. En protección, los C&I de 'mantenimiento de ecosistemas' son positivos debido a que se trata de áreas con condiciones muy parecidas a las de un parque nacional, que en principio no tienen mayores perturbaciones antropogénicas. Estas áreas se ubican cerca de los PN Braulio Carrillo y Volcán Poás, o son grandes áreas boscosas sobre laderas con topografía abrupta y quebrada. Por estas características, contribuyen a mantener la flora y la fauna de esos parques y tiene efectos importantes en el 'flujo de energía' regional considerando erosión, permanencia de nutrimentos, y calidad y cantidad de agua.

En contraste, las actividades de *plantaciones* y *pastos*, por ser sistemas artificiales, afectan en forma drástica las características básicas de los ecosistemas naturales. Los pastos evaluados por los expertos se refieren a las áreas de pastos extensivos, poco o nada mejorados, generalmente en zonas con limitaciones para el desarrollo de la



actividad ganadera. En opinión de los expertos, el pasto extensivo no mantiene el flujo de energía (color rojo en ese criterio y valor de verdad 0) y la incertidumbre en las respuestas fue muy baja; de igual manera, no permite que la flora y fauna prosperen y la biodiversidad es baja (colores rojo en criterios).

Las *plantaciones* son un sistema poco diverso. En comparación con pastos, la cobertura que proporciona la plantación puede servir de refugio temporal a algunas especies de fauna y contribuir a generar corredores biológicos para algunas especies de aves y mamíferos. Dependiendo de las condiciones de establecimiento y manejo, las áreas con plantaciones pueden generar problemas de erosión y por la dinámica de manejo podrían darse pérdidas de nutrimentos en el suelo. Por ejemplo, especies con dosel muy cerrado, hojas anchas y rotaciones cortas, podrían resultar en mayores niveles de erosión y exportación de nutrimentos.

El *manejo de bosques* presenta una situación especial, porque es un sistema productivo que mantiene algunas de las características del ecosistema original. Por ejemplo, en biodiversidad, el manejo de bosques implica algunas perturbaciones al ecosistema. El *manejo de bosques* puede generar algunos disturbios en el flujo de energía, pero según los expertos, dependiendo del tipo de manejo, este sería de menor grado que la perturbación que ocurre en *plantaciones*. El indicador 'grado de erosión', si bien es intermedio en ambas actividades, en *manejo* es menor que en *plantaciones* (0,67 y 0,88, respectivamente).

En fijación y almacenamiento de carbono, el *manejo de bosques* sobresale como actividad óptima, según lo demuestran los indicadores 1.1 y 1.2 del Principio 2. La *protección* de bosques destaca por una alta capacidad de almacenamiento y cierta capacidad de fijación. Las *plantaciones* pueden ser actividades atractivas para la fijación (por su rápido crecimiento) y almacenamiento de carbono (por medio de la elaboración de bienes durables), pero tienen un riesgo asociado: en opinión de los expertos, pueden perder carbono por condiciones naturales, o dejar de ser plantaciones después del primer ciclo de corta por lo incierto de la rentabilidad y el creciente grado de prioridad dado a las actividades de protección en la región.

En relación con los riesgos naturales, los entrevistados mencionaron más frecuentemente los fuertes vientos que a veces azotan la región, las posibilidades de deslizamientos de laderas, algunas zonas propensas a inundaciones y efectos locales de vulcanismo por lluvia ácida, especialmente en zonas ubicadas al oeste y suroeste del volcán Poás.

Aunque esta es una región volcánica, el vulcanismo no se ha manifestado fuertemente en las últimas décadas. La última erupción del volcán Poás se produjo entre 1953 y 1955, con proyección de cenizas hasta 7 000 metros y dispersión hasta 50 km de distancia. El volcán Irazú hizo su última erupción entre 1963 y 1965, con proyección de cenizas a varios kilómetros de altura y dispersión hacia el oeste-suroeste, la cual afectó gran parte del Valle Central (Soto 1994). La amenaza de caída balística de piroclastos alcanza una máxima amenaza alrededor de los principales focos eruptivos en zonas circulares de 6 km de diámetro alrededor del volcán Poás, 8 km alrededor del volcán Barva, 4 km alrededor del volcán Irazú y 6 km alrededor del volcán Turrialba (Paniagua 1994).

Cuadro 5 Sistema de Indicadores (intervalo de valores en []), funciones difusas, valores α y β de la función y sentencias correspondientes
(Las funciones difusas 1 y 2 se refieren a las ecuaciones 1 y 2 en el Anexo 1).

Sistema de indicadores		Función difusa	α	β	Sentencia α	Sentencia β	Sentencia entre α y β
D1	D: Biofísico [0-1]	1	0.01	0.99	Bajo	Alto	Intermedio
P1	P: Mantenimiento de Ecosistemas [0-1]	1	0.01	0.99	Bajo	Alto	Intermedio
1	C: Flujo de Energía [0-1]	1	0.01	0.99	No se mantiene flujo de energía	Se mantiene flujo de energía	Intermedio
1.1	I: Grado de erosión que la actividad genera [0-1]	2	0.8	0.2	Erosión laminar superficial leve	Erosión laminar en surcos y cárcavas	Erosión intermedia
1.2	I: Permanencia de nutrientes [0-1]	2	0.2	0.8	Baja pérdida de nutrientes	Alta pérdida de nutrientes	Intermedio
1.3	I: Calidad y cantidad de agua [0-100]	1	20	70	Alta turbidez y flujo muy irregular	Baja turbidez y flujo regular	Intermedio
2	C: Poblaciones de flora y Fauna son Viables [0-1]	1	0.01	0.99	Bajo	Alto	Intermedio
2.1	I: Capacidad de mantener poblaciones viables [0-1]	1	0.2	0.8	Baja capacidad	Alta capacidad	Capacidad intermedia
3	C: Diversidad de Especies [0-1]	1	0.01	0.99	Bajo	Alto	Intermedio
3.1	I: Grado de diversidad [0-1]	1	0.2	0.8	Baja diversidad	Alta diversidad	Diversidad intermedia
3.2	I: Potencial de recuperación de biodiversidad [0-1]	1	0.2	0.8	Largo plazo (mayor 100 años)	Corto plazo (menor 25 años)	Plazo intermedio
P2	P: Fijación y Almacenamiento de carbono [0-1]	1	0.01	0.99	Bajo	Alto	Intermedio
1	C: Carbono [0-1]	1	0.31	0.8	Bajo	Alto	Intermedio
1.1	I: Almacenamiento de carbono [1-3]	1	1	3	Bajo	Alto	Intermedio
1.2	I: Fijación de carbono [1-3]	1	1	3	Bajo	Alto	Intermedio
1.3	I: Sensibilidad a pérdida de carbono por causas naturales [1-3]	2	3	1	Bajo	Alto	Intermedio
D2	D: Social [0-1]	1	0.01	0.99	Bajo	Alto	Intermedio
P1	P: Beneficio Continuo e Intergeneracional de la Actividad [0-1]	1	0.2	0.8	Bajo	Alto	Intermedio
1	C: Aceptación Social de la Actividad [0-1]	1	0.01	0.99	Bajo	Alto	Intermedio
1.1	I: Valoración de la Actividad [1-3]	1	1	3	Baja valoración	Alta valoración	Valoración intermedia
1.2	I: Incertidumbre de Compromisos de PSA [1-3]	1	3	1	Alta incertidumbre	Baja incertidumbre	incertidumbre intermedia
1.3	I: Tierras con bosques no son invadidas [0-1]	2	3	1	Baja posibilidad de invasión	Alta posibilidad de invasión	Posibilidad intermedia de invasión
2	C: Fomento de Educación y capacitación [0-1]	1	0.01	0.99	Bajo	Alto	Intermedio
2.1	I: Los Niños son educados sobre la actividad [0-100]	1	20	80	Pocas actividades educativas	Muchas actividades educativas	Actividades educativas intermedias
2.2	I: Oportunidad de capacitación sobre la actividad [0-100]	1	20	80	Bajas oportunidades	Muchas oportunidades	Oportunidades intermedias
2.3	I: Información para mejorar la actividad [1-3]	1	1	3	Poca información	Mucha información	Información intermedia
3	C: Participación de gente local [0-1]	1	0.01	0.99	Bajo	Alto	Intermedio
3.1	I: Generación de Empleo Familiar [0-100]	1	20	50	Bajo empleo familiar	Alto empleo familiar	Empleo familiar intermedio
3.2	I: Participación local en la toma de decisiones [1-3]	1	1	3	Baja participación	Alta participación	Participación intermedia
D3	D: Económico [0-1]	1	0.2	0.8	Bajo	Alto	Intermedio
P1	P: La actividad contribuye a la satisfacción de necesidades básicas del dueño de la tierra [0-1]	1	0.01	0.99	Bajo	Alto	Intermedio
1	C: La actividad genera beneficios económicos	1	0.01	0.99	Bajo	Alto	Intermedio
1.1	I: Ingresos generados por la actividad [0-100]	1	20	50	Bajos ingresos	Altos ingresos	Intermedio
1.2	I: Costo de Oportunidad [1-3]	2	2.9	1	Bajo costo de oportunidad	Alto costo de oportunidad	Costo de oportunidad intermedio
1.3	I: Valor Agregado [0-100]	1	20	80	Bajo valor agregado	Alto valor agregado	Intermedio
1.4	I: Relación Precio Tierra-Bosque [1-3]	1	1	3	Menos de la mitad de una hectárea con pasto	Doble de una hectárea con pasto	Igual a una hectárea con pasto
1.5	I: Planificación de un mercado para la actividad [1-3]	1	1	3	Baja planificación	Alta planificación	Planificación intermedia
2	C: Integración de actividades productivas [0-1]	1	0.01	0.99	Bajo	Alto	Intermedio
2.1	I: Se facilita el desarrollo de actividades conexas [0-100]	1	20	80	Difícil desarrollo de actividades conexas	Facilita las actividades conexas	Facilita de forma intermedia
2.2	I: Competencia por mano de obra con otras actividades (temporalidad) [0-100]	2	80	20	Baja competencia	Alta competencia	Intermedio
3	C: Apoyo Legal y Político [0-1]	1	0.01	0.99	Bajo	Alto	Intermedio
3.1	I: Ley Forestal facilita actividades [0-100]	1	30	70	No facilita la actividad	Facilita la actividad	Facilita en cierta forma la actividad
3.2	I: Asistencia técnica efectiva [0-100]	1	30	70	Baja asistencia técnica	Alta asistencia técnica	Hay asistencia pero poco efectiva
3.3	I: Funciona el mecanismo de Control y Seguimiento [0-100]	1	20	80	Bajo seguimiento y control	Alto seguimiento y control	Seguimiento y control intermedio
3.4	I: Mecanismo estable de transferencia de fondos [0-10]	1	2	8	Mecanismo inestable	Mecanismo estable	Intermedio
3.5	I: Permanencia de una ley para fondos PSA [0-20]	1	4	16	Baja permanencia	Alta permanencia	Permanencia intermedia
P2	P: Existe Mercado para Servicios Ambientales [0-1]	1	0.01	0.99	Bajo	Alto	Intermedio
1	C: Existe mercado para carbono [0-1]	1	0.01	0.99	Bajo	Alto	Intermedio
1.1	I: Existen posibilidades Mercado Internacional [0-100]	1	20	80	Bajas posibilidades	Altas posibilidades	Posibilidades intermedias
1.2	I: Capacidad competitiva para participar en mercado [0-10]	1	3	7	Baja competitividad	Alta competitividad	Competitividad intermedia
1.3	I: Confiabilidad datos de carbono para valoraciones [1-3]	1	1	3	Baja confiabilidad	Alta confiabilidad	Confiabilidad intermedia
2	C: Existe un mercado para biodiversidad [0-1]	1	0.01	0.99	Bajo	Alto	Intermedio
2.1	I: Existen posibilidades para un mercado internacional de biodiversidad [0-100]	1	20	80	Bajas posibilidades	Altas posibilidades	Posibilidades intermedias
2.2	I: Capacidad competitiva para participar en mercado [0-10]	1	2	8	Baja capacidad	Alta capacidad	Capacidad intermedia

Sistema de Indicadores		PROTECCION				MANEJO				PLANTACIONES				PASTOS									
		D	P	C	I	Sentencia	Valor de Verdad	Divergencia	D	P	C	I	Sentencia	Valor de Verdad	Divergencia	D	P	C	I	Sentencia	Valor de Verdad	Divergencia	
D1	D: Biológico [0-1]					Bajo	0						Bajo	0							Bajo	0	
P1	P: Mantenimiento de Ecosistemas [0-1]					Alto	1						Intermedio	0.07							Bajo	0	
1	C: Flujo de Energía [0-1]					Se Mantenga Flujo de Energía	1						Intermedio	0.67							Bajo	0	
1.1	I: Grado de erosión que la actividad genera [0-1]					Erosión Laminar Superficial Leve	1	0.43					Erosión Intermedia	0.88	0.48						Erosión Intermedia	0.17	0.29
1.2	I: Permanencia de nutrientes [0-1]					Baja Pérdida de Nutrientes	1	0.39					Intermedio	0.67	0.27						Erosión Intermedia	1	0.5
1.3	I: Calidad y continuidad de agua [0-100]					Baja turbidez y flujo regular	1	0.04					Baja turbidez y flujo regular	1	0.05						Intermedio	0.95	0.2
2	C: Poblaciones de Flora y Fauna son viables [0-1]					Alto	1						Intermedio	0.82							Intermedio	0.5	
2.1	I: Capacidad de mantener poblaciones viables [0-1]					Alta capacidad	1	0.18					Capacidad Intermedia	0.81	0.39						Capacidad Intermedia	0.5	0.5
3	D: Diversidad de Especies [0-1]					Alto	1						Intermedio	0.67							Bajo	0	
3.1	I: Grado de diversidad [0-1]					Alta Diversidad	1	0					Diversidad Intermedia	0.67	0.29						Baja Diversidad	0	0.67
3.2	I: Potencial de recuperación de biodiversidad [0-1]					Corto Plazo (menor 25 años)	1	0					Plazo Intermedio	0.44	0.04						Plazo Intermedio	0.44	0.5
P2	P: Fijación y Almacenamiento de Carbono [0-1]					Bajo	0						Intermedio	0.39							Bajo	0	
1	C: Carbono [0-1]					Bajo	0						Intermedio	0.39							Bajo	0	
1.1	I: Almacenamiento de carbono [1-3]					Alto	1	0					Alto	1	0						Intermedio	0.5	0
1.2	I: Fijación de Carbono [1-3]					Bajo	0.25	0.17					Intermedio	0.5	0						Alto	1	0
1.3	I: Sensibilidad a pérdida de Carbono por causas naturales [1-3]					Intermedio	0.5	0.25					Intermedio	0.5	0.5						Alto	0	0.5
D2	D: Social [0-1]					Bajo	0						Bajo	0							Bajo	0	
P1	P: Beneficio Continuo e Intergeneracional de la Actividad [0-1]					Bajo	0						Bajo	0							Bajo	0	
1	C: Aceptación Social de la Actividad [0-1]					Intermedia	0.24						Intermedia	0.39							Intermedia	0.24	
1.1	I: Valoración de la actividad [1-3]					Valoración Intermedia	0.83	0.3					Valoración Intermedia	0.39	0.23						Valoración Intermedia	0.5	0.2
1.2	I: Incertidumbre en Compromisos de PSA [1-3]					Incertidumbre intermedia	0.25	0.31					Incertidumbre intermedia	0.5	0.29						N.A.	0	0.25
1.3	I: Tierras con bosques no son invadidas [1-3]					Possibilidad intermedia de invasión	0.58	0.33					Possibilidad intermedia de invasión	0.63	0.29						N.A.	0	0.42
2	C: Fomento de Educación y capacitación [0-1]					Intermedia	0.5						Intermedia	0.13							Bajo	0	
2.1	I: Los Niños son educados sobre la actividad [0-100]					Actividades Educativas Intermedia	0.94	0.21					Pocas Actividades Educativas	0	0.37						Actividades Educativas Intermedia	0.13	0.25
2.2	I: Oportunidad de capacitación sobre actividad [0-100]					Oportunidades intermedias	0.53	0.33					Oportunidades intermedias	0.33	0.4						Oportunidades intermedias	0.68	0.43
2.3	I: Información para mejorar actividad [1-3]					Información intermedia	0.5	0.33					Información intermedia	0.2	0.35						Información intermedia	0.6	0.33
3	C: Participación de gente local [0-1]					Bajo	0.05						Baja	0.05							Baja	0.05	
3.1	I: Generación de Empleo Familiar [0-100]					Empleo Familiar Intermedio	0.22	0.39					Empleo Familiar Intermedio	0.33	0.25						Empleo Familiar Intermedio	0.67	0.29
3.2	I: Participación local en toma de decisiones [1-3]					Baja Participación	0.07	0					Baja Participación	0.07	0						Baja participación	0.07	0
D3	D: Económico [0-1]					Bajo	0						Intermedio	0							Bajo	0	
P1	P: La Actividad Contribuye a la Satisfacción de Necesidades Básicas del Usuario de la Tierra [0-1]					Bajo	0						Intermedio	0.14							Bajo	0	
1	C: La Actividad Genera Beneficios Económicos [0-1]					Bajo	0						Intermedio	0.24							Intermedio	0.24	
1.1	I: Ingresos generados por la actividad [0-100]					Bajos ingresos	0	0					Altos ingresos	1	0						Altos ingresos	1	0
1.2	I: Costo de Oportunidad [1-3]					Costo de Oportunidad Intermedio	0.47	0					Alto Costo de Oportunidad	0	0						Bajo Costo de Oportunidad	1	0
1.3	I: Valor Agregado [0-100]					Intermedio	0.33	0					Intermedio	0.83	0						Intermedio	0.83	0
1.4	I: Relación Precio-Tiempo-Bosque [1-3]					Igual a una Hectárea con pasto	0.25	0.5					Igual a una Hectárea con pasto	0.5	0						Igual a una Hectárea con pasto	0.5	0
1.5	I: Planificación de un mercado para la actividad [1-3]					Baja Planificación	0	0					Planificación Intermedia	0.25	0.17						Planificación Intermedia	0.25	0
2	C: Integración de actividades productivas [0-1]					Alto	1						Intermedio	0.04							Bajo	0	
2.1	I: Se Facilita el desarrollo de actividades conexas [0-100]					Facilita las actividades conexas	1	0					Facilita de Forma Intermedia	0.83	0						Facilita de Forma Intermedia	0.17	0
2.2	I: Competencia por mano de obra con otras actividades (temporales) [0-100]					Baja competencia	1	0					Baja competencia	1	0						Baja competencia	1	0
3	C: Apoyo Legal y Político [0-1]					Intermedio	0.14						Intermedio	0.14							N.A.	0	
3.1	I: Ley Forestal facilita actividades [0-100]					Facilita en cierta forma la actividad	0.57	0.3					Facilita en cierta forma la actividad	0.59	0.3						N.A.	0.75	0.27
3.2	I: Asistencia técnica efectiva [0-100]					Hay Asistencia pero poco efectiva	0.5	0.41					Hay Asistencia pero poco efectiva	0.57	0.19						N.A.	0.71	0.27
3.3	I: Funciona el mecanismo de Control y Seguimiento [0-100]					Seguimiento y control intermedio	0.59	0.3					Seguimiento y control intermedio	0.52	0.27						N.A.	0.55	0.22
3.4	I: Mecanismo estable de transferencia de Fondos [0-10]					Intermedio	0.15	0.32					Intermedio	0.15	0.32						N.A.	0.15	0.32
3.5	I: Permanencia de una Ley para fondos PSA [0-20]					Permanencia Intermedia	0.18	0.24					Permanencia Intermedia	0.15	0.24						N.A.	0.15	0.24
P2	P: Existe Mercado para Servicios Ambientales [0-1]					Intermedio	0.5						Intermedio	0.5							N.A.	0.5	
1	C: Existe Mercado para Carbono [0-1]					Intermedio	0.5						Intermedio	0.5							N.A.	0.5	
1.1	I: Existen posibilidades Mercado Internacional [0-100]					Possibilidades Intermedias	0.63	0.3					Possibilidades Intermedias	0.63	0.3						N.A.	0.63	0.3
1.2	I: Capacidad Competitiva para Participar en mercado [0-10]					Competitividad Intermedia	0.79	0.24					Competitividad Intermedia	0.79	0.24						N.A.	0.79	0.24
1.3	I: Confiabilidad Datos de Carbono para Valoraciones [1-3]					Confiabilidad Intermedia	0.5	0.17					Confiabilidad Intermedia	0.5	0.17						N.A.	0.5	0.17
2	C: Existe un Mercado para Biodiversidad [0-1]					Intermedio	0.68						Intermedio	0.68							N.A.	0.68	
2.1	I: Existen Posibilidades de un Mercado Internacional de Biodiversidad [0-100]					Possibilidades Intermedias	0.66	0.4					Possibilidades Intermedias	0.66	0.4						N.A.	0.66	0.4
2.2	I: Capacidad Competitiva para Participar en mercado [0-10]					Capacidad Intermedia	0.7	0.31					Capacidad Intermedia	0.7	0.31						N.A.	0.7	0.31

Acceptable

Bajo lo aceptable pero sobre lo inaceptable

Inaceptable

Figura 3. Resultados de la evaluación difusa de expertos científico-técnicos en actividades forestales apoyadas por pago de servicios ambientales. Área de Conservación Cordillera Volcánica Central, 1998.



Dimensión social

En opinión de los expertos, si el PSA debe crear un 'beneficio continuo e intergeneracional', todas las actividades forestales tal como se realizan actualmente fallan en mayor o menor grado.

En la 'aceptación social de la actividad' se presentan valoraciones intermedias en todas las actividades, aunque *pastos* presenta el valor más alto. En cuanto a las actividades forestales, *protección* presenta la valoración más alta (0,83), pero también el mayor riesgo de invasión de tierras. El que la *protección* presente una mayor valoración es consistente con lo que ha sido el proceso educativo a nivel nacional en las dos últimas décadas, el cual es reforzado con la participación de la empresa privada y organizaciones no gubernamentales ambientalistas.

En cuanto a 'incertidumbre de compromisos con PSA', la valoración es mayor en manejo. No obstante, en 'educación para los niños' y 'oportunidades de capacitación', los expertos concuerdan que en *protección* y *plantaciones* existen mayor cantidad de actividades y oportunidades: (0,5 y 0,19, respectivamente). Las razones están en que a nivel nacional se han desarrollado, tanto en la educación formal como en la informal, más acciones tendientes a promover la protección de la naturaleza que en el uso económico de los bosques y plantaciones, lo que se refleja en el indicador "Los niños son educados sobre la actividad". En estas acciones participan entidades gubernamentales, ONG como FUNDECOR y entidades de investigación como la Organización para Estudios Tropicales mediante la Estación Biológica La Selva con sede en Puerto Viejo, una zona clave del ACCVC.

En opinión de los expertos, las actividades *pastos* y *plantaciones* forestales cuentan con mayor oportunidad de capacitación, por la experiencia generada en muchas décadas de trabajo. Las primeras plantaciones forestales con incentivos comenzaron en Costa Rica en 1969; en el proceso se ha generado mucha tecnología, experiencias y publicaciones sobre el tema. A excepción de algunas especies nativas, el establecimiento y ciertas reglas de manejo forestal ya se conocen para varias especies. Actualmente se trabaja más intensivamente, por parte de algunos empresarios, en la fase de procesamiento, incluyendo el secado, desarrollo de productos y búsqueda de nuevos mercados.

Con respecto del *manejo* forestal, hay consenso en cuanto a que en el país se ha generado bastante información, pero no está a la disposición de los propietarios, sino que en general se concentra en oficinas técnicas y profesionales forestales, lo que hace que menos personas se muestren interesadas en el tema. Por ejemplo, el indicador 'oportunidades de capacitación' tuvo 0,58 en *pastos*, 0,56 en *plantaciones*, 0,53 en *protección* y sólo 0,33 en *manejo*, con un grado de incertidumbre bajo en *plantaciones* (0,27) y *pastos* (0,43). En esta última actividad las respuestas fueron más homogéneas que para las plantaciones.

Para los propietarios, *pastos* también tiene una valoración alta (0,92), seguida por *protección* (0,67). Esto revela dos condiciones muy marcadas que se presentan en el ACCVC, que se relacionan con la tenencia de la tierra: para los propietarios de fincas pequeñas (menos de 20 ha), el pasto tiene una alta valoración; en cambio para los dueños de fincas grandes ubicadas en zonas marginales para la agricultura, la única opción es mantener esas áreas con bosques. Esto contradice la opinión generalizada



que plantea que los finqueros en general valoran bien el bosque. En realidad, esta valoración se da solo en la medida que signifique un ingreso económico-un comentario frecuente entre los dueños de finca. Además, las personas que solicitaron PSA se ubican en zonas con fuertes limitaciones para desarrollar otros usos de la tierra, lo que significa que el PSA se valora por el beneficio económico que puede significar al propietario, y no tanto por el interés en el desarrollo de la actividad forestal como tal. Esto refuerza la tesis de que en áreas privadas es necesario ofrecer al propietario algún ingreso económico para evitar la conversión del bosque a otro uso de la tierra.

En general, la gente local manifiesta certidumbre en cuanto a 'los compromisos adquiridos con PSA', lo que da continuidad a la actividad; al menos mientras los contratos estén vigentes. En actividades de manejo existe también certidumbre de los compromisos, debido, quizás, a los ingresos que el aprovechamiento inicial genera y el uso que se da al bosque que de otra manera no generaría ingresos. La asistencia técnica de FUNDECOR contribuye a esa certidumbre. Hay consenso general entre los propietarios en que es poco probable que invadan las tierras en las cuales se desarrollen actividades forestales, incluyendo la protección. Esto contrasta con la valoración de los expertos, quienes estiman que a medida que aumenta la cobertura de bosques y disminuye la actividad humana, hay mayores probabilidades de invasión.

El fomento y educación es valorado por los propietarios como bajo, excepto en *plantaciones*, donde fue ligeramente mayor. Con relación a la 'información disponible', la valoración en todas las actividades fue intermedia, aunque un poco mayor para *plantaciones y pastos*. En cuanto a 'educación para los niños', se considera que es baja en general. Las 'oportunidades de capacitación' son bajas en *protección* y en *manejo* de bosques, mientras que en *plantaciones* y *pastos* son intermedias.

En cuanto a 'participación local en la toma de decisiones', en general es baja para todas las actividades forestales, aunque los expertos estiman que en la estructura de las áreas de conservación existen los mecanismos de participación (Consejos Regionales). Sin embargo, la descentralización en la toma de decisiones no se ha dado en la práctica; es más bien parte del discurso que de la realidad. La heterogeneidad de niveles de representantes hace difícil una verdadera integración de la visión local de los propietarios, quienes son los que finalmente toman las decisiones sobre el manejo de sus tierras. En las discusiones prevalecen las aproximaciones entre profesionales de las dependencias estatales con personal técnico de organizaciones locales dejando de lado otros actores. Las condiciones y características de formación de la población local no permiten su integración en discusiones que muchas veces se relacionan con temas técnicos y que generalmente utilizan un lenguaje complejo o más bien complicado. Los recursos económicos, muchas veces limitados, hacen difícil que los finqueros se puedan integrar a discusiones amplias (día entero o más), por tener que dedicar su tiempo a actividades productivas.

Dimensión económica

El criterio 'la actividad forestal contribuye a la satisfacción de las necesidades básicas del dueño de la tierra' recibe una valoración baja en todas las actividades forestales, pero ligeramente mayor en *manejo*, pues este requiere la aplicación de ciertas normas y cumplir con algunos requisitos con el fin de obtener ingresos por la



extracción de madera. En *protección*, los ingresos son más complicados de obtener dependiendo de la ubicación geográfica, accesibilidad e inversión requerida para desarrollar proyectos de tipo ecoturístico, por ejemplo. Una de las limitaciones en todas las actividades forestales es el desconocimiento de mercados y la falta de acciones de comercialización organizadas, lo que hace que tanto la madera como otros usos o productos generen ingresos muy limitados. Esto coincide plenamente con las opiniones de los propietarios, quienes afirman que el *manejo* es la actividad con menos planificación y seguridad de continuidad.

Los expertos estiman que en cuanto a valor agregado, en las condiciones actuales la *protección* es la que genera menor valor. Los propietarios estiman que el valor agregado más alto es el de las *plantaciones*.

Con referencia al precio de la tierra con bosque, para los expertos el precio varía, pero es mucho más alto con bosque que con otros usos. Un aspecto importante en la fijación del precio son las condiciones del bosque, su ubicación geográfica respecto de las principales vías de acceso y su potencial maderable. Sin embargo, algunos propietarios señalan que una hectárea con pasto sigue siendo más cara que una hectárea con bosque. Hay mayor divergencia en las valoraciones entre los propietarios en cuanto a la diferencia de precios y en cuanto a qué es más valioso, debido posiblemente a la ubicación de la finca con pastos y a las limitaciones de acceso de la tierra con bosque.

En la integración de actividades productivas, los expertos estiman que en los criterios 'facilita el desarrollo de actividades conexas' y 'competencia por mano de obra', las actividades conexas se facilitan altamente con la *protección*; son intermedias con el *manejo* de bosques pero con un valor 0,84 (que es positivo); intermedias en *plantaciones*, con un valor de 0,16, y baja en pastos. La opinión de los propietarios fue difícil de medir ya que más allá de la extracción de la madera no se visualizan otras actividades productivas, aunque el potencial pueda existir (zoo criaderos, plantas medicinales, viveros, ecoturismo). Hay consenso en cuanto a que la actividad forestal no genera competencia por mano de obra con otras actividades productivas. Las tareas forestales son muy calendarizadas y tienen mayor flexibilidad que las de los cultivos agrícolas.

En el criterio 'apoyo legal y político', los expertos estiman que la Ley Forestal facilita en mayor medida el establecimiento de *plantaciones* (0,75), *manejo de bosques* (0,59) y *protección* (0,57). Según ellos, la actual Ley Forestal tiene una serie de debilidades que permiten la corta de árboles sin mayor cumplimiento técnico por parte de los propietarios, lo que va degradando la masa forestal remanente. La corta de especies amenazadas y la intervención de las municipalidades en la concesión de permisos de corta son algunos de los argumentos que sustentan esta opinión.

Por su parte, los propietarios opinan que la ley no facilita las actividades de *manejo de bosques*, pero sí las de *protección* y *plantaciones*. Entre los argumentos que se presentan es que en *protección* se piden menos requisitos, y que para las *plantaciones* se han liberado varias actividades que antes eran potestad del Estado (por ejemplo permisos para raleos y cortas y guías para transporte de trozas).

En 'asistencia técnica efectiva' y 'seguimiento y control', los expertos afirman que FUNDECOR presta mejores servicios que otras organizaciones. No obstante, las



respuestas se generalizan para la región y no se refieren a la asesoría y seguimiento que presta FUNDECOR específicamente. En general, la valoración es intermedia para *protección, manejo de bosques y plantaciones* (entre 0,5 y 0,6). Esto coincide con la valoración de los propietarios, los que además resaltaron que existe una menor asistencia y control en las actividades de *manejo forestal* (0,38). Los propietarios se quejan de que muchos de los forestales y regentes llegan solo a realizar las tareas típicas de los inventarios y marcaje de árboles para la primera extracción, cumplir con los requisitos iniciales y olvidarse de las acciones posteriores. En *plantaciones* este seguimiento es más cercano y frecuente.

En los indicadores 'mecanismo estable de transferencia de fondos' y 'permanencia de la Ley', los expertos coinciden que hay un mecanismo inestable de transferencia de fondos del Ministerio de Hacienda a FONAFIFO y que así va a continuar. Por su parte, los propietarios se quejan de que la transferencia de los fondos que a ellos les corresponden no es puntual y se requiere de una constante presión para que se hagan efectivos. El pago tardío atrasa algunas actividades, e incluso pone en peligro la misma actividad forestal, las organizaciones forestales y el servicio ambiental que se presta. Esto es más sensible en las actividades de *plantaciones* y *manejo*. Muchos opinan que el primer pago se hizo a tiempo, pero los pagos subsiguientes han sido un "dolor de cabeza".

Con respecto de la 'permanencia de una ley que otorgue fondos al PSA', se estima que la posibilidad es baja (0,16), y que más bien a mediano plazo el PSA podría desaparecer. Esto se asocia con los ciclos políticos en Costa Rica, los cambios de gobierno cada cuatro años, y con ello el cambio de agendas de trabajo y prioridades políticas. Por otra parte, algunos expertos estiman que este tipo de leyes son para cumplir con compromisos de ciertos políticos, en los que la sociedad civil tiene poca o ninguna participación. Por tratarse de una Ley que genera fondos para compensar el daño ambiental causado por el consumo de combustibles, la sociedad debería estar informada y ser la primera en defender y exigir que se destinen los fondos a las actividades forestales de protección y producción, tal como lo establece la Ley Forestal.

En cuanto a la 'existencia de mercados para servicios ambientales', los expertos estiman que hay posibilidades intermedias para un mercado internacional del carbono. En general, la gente consultada es escéptica en cuanto a este posible mercado, y reafirman que Costa Rica debe poner sus esfuerzos en la captación y canalización de los fondos provenientes del impuesto a los combustibles, generar un fondo estable con recursos propios y potenciar a nivel nacional otras fuentes como las tarifas del agua y electricidad, y la tributación o tarifa al turismo.

En relación con 'la competitividad de Costa Rica en el mercado del carbono', el valor es intermedio (0,79). Si bien Costa Rica ha sido pionera en los mercados de carbono y sigue a la vanguardia en el tema bosques, la demanda por este servicio no será significativa hasta tanto los países miembros de la Convención Marco para el Cambio Climático no firmen y pacten en favor de los bosques como mitigadores de gases con efecto invernadero, específicamente para CO₂. Varios consideran que por el tamaño del país es muy poco lo que puede compensar de la enorme cantidad de CO₂ que se emite cada año a nivel mundial. El país ha generado experiencias, ha vendido proyectos y se tienen metodologías de valoración, por lo que a corto plazo Costa Rica puede aprovechar las oportunidades que surjan, especialmente con algunos países



industrializados, pero no debe quedarse en este enfoque únicamente. Hay que buscar nuevas formas y el agua puede ser una de las principales fuentes de financiamiento para el manejo forestal sostenible y diversificado y la protección del bosque en el futuro.

La 'confiabilidad de los datos de carbono' se considera intermedia (0,5); los expertos concuerdan en que los datos y estimaciones proporcionan un marco general aceptable para medir el potencial de fijación y almacenamiento de carbono de las actividades forestales. También para 'mercado de biodiversidad' la situación es intermedia; en general se plantea la prospección de biodiversidad como una salida viable para el país. En lo que respecta a la 'capacidad competitiva de Costa Rica', los expertos estiman que es intermedia (0,7) por la presencia del INBio en el país, la investigación llevada a cabo, la bioprospección, y otras iniciativas que se realizan para valorar en forma más precisa el servicio de biodiversidad. Un actor clave en el campo de la biodiversidad llamó la atención sobre el peligro de generar altas expectativas acerca de la bioprospección y sus beneficios. En sus palabras, "... la prospección es una lotería y tiene que ser considerada a largo plazo". El Estado costarricense podrá beneficiarse en la medida que la bioprospección proporcione resultados positivos, y se "pegue la lotería" con el desarrollo de un producto con mercado mundial; pero esto no ocurre tan frecuentemente como la gente, en general, se imagina.

Triángulos concretos de sostenibilidad

En la Figura 5 se muestran los Triángulos Concretos de Sostenibilidad, resultado de la integración de valores para las dimensiones biofísica, económica y social. El primer triángulo a la izquierda muestra la condición ideal (1 para las tres dimensiones)

La dimensión biofísica es igual para los expertos y propietarios, como ya se indicó, debido a que esta no se valoró para los propietarios. Esta dimensión está más cercana al punto ideal en la actividades forestales de manejo y protección. En el primer caso, el valor es intermedio porque hay ciertos impactos en los procesos extractivos que alteran el ecosistema, mientras que en protección existe una alta capacidad de mantenimiento del ecosistema. En términos de la fijación y almacenamiento de carbono, el manejo de bosques es una actividad que fija carbono en forma continua, debido a que la extracción de parte de la biomasa propicia un mayor incremento de la masa remanente, y mantiene además su alta capacidad de almacenamiento, tanto en madera en pie como en bienes durables. En cambio el bosque protegido prácticamente sólo contiene carbono almacenado, pues la fijación es directamente proporcional al incremento de la biomasa, el cual es en general muy bajo para bosques sin intervención.

En la dimensión social, ninguna actividad forestal se acerca a la condición ideal. En términos de *protección de bosques*, el hecho de que exista un discurso mundial y nacional sobre la conservación, el cual forma parte de la educación formal e informal, promueve una opinión fuerte sobre la conservación de bosques. Sin embargo, esta es una realidad diferente para algunos propietarios que consideran que las actividades y empleo concreto en tierras con bosque protegido son bajas. En *manejo del bosque*, la dimensión social muestra problemas en la aceptación de la actividad (ya que todavía



se considera que las actividades de manejo son equivalentes a 'deforestación') y en la capacitación que se está dando sobre la actividad. Se piensa que aunque hay experiencias provechosas dentro y fuera del país, estas no forman parte de un desarrollo integral de la actividad mediante capacitación a las nuevas generaciones y a los propietarios de finca. Los expertos y los propietarios, aunque valoran bien la actividad de *manejo de bosques*, manifiestan que las actividades de capacitación no son suficientes.

En cuanto a las *plantaciones forestales*, aunque existe capacitación e información para mejorar las actividades, se considera que esta actividad no se está valorando y no es parte de una educación integral. La sociedad civil no está participando en la toma de decisiones por razones que se discuten más adelante; esto origina una disminución en el vértice social del triángulo de sostenibilidad.

La dimensión económica en ninguna de las actividades llega a alcanzar la situación ideal. Los C&I evaluados señalan problemas para las actividades productivas de *manejo de bosques* y *plantaciones forestales*, principalmente por el desconocimiento y falta de acceso a mercados. Esta debilidad hace que la actividad de pastos siga siendo una opción más rentable, y es por ello que el dueño de la finca prefiere, en muchos casos, dedicar su tierra a la ganadería, relegando el *manejo de bosques* y *plantaciones* a áreas pequeñas y en sitios poco aptos para el pasto. La *protección de bosques*, aunque podría permitir actividades conexas, tales como el ecoturismo, requiere de altos capitales de inversión prohibitivos para los pequeños finqueros.

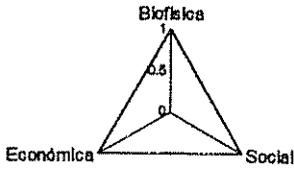
Diferencias en la valoración entre grupos (expertos y propietarios) y entre actividades forestales dentro de grupos

Para determinar las diferencias en las valoraciones entre los grupos de expertos y propietarios, de cada una de las actividades forestales, se utilizó la suma de las distancias entre cada uno de los indicadores por grupo en cada actividad forestal (conocida como distancia euclidiana). Un valor alto en la distancia significa una alta diferencia entre grupos en los indicadores de las actividades forestales.

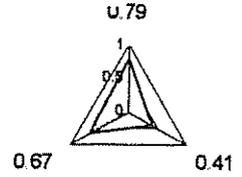
La actividad forestal que más diferencias presentó en cuanto a las valoraciones entre expertos y propietarios fue el *manejo de bosques*, con una distancia euclidiana de 7,40; seguida por *protección* (5,62) y *plantaciones* (3,15). Esto significa que existen grandes diferencias de opinión entre los propietarios y los expertos con respecto al manejo de bosques, debido en parte al optimismo de los expertos hacia el manejo de bosques, y la poca confianza que los propietarios tienen hacia esta actividad forestal. Por otro lado, respecto a las plantaciones existe mayor información y la rentabilidad está más demostrada, lo que podría justificar la menor diferencia encontrada entre las valoraciones de los expertos y las de los propietarios.

Las diferencias entre las actividades forestales dentro de los grupos (expertos y propietarios) se observa en los siguientes recuadros; los resultados coinciden con las diferencias reales entre estas actividades.

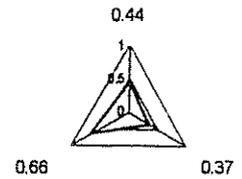
Condición Ideal



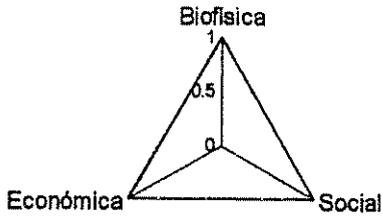
Protección



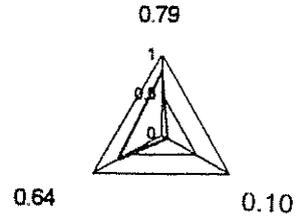
Plantaciones



Condición Ideal



Protección



Plantaciones

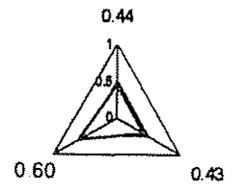


Figura 5. Triángulos Concretos de Sostenibilidad resultado de la integración de valores para las dimensiones biofísica, económica y social.



Diferencias entre actividades forestales dentro del grupo de expertos:

	Protección	Manejo	Plantaciones
Protección	-	-	-
Manejo	3,7207	-	-
Plantaciones	9,6402	6,4741	-

Diferencias entre actividades forestales dentro del grupo de propietarios:

	Protección	Manejo	Plantaciones
Protección	-	-	-
Manejo	4,2146	-	-
Plantaciones	9,3748	4,847	-

Lo anterior significa que tanto los expertos como los propietarios señalan la mayor diferencia en la valoración de los indicadores entre la protección de bosques y las plantaciones. De la misma forma la menor diferencia la señalan entre protección y manejo.



Discusión y recomendaciones

El ACCVC concentra una parte importante de la población nacional en la Gran Área Metropolitana, así como gran parte de la industria y los cultivos más intensivos que constituyen la base vital de la economía nacional. En un país con población creciente, acelerada por la inmigración de los últimos años, se requiere de una planificación adecuada del territorio y de una determinación de los diferentes espacios en los cuales la sociedad se desarrollará en las próximas décadas. El ACCVC representa una Costa Rica en pequeño, aunque sin costas ni mar. Por la proyección a largo plazo e intergeneracional de la actividad forestal, es que el tema del PSA apasiona y es un desafío sintetizar en pocas páginas sus proyecciones, bondades y limitaciones.

El PSA es un proceso muy reciente puesto en marcha por el Estado costarricense. Si bien lleva unos tres años en ejecución, no es muy conocido por la sociedad. El PSA está en una etapa de transición con respecto de otros mecanismos de financiamiento a la actividad forestal que se dieron en el pasado y que continúan en algunos casos. El proceso requiere de mayor divulgación y cobertura nacional.

A nuestro entender, el PSA es un reconocimiento al propietario que hace buen uso de sus recursos forestales, con acciones de manejo adecuadas y bajo impacto ambiental en zonas geográficas prioritarias para el Estado, que generan servicios ambientales significativos para la sociedad en general. Por esa actitud en sus decisiones de manejo y la forma de llevarlas a cabo, el Estado le reconoce los aportes en la mitigación de gases con efecto invernadero, conservación de biodiversidad y agua, y mantenimiento de la belleza escénica. El PSA es una de las decisiones de la política forestal más innovadoras para que el propietario del bosque o plantación forestal capture los beneficios de la protección y manejo sostenible y diversificado de estos ecosistemas.

Así visto, el PSA ha de ser una compensación posterior al desarrollo de la actividad forestal, o simultánea en la medida en que el PSA apoye al dueño del bosque o de la plantación forestal en sus actividades de manejo, de manera que reduzca el impacto de la silvicultura, la corta o la extracción, o lo proteja adecuadamente. El PSA reconoce lo que hace el propietario, pero no lo incentiva para que desarrolle la actividad forestal *per se*. A medida que la sociedad en general haga suyos los conceptos y alcances del PSA, también podrá exigir que las actividades que el propietario haga, cumplan con los requisitos y normas de manejo sostenible que den continuidad adecuada a la actividad. Ello cobra más fuerza en Costa Rica, ya que son los consumidores de combustibles quienes financian el PSA. En el futuro lo serán también los consumidores de agua, de energía y quienes disfruten del paisaje.

La certificación de las actividades forestales que optan al PSA podría ser el mecanismo más viable que se prevé para hacer congruente el discurso con la práctica. La Comisión Nacional de Certificación Forestal, estableció con base en un proceso participativo que inició en 1994, los estándares para el manejo sostenible del bosque natural (primario y secundario) y plantaciones forestales; estos se han convertido en



los estándares oficiales para Costa Rica por medio de los Decretos Ejecutivos No. 27388-MINAE (La Gaceta No. 212 del 2 de noviembre de 1998) y No. 27998-MINAE (La Gaceta No. 147 del 29 de julio de 1999). Además, se ha establecido los procedimientos oficiales para la acreditación de certificadores nacionales, mediante el Decreto Ejecutivo No. 27695-MINAE (La Gaceta No. 53 del 17 de marzo de 1999) (Comisión Nacional de Certificación Forestal 1999). Una decisión de esta naturaleza podría ayudar a consolidar el PSA y la certificación forestal como mecanismos para lograr el manejo sostenible y la protección en los terrenos forestales privados de Costa Rica.

En cuanto a las fortalezas de Costa Rica en PSA, se ha desarrollado la estructura legal, económica e institucional para establecer un mecanismo interno para el PSA. Este fondo es alimentado por un 5% del impuesto a los combustibles que pagan los usuarios. Una de las limitaciones actuales es que la totalidad de estos fondos no son transferidos a FONAFIFO para ponerlos en funcionamiento de manera efectiva y a tiempo. Esto ha sido motivo de crítica por diversos sectores; así, en la primera semana de octubre 1998 un grupo de diputados presentó un recurso de amparo contra el Ministerio de Hacienda para exigir ese pago. Dicho recurso está en proceso y muchas entidades nacionales, ambientalistas y forestales esperan la resolución, ya que de ello dependerá en gran medida el futuro de los bosques. De ser resuelto favorablemente, FONAFIFO podría contar a futuro con un monto anual de US\$30-35 millones, suficiente para asegurar el PSA, en las condiciones actuales de pago, al menos, una superficie de 52 000 ha de plantaciones, 85 000 ha bajo manejo de bosques, o 132 000 ha en protección por cinco años. Esto ayudaría a solventar la crítica situación actual, donde los montos transferidos a FONAFIFO solo satisfacen una pequeña proporción de la demanda del PSA por parte de propietarios de tierras.

Con ese nivel de inversión, ¿cuáles son las prioridades territoriales que se han establecido en el país?, ¿qué espacios del territorio nacional se quieren mantener con bosques productivos?, ¿qué espacios con bosques protegidos? Esta es una decisión postergada, que se ha tratado de responder por medio de los mecanismos de financiamiento en el pasado.

Los elementos existen para establecer las prioridades. Costa Rica cuenta con uno de los mejores sistemas cartográficos de apoyo para llevar a cabo la tarea: existen mapas de uso de la tierra, de capacidad de uso, de cobertura forestal. Además, hay datos de cientos y quizá miles de inventarios forestales y de investigaciones en diversos temas. Tal vez el exceso de información ha hecho perder el rumbo, y por ganar precisión en detalles se posterga la decisión vital.

En un reciente Foro Nacional sobre Análisis de las Políticas Forestales, Torres (1998) en representación del sector forestal privado llamaba la atención sobre esto, y planteaba que la *"Administración Forestal del Estado asuma liderazgo en definir una política clara para el desarrollo de la producción forestal. Una política que tendría que contener definiciones claras sobre (a) los objetivos que el país debe trazarse sobre producción forestal, concretos, cuantificados y con plazos; (b) las estrategias elegidas para lograr esos objetivos; (c) una organización totalmente congruente con y para la implementación de esas estrategias y (d) los recursos necesarios que deben procurarse y asignarse para lograr los objetivos. Todo ello con una amplia difusión a nivel político, la academia, los sectores productivos, y los ciudadanos en general, para generar una coherencia nacional"*



En la Introducción de este trabajo se formularon una serie de interrogantes referidas al PSA. Con los aportes de los propietarios de tierras con actividades forestales y los expertos, información adicional y nuestro análisis se responden estas interrogantes en una primera aproximación. Esto puede ser mejorado y ampliado en futuros trabajos.

En general, ¿contribuye el PSA a cambiar el uso de la tierra y el manejo de los bosques? Se estima que el PSA sí contribuye al cambio del uso de la tierra, pero por lo reciente del sistema, esta interrogante no es fácil de responder. El Cuadro 6 muestra la superficie total de actividades forestales con PSA u otro mecanismo de fomento en el ACCVC. Las plantaciones sobre áreas de pastos son un resultado concreto FUNDECOR fomenta el PSA a la reforestación establecida sobre antiguos pastizales

Cuadro 6. Actividades forestales y pago de servicios ambientales en el Area de Conservación de la Cordillera Volcánica Central, atendidas por FUNDECOR, 1991-1998.

Año	Protección de bosques		Manejo de bosques		Plantaciones forestales	
	Hectáreas	Fincas	Hectáreas	Fincas	Hectáreas	Fincas
1991	0	0	39,5	1	0	0
1992	1614,4	6	155,0	3	146,4	9
1993	736,5	4	796,3	27	44,7	2
1994	347,9	5	388,2	8	93,3	5
1995	1927,6	15	118,4	2	20,5	2
1996	2620,4	26	609,7	4	481,0	12
1997	13 063,0	108	1430,0	14	778,0	56
1998	1438,0	11	-	-	-	-
Total	21747,8	175	2108,5	59	1563,9	86

La protección de bosques corresponde a Certificados de Conservación del Bosque y PSA; el manejo de bosques incluye CAFMA y PSA y las plantaciones forestales CAF y PSA. Los datos de 1997 corresponden a estadísticas recientemente publicadas por FONAFIFO (1998). Todas las cifras, excepto las de 1997, corresponden a PSA atendidos por FUNDECOR. Los datos de 1998 son preliminares.
Fuente: FUNDECOR 1998 a y b

El Mapa 1-C muestra algunas de las fincas con PSA para protección y manejo de bosques. Se puede observar que las fincas con protección se distribuyen alrededor del Parque Nacional Braulio Carrillo, formando grandes bloques continuos que amplían el área del Parque. Las fincas bajo manejo, aunque más pequeñas, también se agrupan en zonas cercanas de protección, ampliando con ello las posibilidades de regeneración por contar con fuentes cercanas de semillas. Las áreas bajo manejo muestran una tendencia positiva para formar núcleos más grandes que faciliten el manejo, control y seguimiento. En términos de reforestación, pequeños propietarios tuvieron acceso al PSA para unas 250 ha, a través del Centro Agrícola Cantonal de Sarapiquí. Nueve finqueros (108 ha de plantaciones) contaban con bloques de más de 10 hectáreas y 17 tenían plantaciones de cinco hectáreas (FUNDECOR 1998 a y b). El Mapa 1-B muestra algunas plantaciones atendidas por FUNDECOR, en las que se destaca la tendencia de



estructurar núcleos alrededor del P.N. Braulio Carrillo, pues la Fundación ha concentrado sus esfuerzos en esa área y su centro de operaciones regional se encuentra en Puerto Viejo, localidad ubicada en el borde norte del Parque.

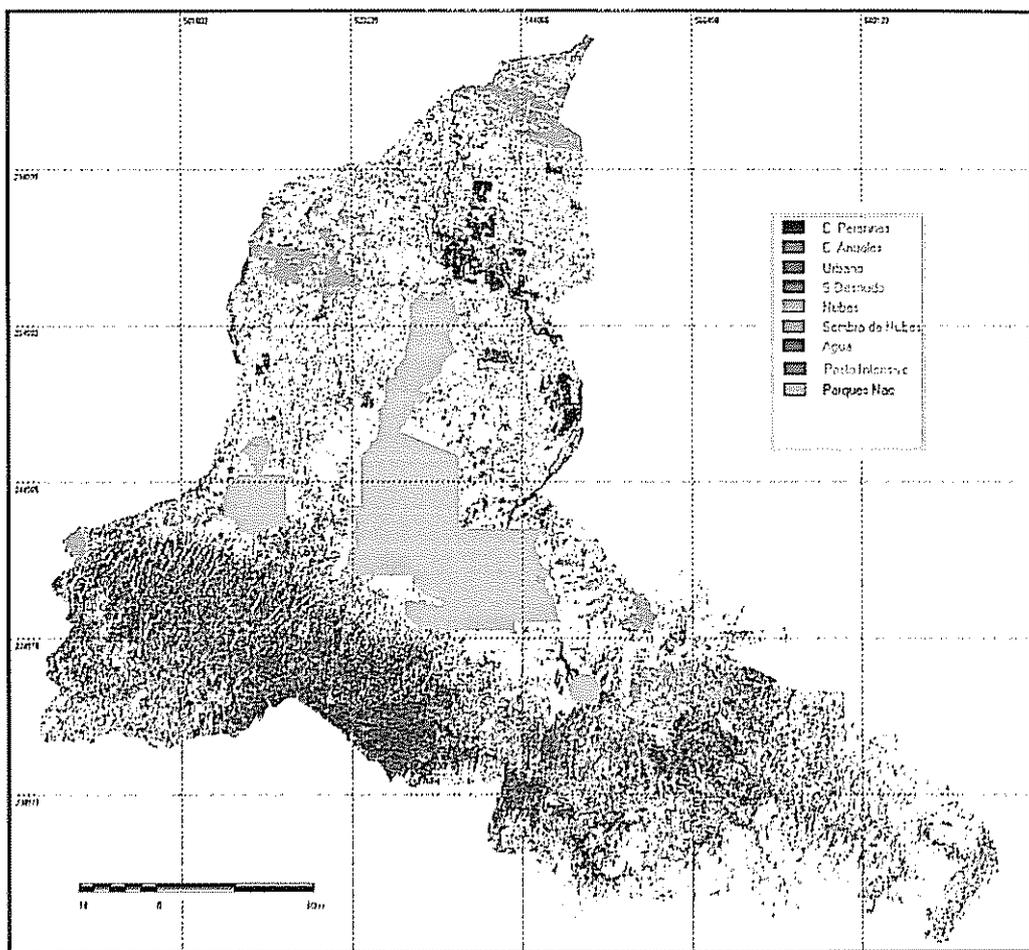
El Estado costarricense, por medio de la Ley Forestal, ha establecido una serie de restricciones de uso de la tierra relacionadas con zonas de recarga acuífera, protección de riberas de ríos o humedales, y otras. Si estas zonas, en tierras privadas, no cuentan con cobertura de bosques pueden ser declaradas prioritarias para el PSA y fomentar su recuperación. Eso significaría un cambio de uso de la tierra a bosque en forma directa.

Los mapas 1-A, 1-B y 1-C ilustran las áreas que tienen (y las que no tienen) potencial de cambio de uso de la tierra a bosque. La imagen satélite es una buena herramienta para ello. El Mapa 1-A muestra las áreas con baja posibilidad de cambio de uso forestal, conformadas por áreas de producción de café, banano, caña de azúcar, hortalizas, pasto para ganado lechero y la zona urbana con edificaciones variadas: calles, espacios recreativos y deportivos y de futura expansión inmediata.

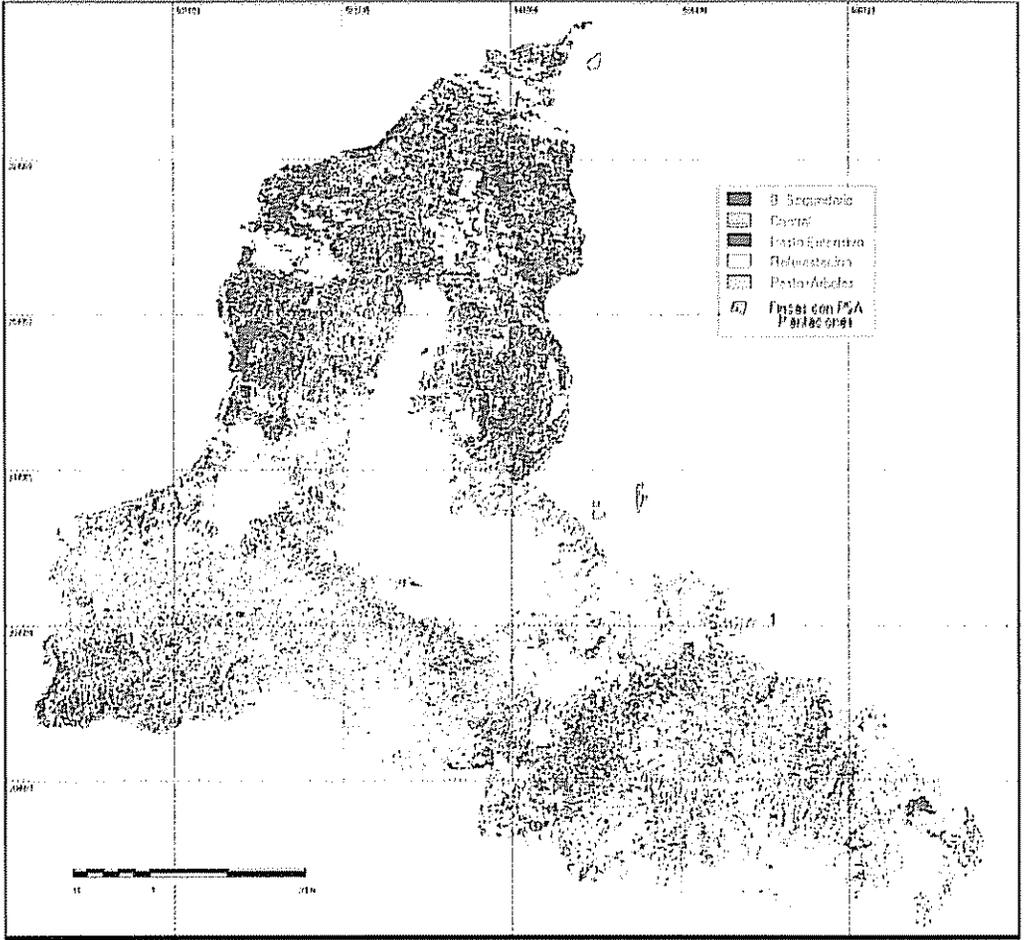
En el Mapa 1-B se presentan las áreas con charrales, pasto extensivo, pasto con árboles y bosque secundario. De acuerdo con las respuestas de los expertos entrevistados en el ámbito económico, el origen principal de los bosques secundarios ha sido el abandono de pastizales por razones económicas. Se puede notar la concentración de bosques en el sector ubicado al norte y noroeste del P.N. Braulio Carrillo. La presencia del Parque y áreas boscosas cercanas han facilitado la regeneración de esta importante masa forestal compuesta por 103 fragmentos de más de 30 ha, para un total de 9 000-10 000 ha. Sin duda, esto representa un potencial muy importante para fijación y almacenamiento de carbono, mejoramiento de sitios para la restauración de biodiversidad y mejoramiento de la calidad del agua. Estos 'bosques' están en la transición y el PSA podría asegurar su mantenimiento. El bosque secundario cubría una superficie total de 30 600 ha, de las cuales una tercera parte formaba bloques de más de 30 ha, que según estudios del CATIE pueden constituir un área potencial mínima para manejo. Si son menores, forman parte activa del sistema de finca.

Esta decisión sobre el bosque secundario urge, ya que los mismos impuestos que generan fondos para el PSA, también contribuyen a mejorar la red vial. Nuevos caminos se proponen para la Zona Norte, o su mejoramiento para dar acceso a comunidades que se encuentran muy aisladas. El cambio de uso de esas tierras, al mejorarse la accesibilidad, puede eliminar ese importante potencial. Esto vuelve a enfatizar la necesidad de una visión coherente e integrada que necesariamente tiene que tomar en cuenta a diversos sectores de la sociedad nacional.

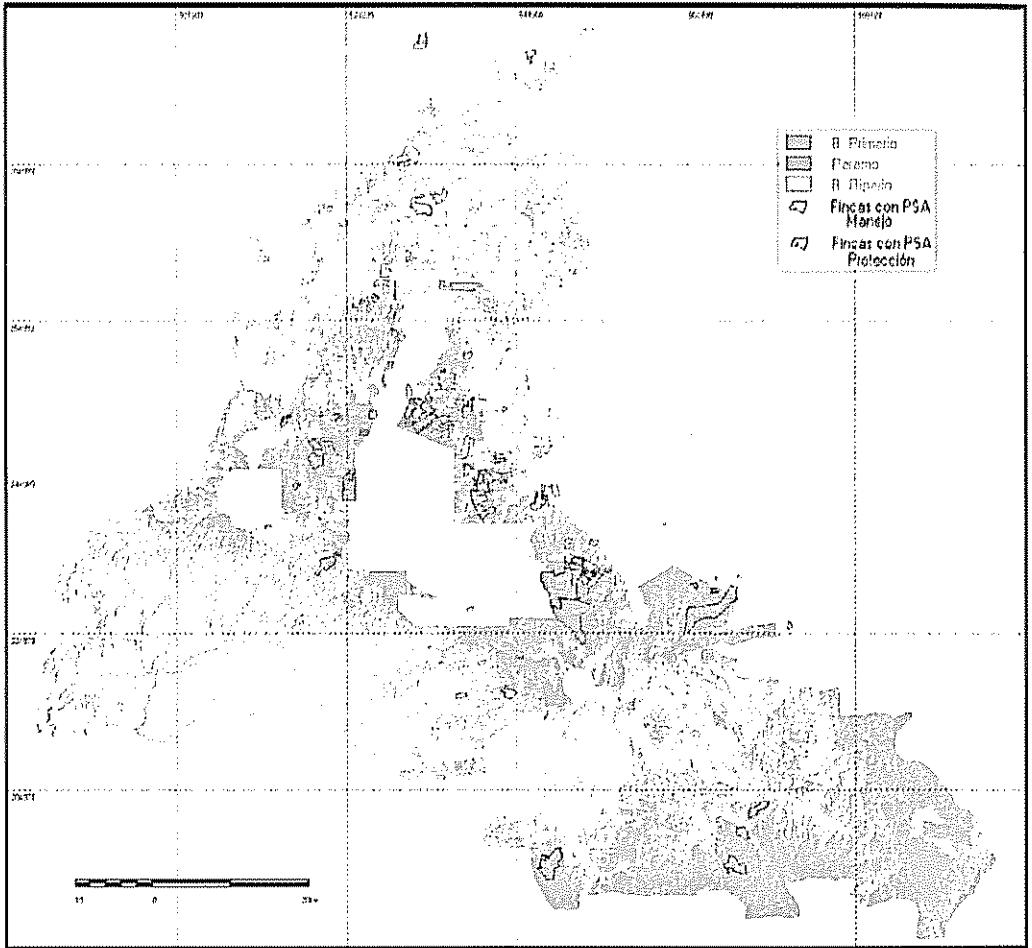
En cuanto a si el PSA mejora el manejo, depende de quién proporcione la asistencia técnica y qué tanta consistencia se muestre entre lo planificado y lo actuado. Los expertos y los propietarios concordaron en que el manejo diseñado y ejecutado por FUNDECOR es uno de los mejores que hay en el país, no solo por la situación geográfica de las fincas con las que trabaja, sino también por las acciones de manejo que cuentan con certificación externa y auditorías. Sin embargo, llama la atención la baja cantidad de área bajo manejo en comparación con el área bajo protección: proporción de 10:1.



Mapa 1-A. Uso de la tierra en el área de Conservación Cordillera Volcánica Central, 1996. Áreas con bajas posibilidades de cambio de uso a bosques.



Mapa 1-B. Uso de la tierra en el área de Conservación Cordillera Volcánica Central, 1996. Areas con potencial de fijación y almacenamiento de carbono.



Mapa 1-C. Uso de la tierra en el área de Conservación Cordillera Volcánica Central, 1996. Areas con carbón almacenado



Se sugiere que se estudie con más detalle el potencial del bosque secundario para manejo y producción de madera, ya que bajaría los costos de establecimiento en comparación con las plantaciones forestales; sin embargo, debe tomarse en cuenta que el bosque secundario requiere intervenciones silviculturales, principalmente raleos, para llevarlo a un bosque productivo con base en un menor número de especies. Hay instituciones que trabajan en el tema, cuyos aportes pueden contribuir a manejar este potencial, como el CATIE y su reciente alianza con CIFOR (Proyecto Bosques Secundarios), el Proyecto Cooperación en los Sectores Forestal y Maderero (COSEFORMA), el ITCR y la UNA.

La certificación forestal puede ser una herramienta política clave para apoyar la toma de decisiones en la fijación de prioridades con el PSA. Por ejemplo, dado que la fuente de financiamiento del PSA son impuestos y eventualmente tarifas en los servicios de agua y electricidad que paga la sociedad costarricense, parece lógico que para el pago de PSA en manejo de bosques y reforestación, sea necesario contar de previo con una certificación bajo el esquema del Sistema Nacional de Certificación Forestal. Una decisión de esta naturaleza podría mejorar la credibilidad, no solo internamente, sino también en los mercados internacionales donde se comercializarían los servicios ambientales de estas actividades forestales. Esto es aún más relevante si tomamos en cuenta los resultados de una reciente auditoría hecha en la sub-región Sarapiquí del ACCVC, la que evidencia que se deben de mejorar los controles, la aplicación de los estándares oficiales de sostenibilidad y la capacitación a los regentes forestales y al personal de campo que lleva a cabo las tareas de manejo y extracción (Camacho *et al* 1998).

Otra interrogante que se formula es si el PSA promueve la diversificación de actividades forestales. En general la respuesta es No. Quizás, en las etapas iniciales del PSA hay muchas expectativas, pero no se puede esperar que el PSA abarque todas las actividades que los usuarios requieren; son los propietarios organizados los que deben buscar nuevas potencialidades a los bosques y diversificar sus opciones. Probablemente esto cambie en la medida en que las nuevas generaciones se preparen con herramientas nuevas para explorar estas áreas y vean más que lo que las actuales generaciones ven en ellas. Los propietarios consideran que el PSA no promueve la diversificación de actividades y argumentan que para ello se requiere de un proceso de capacitación dirigido a los usos múltiples del bosque.

Sin embargo, debe quedar claro que el PSA es uno de los mecanismos más innovadores para impulsar el concepto del manejo forestal diversificado, donde existe una demanda por los servicios ambientales de los ecosistemas forestales y un mecanismo eficiente de pago a los finqueros por esos beneficios.

Otro elemento que se menciona es que los planes de manejo deben ser elaborados por profesionales con una visión más gerencial para analizar el potencial del bosque, integrando diversas disciplinas en ese proceso de evaluación. Con esto, los expertos visualizan potencialidades diversas en bosques con tamaños de medianos a grandes; ya sea en una propiedad o en un conjunto de propiedades integradas estratégicamente para el manejo forestal.

En cuanto a si el PSA contribuye a inducir un cambio de actitud de la gente hacia actividades más ambientalmente sostenibles, las respuestas concuerdan en que teóricamente sí, porque esa es la manera correcta de ver el PSA. Sin embargo, en su



etapa actual se visualiza más como una oportunidad para obtener un ingreso económico

Algunos entrevistados interesados en protección conservarían el bosque aún sin PSA, pero ello conlleva un riesgo... se siguen considerando otras actividades más valiosas y productivas, aún cuando la Ley Forestal prohíbe el cambio de uso de la tierra con bosque. Argumentan que el valor de tierras con bosque sigue siendo menor si se compara con tierra con pastos (1 ha con bosque tiene un valor promedio de 400 mil colones; 1 ha con pastos supera los 600 mil colones). Otros están dispuestos a vender la finca si les ofrecen un precio que llene sus expectativas. Para otros más, el PSA se visualiza como una oportunidad de recibir dinero 'externo' por terrenos en los cuales no se puede hacer nada por condiciones naturales (pendientes muy fuertes), o porque la Ley Forestal no lo permite. Lo de 'externo' se explica porque varios propietarios piensan que el dinero viene de otros países y que el Estado tiene que dárselos a ellos.

En plantaciones forestales que requieren podas y raleos, el PSA tiene tal vez un efecto más directo en el cambio de actitud, ya que el propietario invierte en el mejoramiento del producto final; es decir, más y mejor madera. En el campo del manejo forestal, el control y la auditoría pueden contribuir a que ese cambio se produzca en forma más rápida. Actualmente hay más conocimiento, experiencias, mejores herramientas y tecnología para que las actividades sean ambientalmente sostenibles. El PSA debe enviar señales claras a los propietarios; es decir lo que apoya y lo que no apoya.

PSA contribuye al mantenimiento del servicio de conservación biodiversidad. Sin duda, el dinamismo de los PSA en protección favorece el servicio de conservación de biodiversidad, aspecto que se destaca a nivel nacional y se comprueba en cada Área de Conservación. En general, debe ser más estructurado y priorizado; se insiste en que cualquier bosque aporta el servicio de conservación de biodiversidad, pero el énfasis debe colocarse en tipos de bosques poco representados en el sistema de áreas protegidas, en bloques grandes de bosque, que promuevan el flujo de genes, o reconocer los servicios de áreas de bosque secundario o plantaciones en zonas en las que predominan áreas con pastos extensivos. La protección también debe tener un límite claro.

En el ACCVC, las fincas con las que trabaja FUNDECOR muestran consistencia con la iniciativa desarrollada por MINAE-GRUAS (1996) en la protección de áreas prioritarias para incrementar el área de ecosistemas poco representados en el sistema de áreas protegidas, o simplemente incrementar el área bajo protección, sobre todo de bosques poco intervenidos. Algunos elementos complementarios en el tema de conservación de biodiversidad en el ACCVC son aportados por el Dr. Bryan Finegan en el Anexo 2.

El hecho de que se agreguen zonas a un núcleo grande como es el PN Braulio Carrillo es mucho más positivo que proteger áreas boscosas pequeñas, dispersas y que no estén conectadas de alguna manera entre sí. El Mapa 1-C es elocuente en cuanto a los grandes bloques de bosque primario y las fincas con PSA en protección atendidas por FUNDECOR. Nótese la gran fragmentación del bosque primario al norte del Parque, y hacia el sur la zona que rodea el área urbana. A nivel nacional, funcionarios de FONAFIFO estiman que el Estado debe hacer esfuerzos para incorporar en los



próximos años al menos 400 000 ha nuevas bajo conservación de bosques privados y mantener en forma permanente el PSA sobre esas áreas; así se tendría en manos privadas un área similar al sistema de áreas protegidas bajo la tutela del Estado (Araya 1998)

El PSA contribuye al servicio de fijación y almacenamiento de carbono. Se están estableciendo nuevas plantaciones con acciones de manejo mucho más controladas, al igual que las acciones de manejo forestal. Esto es particularmente válido con las acciones de FUNDECOR que cuenta con sistemas de registro y seguimiento, y con una mayor capacidad tanto en personal técnico como en equipos. Un elemento importante es que se están plantando en la región varias especies nativas, que abren perspectivas para el futuro desarrollo con base en estas especies

Las plantaciones se encuentran en las primeras etapas de crecimiento, por lo que las estimaciones de carbono son poco seguras. El Cuadro 7 indica una estimación del almacenamiento de carbono de tres especies forestales que están siendo utilizadas en el ACCVC. Los datos corresponden a la zona de Guápiles y provienen de datos proyectados de una estación experimental con topografía plana. El potencial se expresa en bienes durables hechos con la madera procesada, con un factor de 0,45 de contenido de carbono en biomasa, y un factor de biomasa fuste/árbol de 1,6. Con base en información citada por Alpízar et al (1997), el potencial de fijación a los 20 años es de 40 TMC/ha para las tres especies

Cuadro 7 Estimación del almacenamiento de carbono en TMC/ha en plantaciones de tres especies forestales de Costa Rica, en bienes durables, con un turno de 20 años.

	Roble coral (<i>Terminalia amazonia</i>)	Pilón (<i>Hyeronima alchorneoides</i>)	Chancho (<i>Vochysia guatemalensis</i>)
Volumen final m ³ /ha (en bienes)	83	89	157
Densidad (TM/m ³)	0,68	0,63	0,35
TMC/ha	40,6	40,3	39,5

Fuente: recalculado a partir de información citada por Alpízar et al 1997

La *protección de bosques* contribuye a mantener el carbono que ya está almacenado y evitar nuevas emisiones. Las áreas con PSA en protección no podrían cambiar de uso, por lo que la adicionalidad es baja. La biomasa promedio de bosques primarios varía con la zona de vida. Se estima que en el bosque pluvial montano bajo es de 568 TM/ha y de 341 TM/ha en el bosque húmedo tropical; estas son dos de las principales zonas de vida del ACCVC. Tomando en cuenta algunas zonas de vida representadas en el ACCVC, se estimó un promedio de 434 T/ha de biomasa (Rodríguez y Corrales 1998), lo que representa 217 TC/ha sobre el suelo.

En general, no hay evidencias claras de 'filtración' (*leakage*), la cual es difícil de



determinar, pues no se tiene suficiente información sistematizada. FONAFIFO contratará en los próximos meses una auditoría con el fin de determinar la situación actual de los PSA que ha pagado *versus* lo que está ocurriendo en el campo. Esta acción es necesaria ya que FONAFIFO es responsable del seguimiento adecuado a los PSA individuales y colectivos. En las entrevistas a los propietarios, se pudo determinar que muy escasamente la gente invierte el PSA recibido de actividades de protección, para comprar pequeñas áreas con pastos en otras localidades. Pero, en todo caso esos pastos ya estaban establecidos, por lo que no existe 'filtración' en el sentido técnico (es decir, el dinero del PSA no se usa para convertir bosques en pastos).

El área con potencial para adicionar carbono (Mapa 1-B) la forman el bosque secundario, los charrales y las plantaciones forestales que están fijando carbono actualmente. Las áreas con potencial para fijación adicional de carbono son el pasto extensivo y los pastos con árboles, que pueden cambiar a un uso forestal. El potencial más claro para fijación y fijación adicional de carbono se encuentra al norte y sectores aledaños al P.N. Braulio Carrillo, en los cuales se concentra la mayor cantidad de pastos extensivos y bosques secundarios.

Para el bosque secundario (no se especifica la edad) y tomando en cuenta las mismas zonas de vida que se usaron para el bosque primario, se estima que la biomasa en la zona de vida bosque pluvial montano bajo es de 284 TMC/ha, y de 170 TMC/ha en el bosque húmedo tropical. Tomando en cuenta algunas zonas de vida representadas en el ACCVC, se estimó un promedio de 217 TMC/ha de biomasa sobre el suelo (Rodríguez y Corrales 1998); esto representa 108 TMC/ha, cantidad que está dentro del rango de carbono reportado (83-135 TMC/ha) para bosque secundario cerrado (Brown 1997).

Los pastos extensivos tienen unas 5 TMC/ha, y los cultivos permanentes 5-10 TMC/ha sobre el suelo (Brown 1997). Para los pastos ese puede ser un dato de referencia para estimar el potencial de fijación de carbono por turno de bosques bajo manejo; es decir, pasar de 5-10 TMC/ha a 83-135 TMC/ha.

El PSA genera beneficios sociales (actuales y potenciales). Los expertos en la dimensión económica y social coinciden en que la actividad forestal debe verse como una actividad complementaria para los pequeños productores, aún cuando el único objetivo del bosque sea la producción de madera. Ambos grupos están de acuerdo en que la actividad forestal no se puede dar sin un tamaño mínimo de bosque. Desde la perspectiva de los propietarios, la ganadería sigue teniendo un mejor flujo de caja.

En general, quienes solicitan PSA no dependen económicamente de la actividad forestal, sino de sus actividades profesionales o empresariales. Participan del PSA pues sus fincas califican para ello y pueden obtener algún ingreso, según el tamaño de la finca. Se trata principalmente de bosques de protección.

Un aspecto que es pertinente evaluar es el proceso de intermediación para cumplir con los requisitos que exige el Estado, y que produce en los propietarios grandes y pequeños una sensación de ser utilizados, lo que podría dar "al traste" con el PSA. Muchos entrevistados mencionaron que el PSA y los fondos que se invierten no deben significar una cierta 'redistribución del ingreso' en zonas rurales para generar trabajo para regentes forestales u organizaciones que andan a la caza de clientes, como si el PSA se tratara de una venta estilo 'tarjeta de crédito' en la que por



cada nuevo cliente, el profesional forestal o la organización se gana una comisión en efectivo. A lo anterior se suma que los desembolsos no se hacen cuando corresponden, y que los trámites para obtener los pagos son siempre tan complicados como la primera vez, lo que desmotiva a los propietarios.

Como lo señala Arias (1998), *"Muchas organizaciones forestales regionales requieren de reingeniería, no pueden seguir dependiendo exclusivamente de los ingresos generados por la intermediación entre los recursos del Estado (CAF, PSA) y los propietarios; esa fase intermediación-asistencia técnica a la producción ya está superada. En la nueva fase, la preocupación debe ser producir materia prima, agregar valor a esa materia prima, promover un sector más competitivo, con economía de escala, con visión de negocio y estrategias claras para enfrentar la globalización de los mercados"* Las experiencias generadas por FUNDECOR como organización se presentan como un camino para enfrentar los nuevos retos.

Las nuevas generaciones están creciendo con una óptica ambiental diferente. En el tema de la educación ambiental, se señala que se debe seguir el ejemplo del Area de Conservación Guanacaste. En esa Area, la educación ambiental tiene un enfoque más práctico y orientado a formar niños que piensen en una forma más proactiva acerca del uso de la biodiversidad. Algunos entrevistados concordaron en que el tema del uso de los recursos del bosque se encuentra en una situación parecida a la que pasaron el café u otros cultivos agrícolas en Costa Rica hace ya varias décadas. Igualmente, varios expertos visualizan que el PSA puede contribuir a que la actividad forestal se transforme en una actividad tan bien manejada que se compare con las fincas lecheras o cafetaleras, las cuales tienen una cadena productiva integrada, asociada a mercados internacionales y en búsqueda permanente de mejorar la eficiencia y competitividad.

Un aspecto adicional del PSA que beneficia a los finqueros son los trámites de titulación de propiedad que lleva a cabo FUNDECOR. La titulación de la propiedad es un requisito para que el propietario reciba PSA. Los costos los asume FUNDECOR, y beneficia a cualquier propietario, grande o pequeño. En setiembre 1998, la Fundación atendía a 31 finqueros en el proceso de titulación de fincas de tamaño variable entre 14 y 300 ha, para una superficie total de 3 695 ha. Una actividad de seguimiento a estas fincas es determinar qué pasa con ellas una vez obtenido el título, y las modalidades de actividad forestal que se desarrollan en ellas.

El PSA genera un cambio de actitud hacia la valoración del bosque. En teoría sí, y es positivo que el PSA envíe señales en esa dirección. En la situación actual algunas personas entrevistadas dieron a entender que el bosque a nivel de propietario pequeño y mediano reduce el espacio productivo para desarrollar otras actividades económicas. Pero en otros sectores que no dependen de la tierra directamente, la situación es diferente. Las nuevas generaciones están creciendo con una mentalidad y oportunidades diferentes, y podría ser todavía más positiva si la educación ambiental fuera más acorde con las realidades locales, más asociadas con el sector productivo.

Las entidades que tienen a cargo el PSA tienen desafíos muy importantes; entre ellos, enviar señales claras a los propietarios de tierras o de bosques, bajo una estrategia forestal de largo plazo (30-40 años) para que se integren a ella.

El futuro desarrollo del bosque se hará en función del cambio de los actores. Este proceso ya está ocurriendo, y por ello los bosques del futuro tendrán una valoración



muy diferente a la que han tenido hasta hace algunas décadas. Hace 15-20 años la conservación de la biodiversidad no tenía la importancia que hoy se le asigna; hace 50 años hablar de regiones tropicales tenía connotaciones peyorativas. Hoy esos temas forman parte de la agenda de trabajo de universidades, gobiernos, reuniones internacionales y convenios.

Hace una década el bosque valía poco. Actualmente, la Ley Forestal 7575 lo valoriza, y esto permitirá que la sociedad lo valore a mediano plazo. La Ley señala que: *"las tierras con bosque, propiedad de particulares, servirán para garantizar préstamos hipotecarios ante el Sistema Financiero Nacional; que el bosque servirá como criterio de valoración del inmueble."* (Artículo 25) Sin duda un cambio positivo en la legislación.

El PSA estimula un sector forestal productivo sostenible a corto o largo plazo. Esta es una interrogante difícil de responder. En todo caso, es la pregunta que se reitera el sector productivo privado y con la cual concuerdan los expertos consultados. Recientemente (Araya 1998) se planteó la necesidad de incorporar a este sistema unas 100 000 ha, en los próximos diez años. Esta área corresponde al 50% de los bosques en manos privadas, susceptibles de manejo forestal, la cual podría generar unos 200 000 m³ de madera en troza por año, equivalente a aproximadamente 20% de la demanda nacional. El área produciría madera y garantizaría la conservación bajo manejo sostenible de esos bosques. Estas propuestas constituyen pasos positivos para una estrategia de manejo de bosques y para estructurar la base productiva nacional bajo manejo sostenible.

Algunos ven los bosques de Costa Rica como un bien escaso, y como tal estiman que es una inversión que tendrá alto valor en el futuro; especialmente en una sociedad como la costarricense que proporciona un grado relativamente alto de estabilidad socioeconómica y seguridad en las inversiones. La cercanía a la Gran Área Metropolitana constituye un importante factor para estimar usos futuros asociados a la recreación, ya que en la ciudad se concentra una población cercana a los 2,5 - 3,0 millones de habitantes. A corto y mediano plazo, las actividades productivas en fincas privadas con bosques protegidos posiblemente se asociarán a esta demanda por recreación.

En la medida que se mejore el acceso y la información sobre esos sitios, y los servicios que se presten lleguen a los visitantes potenciales, más actividades de este tipo se desarrollarán en la zona. Ya hay ejemplos de asocio entre bosques protegidos y centros educativos de alto nivel para capacitación, con instalaciones básicas de buena calidad. En general, son centros especializados, no necesariamente vinculados al mundo de la biología tropical. Más bien, es el ambiente tropical el escenario en el que se insertan estas escuelas para el desarrollo de temas económicos, educación ambiental, políticas, desarrollo humano u otras. Esta modalidad se puede ver en el ACCVC, en la Estación Biológica La Selva y el Centro Ecológico Selva Verde Lodge. Pero también hay ejemplos en otras áreas como la Península de Osa, Arenal y la región Huetar-Norte.

El valor turístico del macro y micropaisaje puede ser una fuente de ingresos muy importante en el futuro y una forma de valoración de la biodiversidad. Una red de senderos entre fincas aledañas, que conecten sitios naturales o sitios con biodiversidad específica puede ser una estrategia que se estudie en algunas regiones de la ACCVC aprovechando su gran variabilidad ambiental. La cercanía a la Región Metropolitana y el relativo fácil acceso constituyen un importante factor para el futuro desarrollo de



estas actividades en la zona.

El bosque hoy protegido en tan solo una generación o dos podría ser una excelente fuente de recursos que se utilizarían con tecnologías diferentes a las actuales y por gente con una mentalidad distinta. Posiblemente, la producción de madera muy valiosa para entonces, con alto valor agregado sea realizada con precisión quirúrgica, con pocos desechos y para un mercado mundial de alta calidad. En preparación a ese escenario futuro, el PSA y las reglas de certificación forestal serán la antesala para hacer que la sostenibilidad de la producción forestal sea una realidad más tangible.

El PSA contribuye a generar beneficios económicos actuales-futuros. Esta es una pregunta que se asocia con otras ya comentadas anteriormente; queda claro que en esos beneficios económicos se deben de tomar en cuenta los aportes del PSA en mantener el capital natural (suelos, por ejemplo), la producción de agua para uso industrial, riego, consumo humano o producción hidroeléctrica y otros recursos. Se están realizando algunos estudios, especialmente a nivel de estudiantes graduados, que pueden proporcionar respuestas más cuantitativas sobre este tema.

En relación con el beneficio económico proveniente de la madera, en opinión de los expertos existe claridad en cuanto al objetivo productivo de las plantaciones después de los cinco años del pago por servicios ambientales. Los productores saben que la actividad maderera es a largo plazo, e invierten en plantaciones bajo esta perspectiva. Los pequeños propietarios tienden a sobrevalorizar los beneficios que esperan obtener; por ello se requiere mejorar la información sobre el tema.

Estudios realizados por Quirós y Gómez (1998) en un bosque manejado de La Tirimbina⁴ estiman un valor presente neto (VPN) de \$43,84 ha/año (tasa de descuento de 5%)⁵, considerando el aprovechamiento de 18,4 m³/ha/año y venta en el patio de aserradero, que representa el mayor valor posible en venta de madera. El estudio plantea que la actividad de manejo es atractiva solo en mayores extensiones de bosque y sus rendimientos financieros están en relación directa con el nivel de inversión. Considerando las mejores condiciones en productividad y venta a mayor valor (en aserradero), se requieren como mínimo 36 ha para cubrir los costos de la canasta básica, y hasta 287 ha en condiciones menos favorables de precios y productividad de sitio. Los resultados de estos estudios coinciden con las opiniones de los expertos, quienes argumentan que además del área mínima de aprovechamiento, debe haber un aprovechamiento mínimo de 20 m³/ha y un rendimiento total en ciclos de 20 años de 200 a 240 m³ (bosques en terrenos de media a alta productividad). El 50% de las fincas con las que trabaja FUNDECOR tienen una superficie con bosque igual o mayor a 36 ha. Esa rentabilidad no considera el PSA, el que sin duda constituye un importante complemento para hacer rentable la actividad.

En manejo de bosques se requiere insistir más con el bosque secundario y ampliar el espacio productivo forestal. La supervisión adecuada de las actividades de manejo

⁴ Localizada en el ACCVC, cantón de Sarapiquí, Heredia. El estudio se realizó en un Sitio de Investigación de la Unidad de Manejo de Bosques Naturales del CATIE, en un área de 22,68 ha.

⁵ Real financiera, descontando inflación.



y un mejor control de las regencias forestales que comenzaron con la Ley Forestal 7575 en 1996, son pasos necesarios para mejores logros en la actividad, tanto en lo ambiental como en lo económico.

Los expertos entrevistados coinciden en que comprometer al dueño de tierra a mantener el bosque con un objetivo de protección, sin que esta signifique una opción productiva a mediano plazo, puede ser "una bomba de tiempo". Si el dueño del recurso no tiene opciones productivas, buscará algún mecanismo, aunque sea ilegal, que le permita obtener algún beneficio de esas tierras.

Otro tema que interesa comentar es la sostenibilidad del PSA en el futuro. La permanencia del mercado y la generación de demanda de servicios ambientales depende, fundamentalmente, de la garantía que ese mercado pueda ofrecer a sus agentes económicos. Los consumidores costarricenses, a través del impuesto a los combustibles, están pagando por servicios ambientales de los bosques. La actitud que se tiene para garantizar a los clientes internacionales la calidad y permanencia de los servicios por los que pagan debe ser igual ante los clientes nacionales (es decir, la sociedad en general). En la sostenibilidad futura hay que diferenciar la participación en el PSA como cobro a la sociedad y pagos al propietario, como el antes mencionado; y la venta de esos servicios, como el carbono, al exterior. Es positivo que esas negociaciones las maneje el Estado, ya que si prosperan puede ampliarse la cobertura de atención del PSA a más sitios e incluso aumentar los montos.

Un aspecto positivo del PSA es que se paga en forma integrada por los servicios ambientales. Si bien hay quienes piensan que el PSA debe ser diferenciado (agua, carbono, biodiversidad, paisaje), una cantidad mayor de expertos estiman que se debe integrar en un solo pago. Igualmente, se considera que FONAFIFO debe ser la entidad que reciba los recursos y los pague. Posiblemente el monto cambie en el futuro para hacerlo más competitivo con usos alternativos de la tierra, pero es una fortaleza que se mantenga integrado.

El Centro Científico Tropical, junto con la Universidad de Columbia, están haciendo una investigación para generar modelos y validar funciones que estimen la fijación de carbono en diferentes usos de la tierra y estados sucesionales del bosque. La investigación se inició recientemente y durará aproximadamente un año; tiene como objetivos establecer de manera práctica la fijación de carbono en tierras con potreros, bosque secundario de cinco, diez y más años, y determinar el valor de ese servicio desde el punto de vista del productor y del eventual comprador. Se estudiarán algunas zonas de vida que cuenten con mucha información científico-técnica como el bosque húmedo tropical y el bosque húmedo montano bajo⁶.

⁶ Rafael Bolaños, Centro Científico Tropical, Septiembre 1998. Comunicación personal.



Conclusiones

La elaboración de un sistema de C&I y el análisis por medio de la lógica difusa permitió generar una base integrada y rápida para conocer la situación del PSA en las actividades forestales. La valoración realizada por expertos y propietarios pone en evidencia algunos cambios que se requieren para dar continuidad a la actividad forestal y convertirla en un uso de la tierra más sólido y menos sujeto a las vicisitudes cortoplacistas. Los C&I permiten identificar los elementos que a juicio de expertos y propietarios están en relativo buen funcionamiento y los que no están funcionando adecuadamente. Estos requieren una intervención por parte de las autoridades asociadas con el manejo y funcionamiento del PSA para hacer que este mecanismo sea más efectivo. Entre los C&I que requieren atención se encuentran aquellos indicados en rojo en los resultados de la evaluación:

En la dimensión social, la participación local en el proceso de toma de decisiones del PSA en todas las actividades forestales; incrementar las acciones educativas a los niños y de capacitación a los propietarios en el tema de protección y manejo de bosques, con el fin de promover una cultura forestal más acorde con el sector forestal productivo. En las áreas de protección de bosques, hacer esfuerzos para estudiar y poner en marcha algunas actividades productivas de bajo impacto que generen empleo.

En la dimensión económica, la actividad de manejo de bosques presenta menor valoración por parte de los propietarios. Es necesario fortalecer esta actividad que puede cumplir muy bien con objetivos de la dimensión biofísica en cuanto a contribuir a mantener ecosistemas y almacenar carbono (manejo de bosques) y al servicio de fijación de carbono (bosque secundario). Los indicadores que requieren atención son la asistencia técnica efectiva, los requisitos para obtener permiso de manejo forestal, el conocimiento y acceso a mercados de la madera y otros productos del bosque, el valor agregado a las materias primas, y el incremento de los ingresos del propietario.

No hay duda de que la fuente de financiamiento interno para el PSA con base en el impuesto a los hidrocarburos es una buena opción. Se deben hacer las gestiones necesarias para asegurar su continuidad y permanencia, pero junto con ello, también es necesario informar más e involucrar más a la sociedad civil, ya sea como usuario, cliente o proveedor de servicios ambientales. Los propietarios tienen un rol más activo que cumplir. En la medida que esa relación cambie y los propietarios estén mejor informados del potencial de sus bosques, así también el PSA contribuirá a producir la transición a usos forestales más seguros y continuos.

Costa Rica ha sido pionero y continúa desarrollando mecanismos, tanto a nivel nacional como internacional, que reconozcan la importancia, y el valor de los servicios ambientales de los bosques. Se ha desarrollado un mecanismo concreto con base legal, económica e institucional que ha sido puesto en práctica por instituciones, asociaciones, ONG y productores privados. Esta es una experiencia real y un ejemplo de cómo se puede dar en la práctica el reconocimiento al propietario de bosques por



los servicios ambientales de estos ecosistemas. Hay fortalezas y algunos riesgos asociados con las actividades forestales y el PSA (Fig. 6); unas son producto de la estructura del sector forestal actual y otras de las fuentes de financiamiento que otorgan fondos al PSA.

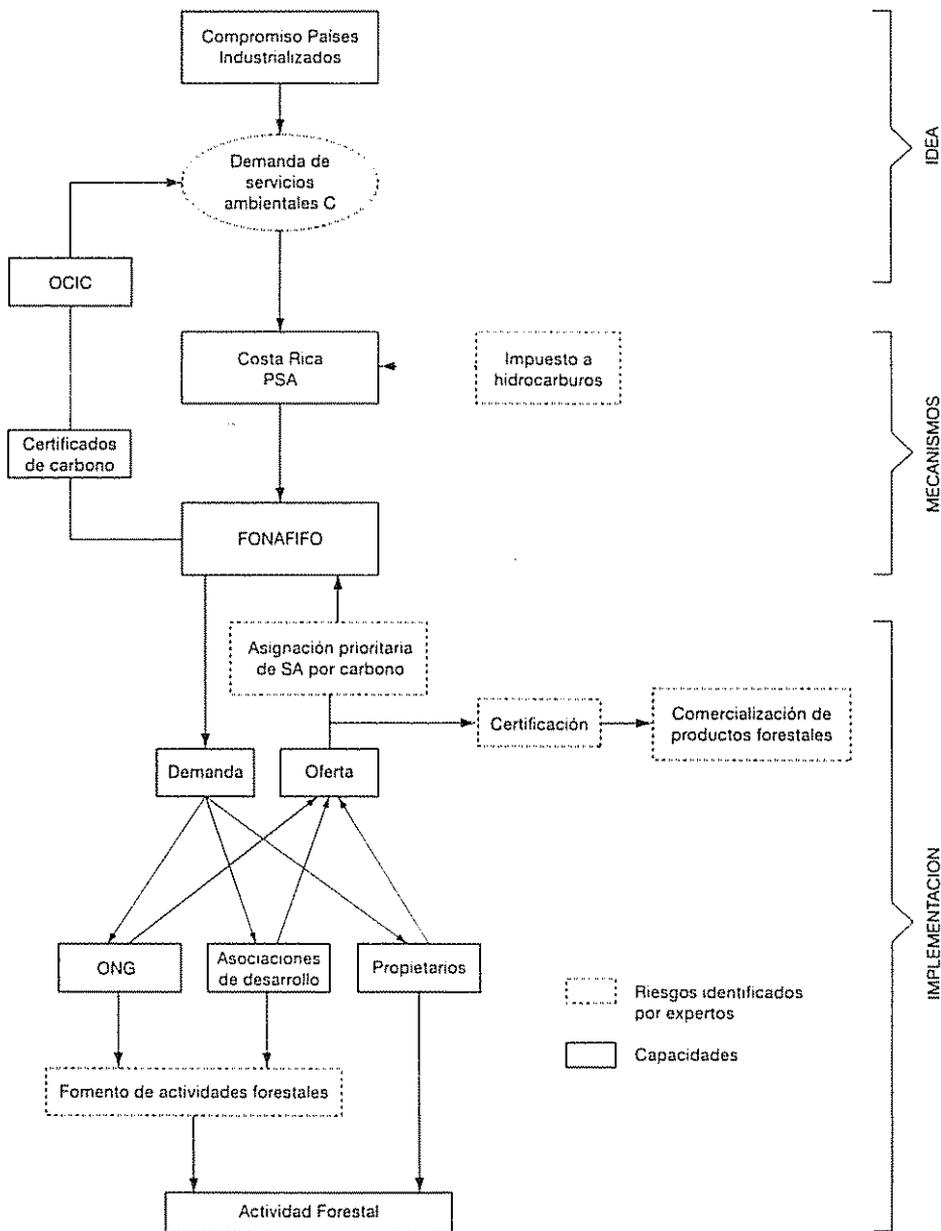


Figura 6. Capacidades y riesgos asociados al servicio fijación y almacenamiento de carbono.



Al igual que Costa Rica creó prestigio en el tema de la conservación y de la cual ha logrado importantes reconocimientos internacionales, ese mismo prestigio debe ganarse en el campo forestal productivo. Eso es posible de lograr, pero requiere de reglas del juego claras, con la participación del sector público y privado, y ejecutando acciones en función de prioridades concertadas. La integración de la cadena productiva forestal, aplicación efectiva de estándares para el manejo forestal sostenible con base en la certificación forestal, y la inserción de productos especializados en el mercado nacional e internacional son algunas de ellas. El PSA puede contribuir en gran medida a lograr esa integración.

Los mercados son dinámicos; hoy día se visualiza el mercado del carbono, mañana puede ser otro. La forma de producción forestal apoyada por el PSA debe ser tal que independientemente de la señal que envíen los mercados internos o externos, el país estará preparado para hacerles frente. Costa Rica tiene capacidad para enfrentar este desafío.



Bibliografía

- Alpizar, E ; Arias, D.; Echeverría, J 1997 Proyecto de reforestación de áreas bananeras abandonadas en finca EARTH, bajo el marco de actividades implementadas conjuntamente San José, C.R. 28 p
- Araya, M.V. 1998 Una visión sobre la política de financiamiento forestal. In Universidad para la Paz-Oficina Nacional Forestal. Análisis de políticas forestales y de recursos naturales de Costa Rica con miras al futuro: Resultados del Foro Nacional. San José, C.R. pi.
- Arias, G. 1998. El desarrollo político, legal e institucional del sector forestal San José, C.R.
- Brown, K. 1997. Carbon sequestration and storage in tropical forests. CSERGE-GEC Working Paper 92-24. 27 p
- Camacho, D.; Esquivel, E.; Salas, C.; Ortiz, E. 1998. Auditoría a planes de manejo en la sub-región Sarapiquí del Área de Conservación de la Cordillera Volcánica Central. Centro de Investigaciones en Integración Bosque Industria (CIIBI), Instituto Tecnológico de Costa Rica San José, C.R. 15 p.
- Carranza, C., Aylward, B., Echeverría, J., Tosi, J. y Mejías, R. (1996). Valoración de los servicios ambientales de bosques de Costa Rica. Centro Científico Tropical San José, C.R. 71 p.
- Castro, R.; Arias, G. 1998 Costa Rica, hacia la sostenibilidad de sus recursos forestales. MINAE-FONAFIFO. San José, C.R. 23 p.
- Comisión Nacional de Certificación Forestal. 1999. Estándares y procedimientos para el manejo sostenible y la certificación forestal en Costa Rica San José, Costa Rica 54 p
- Costa Rica. Asamblea Legislativa. 1996. Ley Forestal No. 7575. La Gaceta No. 72; abril 16
- Costa Rica. Asamblea Legislativa. 1998. Ley de Creación del Consejo Nacional de Vialidad No. 7798, Decreto legislativo No. 7798.
- Costa Rica. Asamblea Legislativa. 1998. Ley de Biodiversidad No. 7788. La Gaceta No. 101; mayo 27:p.1-10
- Costa Rica. Asamblea Legislativa. 1998. Ley Orgánica del Ambiente No. 7554. La Gaceta No. 215; nov. 13
- Costa Rica. Banco Central de Costa Rica. 1998. <<http://websiec.bccr.fi.cr/indicadores>>



- Costa Rica MINAE. 1996. Proyecto GRUAS; propuesta técnica de ordenamiento territorial con fines de conservación de biodiversidad. Preparado por R. García. San José, C.R. 99 p.
- Costa Rica. MINAE. 1998. Decreto No 26975. La Gaceta No 100; mayo 26.
- D. Driankov, H. Hellendroorn, M. Reinfrank (1993). An introduction to fuzzy control. Springer-Verlag U.S.A.
- Fondo Nacional de Financiamiento Forestal. 1998. Resumen del pago por servicios ambientales en las modalidades CPB, reforestación y manejo de bosque, 1997, por Área de Conservación. San José, C.R. 3 p.
- Fondo Nacional de Financiamiento Forestal. 1998. Mapa de cobertura de bosques de Costa Rica en 1997 (base digital).
- Fundación para la Conservación de la Cordillera Volcánica Central. 1998a. Listado de productores con PSA en actividades de protección, manejo forestal y plantaciones en las áreas atendidas por FUNDECOR (archivo digital).
- Fundación de la Cordillera Volcánica Central. 1998b. Listado de productores con PSA en actividades de protección, manejo forestal y plantaciones en las áreas atendidas por FUNDECOR, en proceso de titulación de propiedad (archivo digital).
- Fundación de la Cordillera Volcánica Central. 1998c. Caracterización de las zonas de manejo forestal atendidas por FUNDECOR (archivo digital).
- Quirós, D.; Gómez, M. 1998. Manejo sustentable de un bosque natural tropical en Costa Rica: análisis financiero. Informe Técnico 303, CATIE, Turrialba. 22 p.
- International Council for Bird Preservation. 1992. Putting biodiversity on the map: priority areas for global conservation. Cambridge, U.K. 90 p.
- Lammerts van Bueren, E.; Blom, E. 1997. Hierarchical Framework for the Formulation of Sustainable Forest Management Standards. The TROPENBOS Foundation, Wageningen. 82 p.
- Paniagua, S. 1994. Amenaza volcánica. In Denyer, P.; Kussmaul, S. (Comps.). Atlas geológico Gran Área Metropolitana, Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica. pp. 221-231.
- Prabhu, Ravi; Colfer, J.P. Carol; Venkateswarlu, P.; Cheng Tan, Ley; Soekmadi, Rinekso; y Wollenberg, E. 1996. Testing criteria and indicators for the sustainable management of forests: Phase I, Final Report. CIFOR-THE EUROPEAN UNION-GTZ-THE FORD FOUNDATION-USAID. 217 p.
- Pierce-Colfer, C.J.; Wadley, R.L.; Harwell, E. y Prabhu, R. 1997. Inter-generational access to resources: developing criteria and indicators. CIFOR, working paper No. 18. Bogor, Indonesia, 34 p.
- Refinadora Costarricense de Petróleo. 1998. Impuesto selectivo de consumo recaudado en 1997 y 1998 y montos netos pagados. RECOPE, Depto de



Contabilidad. Certificaciones extendidas a solicitud del Fondo Nacional de Financiamiento Forestal, San José, C.R. 5p.

- Rodriguez, J.; Corrales, L. 1998. Potencial de carbono y fijación de dióxido de carbono de la biomasa en pie, por encima del suelo, en los bosques de la República de Costa Rica. INCAE, Centro Latinoamericano para la Competitividad y el Desarrollo Sostenible. Proyecto BCIE-INCAE-HIID. San José, C.R. 56 p.
- Ruitenbeek, J. y Cartier, C. 1998. Rational exploitations: economic criteria and indicators for sustainable management of tropical forests. CIFOR, Indonesia. 52 p.
- Sánchez-Azofeifa, A. 1996. Assessing land use/cover change in Costa Rica. Ph.D dissertation, University of New Hampshire. 191 p.
- Soto, G. 1994. Vulcanología física. In Denyier, P.; Kussmaul, S (Comps.). Atlas geológico Gran Area Metropolitana, Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica. pp. 131-146.
- Torres, L. 1998. Las instituciones y el desarrollo forestal futuro: ponencia del Sector Privado. In Universidad para la Paz-Oficina Nacional Forestal. Análisis de Políticas Forestales y de Recursos Naturales de Costa Rica con miras al futuro: Resultados del Foro Nacional, San José, C.R., p. i
- WWF; IUCN. 1994-1997. Centres of plant diversity. A guide and strategy for their conservation. Volume 3, The Americas. IUCN Publications Unit, Cambridge, UK. Site MA 16, Braulio Carrillo-La Selva Region. pp.203-208.
- Stork, N. E.; Boyle, T.J.B.; Dale, V.; Eeley, H.; Finegan, B.; Lawes, M.; Manokaran, N.; Prabhu, R. y Soberon, J. 1997. Criteria and indicators for assessing the sustainability of forest management: conservation and biodiversity. CIFOR, Working Paper No. 17.
- Zadeh, L. A. 1965. Fuzzy Sets. Information and Control. 8, 338-353.



Anexo 1

Metodología general

Mediante la metodología desarrollada, se intenta lograr una integración de alto nivel, para facilitar las labores de toma de decisiones. Se diseñó un método que permitiera ir de lo particular de las valoraciones de un grupo de expertos, a lo general del funcionamiento de los PSA en diferentes actividades forestales. La intención metodológica es lograr mediante el sistema de C&I una comparación entre tres actividades forestales apoyadas por el PSA y la actividad alternativa, considerando tres dimensiones de análisis: biofísica, social y económica.

Como resultado, se obtiene una descripción numérico-cualitativa de cada uno de los indicadores, criterios, principios y dimensiones, de manera jerárquica en forma de cuadro de síntesis, a partir del cual se puede establecer una comparación directa entre actividades. Adicionalmente, se construye un "Triángulo Concreto de Sostenibilidad" que integra los resultados de las tres dimensiones y que permite en forma rápida observar los resultados concretos del análisis y determinar el estado de situación de las dimensiones por actividad.

Conceptualización del sistema de indicadores

Para la caracterización de los PSA, se estructuró un Sistema de Indicadores, con base en la jerarquía de C&I para manejo forestal de Lammerts y Blom (1997). Se incorporaron modificaciones para operacionalizarlo y permitir la integración a diferentes niveles y actividades forestales. Un sistema de indicadores se define como un conjunto de dimensiones, principios, criterios e indicadores que describen un objetivo superior.

En la estructura jerárquica se definen Principios, compuestos por Criterios, que a su vez son definidos por indicadores. (Fig. 1) La definición de cada uno de estos niveles según Lammerts y Blom, y adaptada a nivel de sistemas es la siguiente:

- **Principio:** ley fundamental o regla como base para el razonamiento y la acción. En el caso de la dimensión biofísica, el Principio 1, que se refiere a la biodiversidad, dice "Se mantiene la integridad de los ecosistemas". Es decir, esta es la regla que la actividad forestal con PSA debe cumplir para el tema.
- **Criterio:** estado o aspecto del proceso dinámico de un sistema. La manera de formular Criterios debe resultar en un veredicto o juicio del grado de



cumplimiento en un momento determinado Siguiendo con el ejemplo de biodiversidad, el Principio es evaluado con tres Criterios: "Se mantiene flujo de energía", "Poblaciones de flora y fauna son viables", "Diversidad de especies". En otras palabras, para que el Principio 1 se cumpla, deben cumplirse en forma 'adecuada' estos Criterios Si se unen el Principio con sus Criterios en forma narrativa, podemos decir que: Para mantener la integridad de los ecosistemas (puede ser cualquiera), se requiere que se mantenga el flujo de energía, que las poblaciones de flora y fauna sean viables (es decir que se puedan mantener, reproducir, etc) y que se mantenga la diversidad de especies Parecen Criterios exigentes, pero estamos midiendo biodiversidad. ¿Qué actividad forestal que apoya el PSA cumple mejor con estos Criterios?

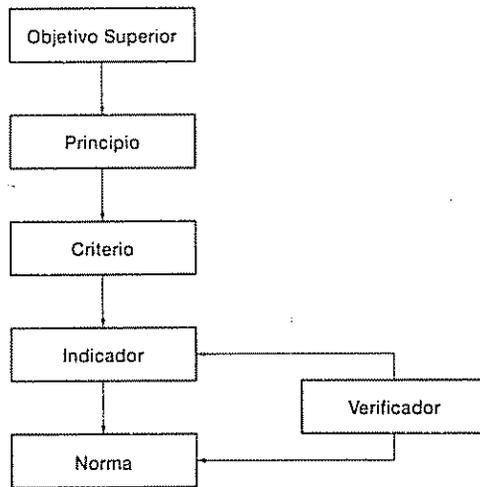


Figura 1. Jerarquía de Criterios e Indicadores según Lammerts y Blom, 1997.

- **Indicador:** parámetro cuantitativo o cualitativo que puede evaluarse en relación con un Criterio. Describe de una manera verificable objetivamente características de un sistema. La pregunta siguiente en el ejemplo es ¿Cómo medimos esos Criterios?. Aquí aparecen los indicadores. Para medir el Criterio "Se mantiene el flujo de energía" se identificaron tres indicadores: "grado de erosión que la actividad puede generar", "permanencia de nutrimentos" y "calidad y cantidad de agua". En el tema de biodiversidad supongamos que se está evaluando la actividad de manejo forestal. El grado de erosión que la actividad puede generar dependerá del tipo de manejo y de la fase en que se encuentra la actividad silvicultural. Una manera de determinar esto es mediante el establecimiento de parcelas experimentales, haciendo mediciones sistemáticas, analizando los datos y generando un parámetro cuantitativo. Otra forma es formular preguntas a expertos, que de una manera "difusa" evalúen el Indicador con base en su experiencia y conocimiento de la materia y la región geográfica. Esto último se hizo en este estudio; más adelante se detalla cómo.



- **Verificador:** la fuente de información para el indicador o para el valor de referencia para el indicador.
- **Norma:** valor de referencia del indicador, establecido para usarlo como regla o base de comparación.

Adicionalmente se incorporó el concepto de dimensión, como un elemento fundamental básico, que muchos públicos dominan ya que forma parte esencial del desarrollo sostenible (Fig. 2). Además, se incorporaron normas en cada uno de los niveles jerárquicos. Las normas (subrayadas en la figura) permiten la integración de cada uno de los niveles para tratar de describir el objetivo superior. Para lograrlo, las normas se definen como funciones matemáticas difusas que evalúan un valor y dan como resultado un "valor de verdad", y una "sentencia definida" sobre cada C&. En términos generales, una norma definida en términos de función difusa permite: i) transformar todos los valores al mismo dominio numérico en el intervalo 0-1; y ii)

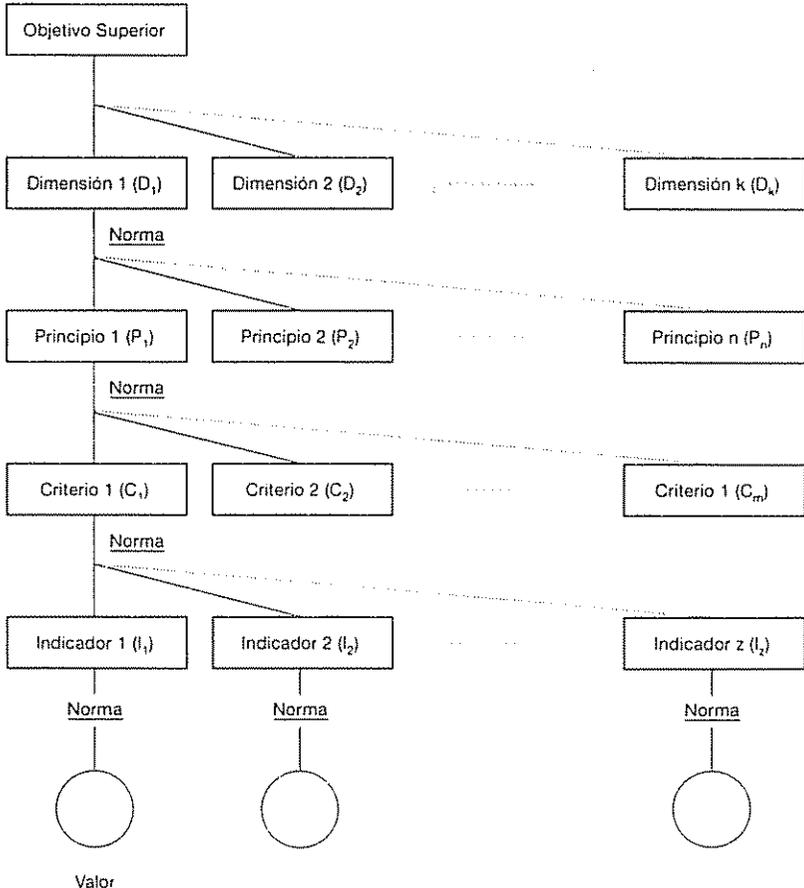


Figura 2. Sistema de Indicadores utilizado para la caracterización del PSA.



lograr capacidad de integración de resultados (Fig. 3).

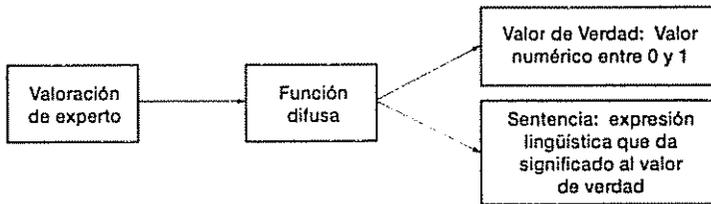
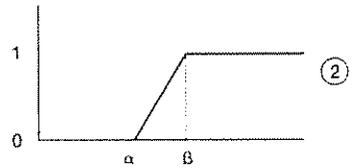


Figura 3. Transformación de las valoraciones de expertos mediante la función difusa.

Se utilizaron una de las tres funciones difusas básicas siguientes (Driankov et al. 1993) para cada indicador:

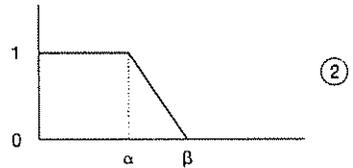
Función- Γ (Gamma) o Función Creciente:

$$\Gamma(u; \alpha, \beta) = \begin{cases} 0, u < \alpha \\ (u - \alpha) / (\beta - \alpha), \alpha \leq u \leq \beta \\ 1, u > \beta \end{cases}$$



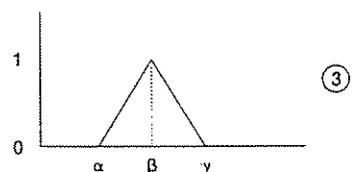
Función- L o Función Decreciente:

$$L(u; \alpha, \beta) = \begin{cases} 1, u < \alpha \\ (u - \alpha) / (\beta - \alpha), \alpha \leq u \leq \beta \\ 0, u > \beta \end{cases}$$



Función- Λ (Lambda) o Función Triángulo:

$$\Lambda(u; \alpha, \beta, \gamma) = \begin{cases} 0, u < \alpha \\ (u - \alpha) / (\beta - \alpha), \alpha \leq u \leq \beta \\ (\alpha - u) / (\beta - \alpha), \beta \leq u \leq \gamma \\ 0, u > \gamma \end{cases}$$



El valor de los parámetros α , β y γ se definieron según niveles aceptables de tolerancia para un indicador, criterio o principio (límites de tolerancia). Para efectos del análisis se utilizó una tolerancia del 20%. Estos parámetros además 'disparan' una sentencia, previamente definida en términos del resultado difuso; así por ejemplo, si el resultado es 1, la sentencia podría ser 'alto'. La función utilizada para cada Principio, Criterio e Indicador se indica en el Cuadro 1



Cuadro 1. Cálculo de la Distancia Euclidiana

Dimensión: Biofísica	Valor de Verdad de Plantaciones	Valor de Verdad Protección de Bosques	Diferencia al cuadrado
P: Mantenimiento de Ecosistemas			
<i>C: Flujo de Energía</i>			
I: Grado de erosión que la actividad genera	0,67	1	0,1089
I: Permanencia de nutrimentos	0,67	1	0,1089
I: Calidad y cantidad de agua	0,95	1	0,0025
<i>C: Poblaciones de Flora y Fauna son Viables</i>			
i: Capacidad de mantener poblaciones viables	0,83	1	0,289
<i>C: Diversidad de Especies</i>			
I: Grado de diversidad	0	1	1
I: Potencial de recuperación de biodiversidad	0,44	1	0,3136
Distancia Euclidiana			1,5628

Una vez definido el marco conceptual para los C&I, la selección para las dimensiones biofísica, social y económica; se realizó mediante la consulta de literatura y se contó con un grupo asesor de expertos para determinar Indicadores claves y definir normas. Los indicadores se clasificaron en tre categorías antes de ser evaluados por expertos y propietarios. Los indicadores fueron clasificados en 'Operación' (evalúan un procedimiento), 'Dato' (evalúan un estado) y 'Riesgo' (evalúan estabilidad y permanencia).

Valoración de Indicadores

La valoración de indicadores se realizó mediante la consulta a expertos, quienes en una entrevista libre debían dar una valoración v del indicador, dentro de un rango definido para el mismo, y una opinión resumida justificando la respuesta (que ahora denominaremos o). Se elaboró un cuestionario corto que contenía los C&I para cada uno de las dimensiones en estudio.

Igualmente se elaboró un cuestionario más narrativo para ser aplicado a los propietarios de tierras con PSA. La lista de expertos se hizo tomando en cuenta las dimensiones por evaluar. También se consideró la disponibilidad de tiempo de los entrevistados, dadas las limitaciones de tiempo para el estudio. Para seleccionar a los propietarios de tierras se utilizó una lista de convenios facilitados por FUNDECOR. Se hicieron 35 entrevistas a propietarios, con diferente actividad forestal y tamaño de finca. La lista de personas entrevistadas y tipo de actividad forestal y personas que no participan del PSA se encuentra en el Anexo 3.

Para las entrevistas a los expertos se elaboró una carpeta con información variada, que facilitara la respuesta a algunas preguntas específicas referidas al ACCVC. Esa



carpeta incluyó mapas de uso de la tierra, áreas protegidas, áreas de fincas con PSA, cobertura de bosques, límites del ACCVC, corredores biológicos propuestos o áreas privadas propuestas de protección, áreas altitudinales y zonas de vida (Holdridge). Los mapas fueron elaborados con base en información digital proporcionada por FUNDECOR y FONAFIFO, y procesada en ArcView 3.0a e Idrisi. Las entrevistas a expertos fueron realizadas por dos personas: una encargada de formular las preguntas y comentar con el entrevistado los diferentes temas, y otra encargada de anotar cuidadosamente las opiniones y valoraciones proporcionadas por el entrevistado. Esto facilitó que la entrevista fuera más fluida.

Los mapas que se presentan en este documento fueron elaborados con base en una imagen digital proporcionada por FUNDECOR. La imagen original es Landsat TM 4 (path 15, row 53), siete bandas, todas las cuales se usaron para la clasificación. Se trata de dos imágenes obtenidas en febrero y marzo de 1996. Para el procesamiento y clasificación se usó ERDAS Imagine 8.0, trabajo que estuvo a cargo de Sergio Velázquez (CATIE) y Johnny Rodríguez (FUNDECOR). La clasificación se hizo en 1998.

Las entrevistas con propietarios se hicieron en forma individual por una consultora con experiencia en este tipo de trabajo. La modalidad fue realizar preguntas directas, con base en un cuestionario diseñado con preguntas fáciles de entender. Las entrevistas incluyeron la dimensión económica, excepto las preguntas sobre mercados de carbono y biodiversidad, y la social. Las preguntas de la dimensión biofísica no se formularon a los propietarios por la dificultad de la materia. Los resultados de los expertos científico-técnicos en la dimensión biofísica se incluyeron en el análisis de los propietarios, con el fin de construir el triángulo de equidad (síntesis).

Una vez obtenidas las respuestas de los expertos, se ordenaron por indicador y se construyó la base de datos por medio de la cual se hicieron los análisis posteriores. El análisis se hizo por medio del programa "Equity 1.0" (Anexo 4) desarrollado por uno de los consultores, para la integración de C&I. La versión digital de ese programa acompaña este documento final.

Una vez obtenidas las respuestas a los indicadores, los valores v se procesaron de la siguiente manera:

$$\text{Valor de verdad del indicador} \begin{cases} m_I(v) & \text{si sólo hay una opinión de experto} & \textcircled{4} \\ \frac{\sum_{i=1}^n m_I(v_i)}{n} & \text{si hay } n \text{ respuestas de expertos} & \textcircled{5} \end{cases}$$

donde $m_I(v)$ es la función difusa m para el indicador I .

Para determinar la divergencia de las respuestas, las valoraciones se clasificaron de acuerdo con los "tipos" de respuesta. Se procedió entonces a calcular el grado de divergencia de la siguiente forma:



$$\mu = \frac{1}{2} \left(\frac{\sum d(v, x_c)}{\sum v} + \frac{z}{n} \right) \quad (6)$$

donde:

μ = incertidumbre de un indicador cualquiera

d = Distancia Euclidiana (se explica más adelante) del valor v , con respecto al promedio \bar{X}_c de valores de la clase c a la cual v pertenece. Para obtener la clase de un valor, se hizo una categorización de las opiniones de cada experto.

z = número de clases

n = número de valores

Este procedimiento se repitió para cada indicador y para cada una de las actividades forestales evaluadas, tanto para expertos como para propietarios

Integración de niveles

Una vez evaluados cada uno de los indicadores mediante la función difusa y promediados (ecuaciones 4 y 5), se calcularon los niveles superiores (criterio, principios y dimensiones) mediante la intersección mínima de conjuntos difusos. Así por ejemplo, la función $\min(I_1, I_2) \odot$, es el mínimo valor de verdad entre el indicador 1 y el indicador 2. Del mismo modo $\min(C_1, C_2)$, es el valor mínimo entre el valor de verdad del criterio 1 y el criterio 2, y así sucesivamente para principios y dimensiones. Si en un criterio existen tres indicadores, el criterio evaluará el valor del mínimo de los tres; si el indicador es 0 (color rojo), entonces el criterio será 0 (color rojo). De la misma forma para principios y dimensiones

Este procedimiento permite trasladar de niveles inferiores a niveles superiores los valores mínimos de cada uno de los indicadores (Fig. 4). Se utiliza la intersección de conjuntos difusos partiendo del supuesto de que para que se cumpla un criterio es necesario que los indicadores estén dentro de un rango tolerable, pero si sólo uno de ellos no está dentro, este se transforma en el problema principal del Criterio y este asume su valor de verdad. De igual manera se aplica a nivel de Principio y Dimensión.

Comparación de actividades

Una vez calculados todos los valores de verdad, para dimensiones, principios, criterios e indicadores se calcularon las distancias entre indicadores para cada una de las actividades forestales. Para el cálculo de distancias, se utiliza la Distancia



Euclidiana:

$$d(v,u) = \sum_{i=1}^m (v_i - u_i)^2 \quad (8)$$

donde v_i es el valor de verdad del indicador i para una actividad forestal, y u_i es el mismo indicador i pero para la actividad con la cual se desea comparar. En el Cuadro 1 se presenta un ejemplo, donde para la dimensión biofísica se tiene un principio con tres criterios y varios indicadores. Para cada indicador se tiene el valor de verdad en las actividades de plantaciones y protección (el valor de verdad es el resultado del cálculo de valoración de expertos, como se explicó anteriormente)

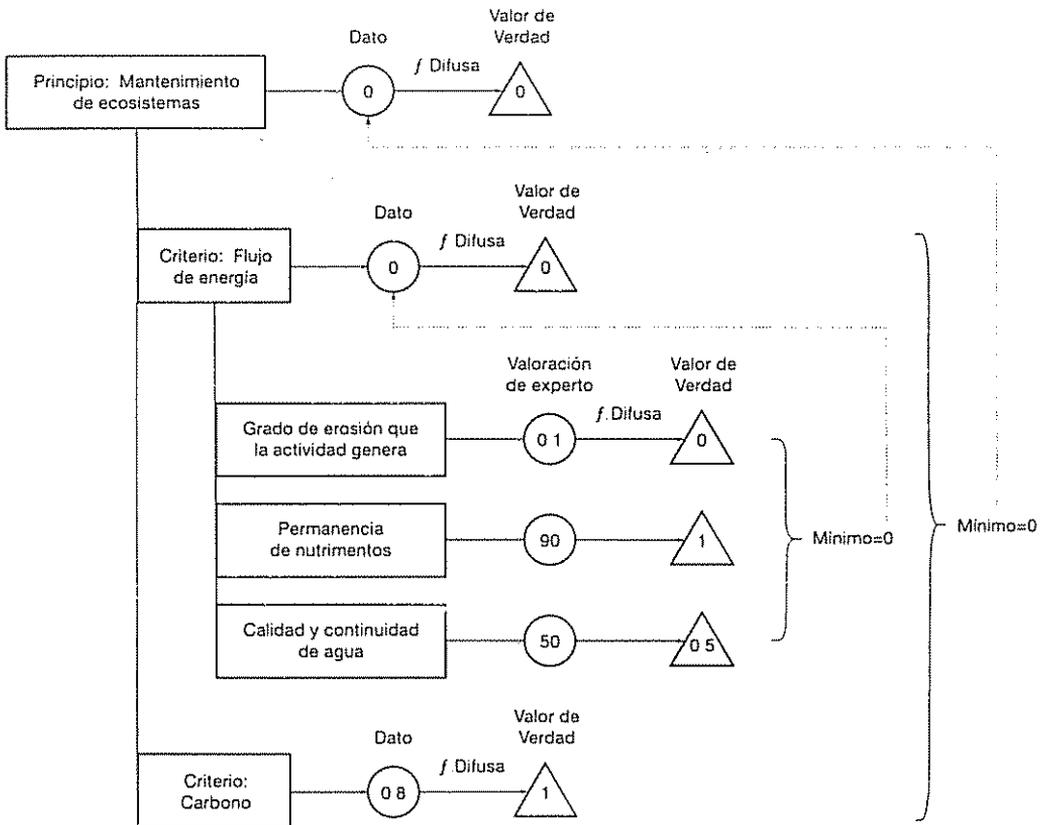


Figura 4. Integración de niveles. Los valores mínimos se trasladan de Indicadores a Principios, bajo la premisa de que todos los componentes de un Criterio o Principio deben ser buenos, o el Criterio o Principio será tan malo como el peor de ellos



Se calcularon las Distancias Euclidianas para determinar el grado de diferencia entre actividades forestales según los expertos, y también las diferencias entre propietarios y expertos para cada una de las actividades. Luego, se elaboraron los Triángulos Concretos de Sostenibilidad para resumir el estado del Sistema de indicadores en sus tres dimensiones (Fig.5). Las reglas generales del triángulo son:

1. Cada vértice, representa una dimensión.
2. Mientras más cercano a 1 esté el valor de verdad en cada dimensión, el área total del triángulo será mayor y por tanto mejor la condición del sistema.
3. Mientras más simétrico sea el triángulo, mayor equidad existe en el sistema

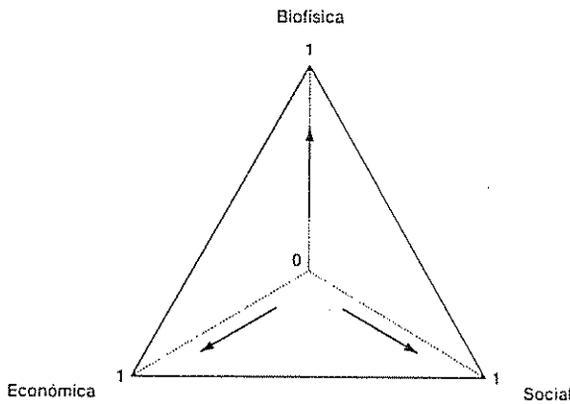


Figura 5. Triángulo de sostenibilidad

Para el cálculo del triángulo, en vez de utilizar la intersección de conjuntos difusos, como se explicó en la integración de niveles, se utiliza el promedio de valores de verdad (promedio difuso) como se muestra en la Fig. 6

Interpretación de resultados

Como se observa en la Fig. 3, la función difusa evalúa la valoración del experto, y genera dos resultados: un valor de verdad y una sentencia. El valor de verdad representa la verdad de la valoración con respecto al máximo posible. Consideremos el siguiente ejemplo:

Indicador: "Permanencia de una ley para fondos de PSA"

Intervalo: 0 a >20 años

α (alfa): 4

β (beta): > 20

Significado(Sentencia): "Baja Permanencia"
 Significado(Sentencia): "Alta Permanencia"
 Significado entre alfa y beta: "Permanencia Intermedia"

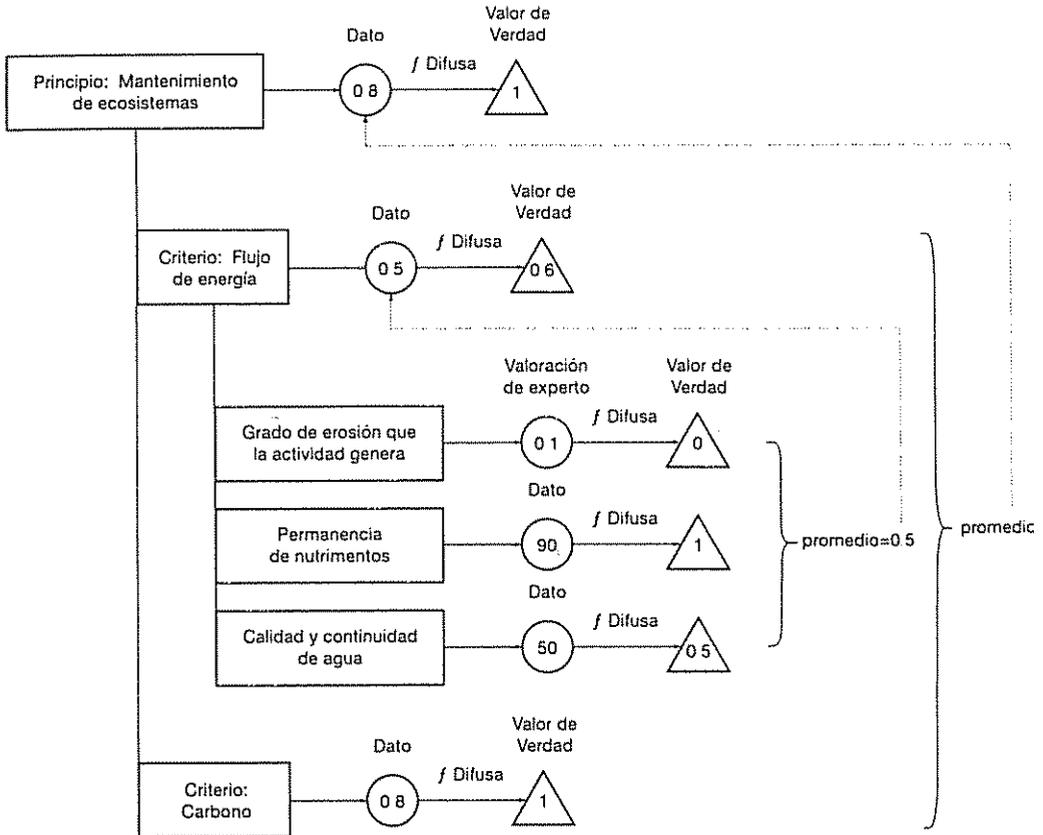


Figura 6. Se calcula el promedio difuso, para integrar niveles y generar el triángulo

El indicador "Permanencia de una ley para fondos de PSA" es un valor entre 0 a 20 que indica la cantidad de años que se estima permanecerá la ley que otorga fondos al PSA. Recordemos que alfa y beta corresponden a los límites superior e inferior de la función difusa. Cuando la valoración del experto excede los 20 años, la sentencia será "Alta Permanencia", dado que el valor es mayor que el límite de beta; y de acuerdo con la función difusa el valor de verdad resultante será 1. Si por el contrario, el valor es menor que 4 entonces será menor que el límite alfa y por tanto la sentencia será "Baja Permanencia", con un valor de verdad de 0. En el caso de que la valoración del experto esté entre 4 y 20, el resultado será un valor entre 0 y 1, determinado por una función difusa creciente (Fig. 7).

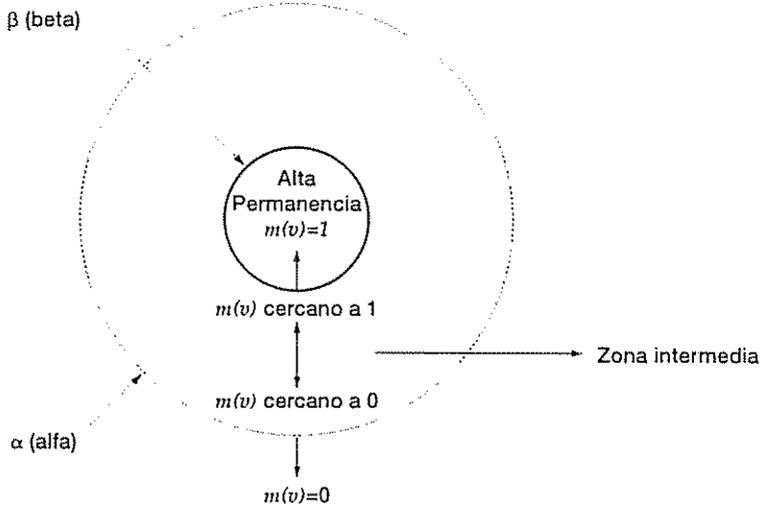


Figura 7. Interpretación del valor de verdad. $m(v)$ es la función difusa que evalúa la valoración v

Utilización de funciones difusas

Como se mencionó en el documento, una norma es una función que permite dos cosas importantes:

1. transformar todos los valores del sistema al mismo dominio
2. lograr capacidad de integración de resultados

El primer punto permite que cada valor del sistema tenga, como resultado de la aplicación de la función, el mismo valor comparable entre indicadores; así, si en un principio el valor del indicador es un porcentaje, este puede ser transformado a un valor entre 0 y 1. Del mismo modo, si el indicador da como resultado categorías disjuntas, entonces la función debe tener la capacidad de transformar el resultado también al intervalo 0 y 1.

Esto no es sencillo, pero mediante la utilización de una teoría matemática de 1968, propuesta por Zadeh, se puede utilizar la incertidumbre y vaguedad para la calificación y unificación de entidades matemáticas; así se puede lograr el manejo de los indicadores e integrar resultados (Bandemer y Nather 1992).

La lógica difusa se ha utilizado en la construcción del modelo de tomas de decisiones (Fernández 1982). Esta técnica inicia con la escogencia de acciones a partir de estímulos actuales, y del estado al cual se pretende llegar (objetivos y metas). Debido a la naturaleza de la información de la técnica se ha tratado de resolver dos aspectos importantes a través de la lógica difusa:



- La arbitrariedad de la formulación de los objetos y metas.
- La determinación del grado de verdad de las inferencias, debido a la naturaleza imprecisa de los objetivos y metas.

Lógica difusa

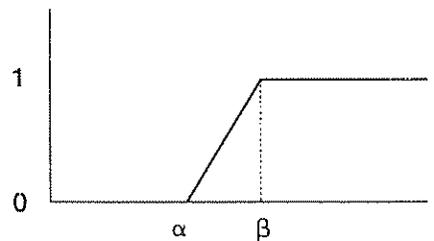
En la lógica clásica, la pertenencia de un elemento a un conjunto determinado puede asumir dos posibles valores: verdadero, si el elemento en efecto es parte del conjunto, o falso si el elemento no pertenece al conjunto. La función que determina la pertenencia de un elemento x a un conjunto A , se denomina *función característica*; los resultados de esta función pertenecen al conjunto $\{0,1\}$ (Klir y Yuan 1995). En la lógica difusa, la *función característica* se denomina *función de membresía* o *función de verdad*; en este estudio se le denominó función difusa, y el resultado de evaluar un elemento x es un valor en el intervalo $(0,1)$. Esto quiere decir que la pertenencia de x en A , por ejemplo, podría ser 0.5. Dentro de este intervalo es necesario definir cuales valores convierten la pertenencia del elemento x en A en verdadero, esto se denomina α (Driankov et al. 1993).

Veamos un ejemplo:

Por lo general en nuestra sociedad existe una tendencia a categorizar las personas como adultas, jóvenes, etc. Si bien es cierto es un concepto muy intuitivo, su definición es vaga, dado que no es claro a partir de que edad una persona se considera adulta. Ahora bien para lograr la definición de un *conjunto difuso*, es necesario establecer la función de membresía o función difusa que determina en qué grado cualquier elemento pertenece al conjunto. Consideremos lo siguiente:

Sea la función difusa:

Función- Γ (Gamma) o función creciente:



$$\Gamma(u; \alpha, \beta) = \begin{cases} 0, u < \alpha \\ (u - \alpha) / (\beta - \alpha), \alpha \leq u \leq \beta \\ 1, u > \beta \end{cases}$$

Lo que dice esta función es que la pertenencia de un elemento u , a un conjunto



difuso depende de la función difusa creciente; donde si u es menor que un valor alfa, el valor de verdad será 0 y entonces el elemento u no pertenece al conjunto. Si por el contrario, u es mayor que beta, podemos asegurar que u pertenece al conjunto (valor de verdad 1). En el caso de que esté entre alfa y beta, se obtiene una pertenencia al conjunto que es un valor de verdad entre 0.1 y 0.9, al ser cercano a uno se puede afirmar que u está cerca de pertenecer al conjunto; cuando u es un valor cercano a 0 se puede decir que u es intermedio pero está lejos de pertenecer al conjunto.

Volvamos ahora el ejemplo de los adultos:

definimos un conjunto de adultos utilizando la función anterior con alfa = 20 y beta = 30, decimos entonces

$$\mu_A(x) \begin{cases} 1 & \text{si } x > 30 & \text{El individuo es adulto} \\ \frac{x-20}{10} & \text{si } x \leq 30 \wedge x \geq 20 & \text{El individuo está cerca o lejos de ser adulto} \\ 0 & \text{si } x < 20 & \text{El individuo es joven} \end{cases}$$

donde μ_A es la función que determina el grado de verdad (valor de verdad) en que el elemento a con edad x pertenece a A (*Función de Verdad*). Si el individuo tuviera 15 años, el resultado de la función sería 0 (15 es menor que alfa) entonces el individuo es un "no adulto", o mejor dicho un joven. Si el individuo tiene 60 años es claramente un adulto (60 mayor que beta), pero si el individuo tiene 29 años, el resultado es 0.9, lo cual indica, que todavía no es adulto, pero que está cercano a serlo (0.9 cercano a 1).

Caso aplicado al manejo

Consideremos el siguiente ejemplo, en la dimensión biofísica, un principio con tres criterios y varios indicadores. Primero se define cada una de las expresiones del sistema (ES) o evaluadores (e); o sea, dimensiones, principios, criterios e indicadores, las cuales se tabulan en el siguiente recuadro:

l =expresión lingüística	(V =conjunto de elementos para ES) ó (v para e)	d = función difusa	Tipo
Dimensión 1: Biofísica	3 Principios (P_1)	Función tipo Λ	ES
Principio 1: Mantenimiento del ecosistema	3 Criterios (C_1, C_2, C_3)	Función tipo Γ	ES
Criterio 1: Ciclaje de nutrimentos	5 Indicadores (I_1)		ES
Indicador 1: permanencia de nutrimentos	0 = baja permanencia de nutrimentos 1 = alta permanencia	Función tipo L	e
Criterio 2: Reproducción de especies	5 Indicadores (I_1, I_2)		ES
Indicador 1: viabilidad de poblaciones de polinizadores	Indice: 0 = baja viabilidad; 1 = alta viabilidad, propia de un sistema no intervenido de la región bajo estudio	Función tipo L	e
Indicador 1: viabilidad de poblaciones de fauna	Indice: 0 = baja viabilidad; 1 = alta viabilidad, propia de un sistema no intervenido de la región bajo estudio	Función tipo L	e
Criterio 3: Diversidad de especies	5 Indicadores (I_1)		ES
Indicador 1: Indice de diversidad de Shannon	Indice: 0 = baja diversidad; 1 = alta diversidad	Función tipo L	e

Una vez definidas las funciones, al colocar los datos reales se obtienen los resultados que se muestran en el siguiente cuadro, donde la segunda columna indica el valor obtenido en el campo, para el caso de indicadores; y el valor calculado con la función, en el caso de criterios y principios. En la columna tres se muestra el valor de verdad obtenido en la función y la columna siguiente la interpretación que este valor tiene:



	Valor	Grado de verdad	Significado
Principio: Biodiversidad	1.0	1.0	Alta
Criterio: Ciclaje de nutrientes		1.0	Alta
Indicador: Permanencia de nutrientes	0.8	1.0	Alta
Criterio: Reproducción de especies	0.8	1.0	Alta
Indicador: Viabilidad de poblaciones de polinizadores	0.7	0.8	Intermedia
Indicador: Viabilidad de fauna	0.8	1.0	Alta
Criterio: Diversidad		1.0	Alta
Indicador: Índice de diversidad de Shannon	0.2	1.0	Alto

Note como el resultado a nivel de Principio indica que la condiciones se satisfacen de una manera alta. El único valor intermedio observado es el de la viabilidad de polinizadores; sin embargo dentro del contexto general no es crítico. En el siguiente cuadro, la situación es bastante diferente:

	Valor	Grado de verdad	Significado
Principio: Biodiversidad	0.0	0.0	Baja
Criterio: Ciclaje de nutrientes		0.5	Intermedia
Indicador: Permanencia de nutrientes	0.5	0.5	Intermedia
Criterio: Reproducción de especies	0.0	0.0	Baja
Indicador: Viabilidad de poblaciones de polinizadores	0.7	0.8	Intermedia
Indicador: Viabilidad de fauna	0.2	0.0	Baja
Criterio: Diversidad		1.0	Alta
Indicador: Índice de diversidad de Shannon	0.2	1.0	Alto

El resultado a nivel de principio es bajo, y al observar los valores de los C&I se puede notar que el ciclaje de nutrientes es intermedio, la reproducción de especies es baja y algo extraño hay una alta diversidad. Este último valor parece estar en contradicción con lo anterior; sin embargo, a pesar de este valor el resultado global es



bajo. El razonamiento parte del hecho de que difícilmente un sistema que no cumple los requisitos de los dos primeros criterios podrá soportar una alta diversidad, de lo cual se pueden suponer que:

1. Los cálculos a partir de datos de campo contienen un error
2. La diversidad actual es alta, pero dadas las características del sistema se espera que en el futuro la diversidad baje

Como se nota con este ejemplo, la capacidad analítica de esta metodología es muy alta y permite no sólo integrar resultados, sino que siempre es posible volver al origen de los resultados, y a partir de estos hacer las interpretaciones y recomendaciones del caso.

Bibliografía

- Driankov, D.; Hellendroorn, H ; Reinfrank, M. 1993. An introduction to fuzzy control. Springer-Verlag U.S.A
- Bandemer, H; Nather, W. 1992. Fuzzy Data Analysis. Kluwer Academic Publishers London.
- Fernández, A.R. 1982. Modelo de toma de decisiones basado en metas difusas. Tecnología en Marcha (ITCR) Vol. 12: 47-57.
- Klir, G.; Bo Yuan. 1995. Fuzzy Sets and Fuzzy Logic. Prentice Hall. U.S.A.
- Lammerts van Bueren, E.; Blom, E. 1997. Hierarchical Framework for the Formulation of Sustainable Forest Management Standards. The TROPENBOS Foundation, Wageningen. 82 p.



Anexo 2

Establecimiento de prioridades en conservación de la biodiversidad

en la Cordillera Volcánica Central, Costa Rica

Biodiversidad de ecosistemas y aproximación de filtro grueso para la conservación de especies

Bryan Finegan

Introducción

Como lo atestigua un creciente volumen de información bibliográfica, el desarrollo de bases científicas para la conservación de la biodiversidad está avanzando rápidamente. Sin embargo, los conservacionistas todavía se sienten en la obligación de buscar y aceptar cualquier reserva, sin tener muy en cuenta los principios de conservación biológica (Meffe y Carroll 1994). Tal situación ilustra una debilidad potencial de la sofisticada investigación en conservación biológica: que ofrece información o herramientas que casi nunca serán utilizadas para la toma de decisiones en el mundo real. Este documento intenta destacar algunos elementos científicamente bien fundados para la toma de decisiones relacionadas con la conservación de la biodiversidad en el Área de Conservación de la Cordillera Volcánica Central (ACCVC). Las ideas aquí presentadas son el resultado de la experiencia del autor, no en la biología de la conservación o en la planificación y manejo de áreas de conservación, sino en el desarrollo de criterios e indicadores para la evaluación de la conservación de la biodiversidad en bosques manejados para la producción de madera. Este trabajo no es producto de un estudio formal, sino de observaciones y notas que buscan ofrecer una base de discusión, y quizás para un estudio formal en el futuro.

Biodiversidad de ecosistemas: principios básicos

El siguiente resumen de principios básicos de biodiversidad de ecosistemas se basa en Finegan *et al.* (en imprenta). Este resumen se basa en una extensa revisión de literatura; el conjunto completo de referencias se encuentran en el texto citado, del cual se puede obtener una copia si se solicita al autor.



Si bien las definiciones del término biodiversidad pueden variar, hay un consenso claro en lo que el término abarca -la variabilidad o diversidad de organismos vivos dentro y entre especies, y de los complejos ecológicos, incluyendo los ecosistemas de los cuales son parte. El término ecosistema tiene dos usos, uno exacto y otro libre. En su acepción exacta, ecosistema se refiere a una unidad formada por componentes vivientes y abióticos (p.e. vegetación y suelo) en interacción recíproca; en los estudios modernos de ecosistemas, las interacciones de interés son los flujos y los ciclos de energía y materia que son parte del funcionamiento del ecosistema. Cuando el término es usado libremente, se interpreta como un simple sinónimo de comunidad o tipo de vegetación, entendiendo comunidad como un ensamblaje de poblaciones de especies que ocurren juntas en espacio y tiempo. Es en este último sentido que se puede alcanzar el nivel de ecosistema, en el contexto de la valoración de la biodiversidad para la conservación y el manejo del bosque.

Si se visualiza la biósfera de manera jerárquica, la forma más simple y apropiada de concebir la biodiversidad a nivel de ecosistema forestal es en términos del número, variedad y arreglo espacial de los tipos de bosque en los paisajes (entendiendo 'paisaje', según la definición de Forman y Godron, como "Un área de varios kilómetros de ancho donde se repiten un conjunto de ecosistemas o de rodales con cierta interacción"). Así, el concepto de biodiversidad a nivel de ecosistema une dos conceptos: uno ampliamente entendido y estudiado (el nivel de biodiversidad de especies) y otro menos entendido (los niveles ecológicos superiores: paisajes y regiones), el cual se considera ahora como crítico para la sostenibilidad.

Como la biodiversidad de ecosistemas es un concepto menos familiar que el de diversidad a nivel de especies, es necesario hacer algunos comentarios breves sobre su significado e importancia. Estos comentarios pueden ser hechos desde el punto de vista de la ecología de la comunidad, de la ecología del paisaje y del manejo de recursos

Desde el primer punto de vista, el concepto de biodiversidad a nivel de ecosistema es una manera reciente de expresar el hecho básico de que las distribuciones y abundancias de los organismos a menudo muestran marcados patrones en espacio y tiempo, formando así comunidades reconocibles. Aunque no siempre tienen límites bien definidos, estas comunidades son entidades biológicas definibles no solo por la composición y la estructura, sino también por las interacciones entre las propiedades funcionales de especies y ecosistemas. Desde un punto de vista más práctico, la clasificación y medición de relativamente pocas comunidades en escalas espaciales más grandes es mucho más fácil, para propósitos descriptivos, que la de muchas especies individuales. Esta última consideración es también básica desde el punto de vista del paisaje, ya que la diversidad de ecosistemas es la medida de biodiversidad más apropiada en esta escala. De nuevo, sin embargo, el concepto de comunidad no es solo una herramienta para facilitar la descripción. Los ecosistemas individuales no son unidades autónomas y, en términos ecológicos, lo que entra y sale de ellas es tan importante como lo que contienen en un momento determinado. Lo que entra y sale de un ecosistema dado es determinado por los



movimientos de energía, agua, nutrientes y organismos que ocurren entre ecosistemas de un paisaje; esta es la razón de ser de la ecología del paisaje. El análisis y manejo de recursos a escala de ecosistemas y paisajes es crítico para la sostenibilidad.

El significado e importancia de la biodiversidad a nivel de ecosistema, desde el punto de vista del manejo de los recursos, se relaciona directamente con los aspectos precedentes, aunque surgen nuevos factores debido a la necesidad operacional en este campo práctico. Estos factores se consideran en la sección siguiente. Es necesario, sin embargo, agregar algunas observaciones sobre la medición de la biodiversidad de ecosistemas.

Por diversas razones, muchas de ellas prácticas, las evaluaciones de biodiversidad normalmente son conteos de las unidades de biodiversidad en consideración (generalmente especies). Por el mismo principio, la evaluación de la biodiversidad de ecosistemas podría, con toda validez, concentrarse en el número de ecosistemas presentes en un paisaje. Sin embargo, se acepta que cualquier evaluación debe ir más allá del simple conteo, e incluir factores de ponderación que permitan lograr determinaciones de biodiversidad más relevantes para el manejo de recursos. Por ejemplo, podría tratarse de determinar las diferencias entre unidades de biodiversidad (con base en el principio elemental de que la biodiversidad de una comunidad compuesta por tres especies de escarabajos es más baja que la comunidad compuesta por un ciervo, un escarabajo y un nemátodo). Otros factores de ponderación podrían incluir información sobre distribución geográfica de las unidades de biodiversidad un área donde hay especies endémicas o ecosistemas únicos puede ser considerada de mayor biodiversidad, o al menos, de mayor importancia para la conservación, que otra con el mismo número de unidades de biodiversidad, pero en la cual todas las unidades tienen una amplia distribución geográfica.

La estrategia del filtro grueso para la conservación de la biodiversidad

Una corriente importante en el manejo de la conservación durante la década de 1970, ejemplificada por la Ley de Especies Amenazadas del Gobierno de Estados Unidos, fue el plan de acción para especies individuales. Debido a falta actual de conocimiento sobre la verdadera magnitud de la biodiversidad —especialmente, pero no exclusivamente en los países tropicales lo inadecuado de tales estrategias es ahora claro (ver artículos de Kohm 1991). La falla relativa del enfoque en especies individuales estimuló el desarrollo de una atractiva estrategia complementaria. Esta alternativa, conocida como “filtro grueso”, se basa en la idea de conservar los hábitats en toda su variedad, y no en conservar especies individuales. La estrategia busca establecer un conjunto de reservas que contengan muestras representativas de las diferentes comunidades naturales y semi-naturales de un área determinada; si este conjunto de reservas está razonablemente completo, se asume que protegerá poblaciones viables de la mayoría de las especies (Hunter 1991). Cualquier especie que no esté adecuadamente servida por este filtro grueso deberá ser manejada sobre la base de un plan de acción individual (el filtro fino).



Por supuesto, la estrategia del filtro grueso no está libre de problemas; por ejemplo, la composición del ecosistema no es estable en el tiempo; tales problemas son sobrevalorados por el potencial del enfoque. El filtro grueso se complementa con el enfoque de 'análisis de vacíos' (*gap analysis*) para determinar las prioridades de acción (Scott *et al.* 1991). El análisis de vacíos se basa en la identificación del grado de protección de los diferentes ecosistemas de una región. A los ecosistemas pobremente representados en áreas protegidas - "vacíos" en la cobertura - se les asigna prioridad para la acción. Las herramientas de la estrategia de filtro grueso y del análisis de vacíos -en la medida que representan esfuerzos para optimizar la conservación de biodiversidad, debido a la falta de información suficiente y el fracaso relativo de los enfoques centrados en especies- ofrecen un potencial evidente de adaptación para cualquier propósito relacionado con el manejo de bosques y su biodiversidad.

Marco de referencia para la caracterización de la biodiversidad de ecosistemas en bosques tropicales

I.C. Whitmore (1984, 1990) ha desarrollado un enfoque jerárquico simple pero robusto para la caracterización de la biodiversidad en ecosistemas de bosques tropicales. El definió *formaciones forestales* a partir de características estructurales y fisionómicas, en relación con una jerarquía de factores ambientales. La primera subdivisión de su jerarquía se da entre macroclimas siempre húmedos y estacionalmente secos. Este nivel jerárquico, en el cual las formaciones forestales se diferencian por el macroclima sobre la base de su estructura y fisionomía, es el mismo al cual se aplica el sistema de zonas de vida de Holdridge, ampliamente utilizado en América tropical. La segunda división principal del marco de referencia de Whitmore se ubica entre bosque de tierras secas y bosque sobre suelos con una napa freática alta, al menos periódicamente; la tercera y cuarta división son tipo de suelo y altitud, respectivamente. Los tipos de suelos considerados en la jerarquía de Whitmore incluyen suelos 'típicos' o 'zonales', y los 'atípicos', como los podzoles y suelos derivados de rocas calcáreas. Esta jerarquía conduce a formaciones de bosques definidas en términos amplios, como bosque lluvioso tropical siempreverde de tierras bajas, o bosque pantanoso de agua dulce, según la terminología empleada por Whitmore. Estas formaciones boscosas se encuentran en todo el trópico. La composición y estructura del bosque varían dentro de estas formaciones forestales amplias, en relación con un gran rango de factores que incluyen topografía, variaciones locales de suelos y perturbaciones, y generan una variedad de tipos de bosque diversidad de ecosistemas a escalas aún más pequeñas.



Aplicación de una estrategia de filtro grueso para la conservación en la Cordillera Volcánica Central

Disponibilidad de información

El ACCVC comprende un ambiente físico extremadamente heterógeno, en el cual la gran variedad de tipos de ecosistemas naturales debe ser considerada como uno de los aspectos más importantes de la biodiversidad. El rango altitudinal de unos 2800 metros y la existencia de no menos de nueve zonas de vida (incluyendo tipos transicionales) son indicadores de la enorme diversidad en el área.

La información disponible no evidencia que los enfoques para el manejo de recursos presentados en la introducción hayan sido aplicados a la conservación y manejo del bosque en el ACCVC; sin embargo, evidentemente hay un potencial para implementar una estrategia similar. Ya se tiene una serie de mapas de diferentes años de la cobertura de bosques derivados de imágenes Landsat. Los límites de las unidades de manejo, tales como áreas protegidas o propiedades privadas, han sido georreferenciadas y pueden ser sobrepuestas en mapas de cobertura de bosques. Aún más importante, las bases de datos del Sistema de Información Geográfica permiten el mapeo de las zonas de vida dentro del ACCVC; de esta manera, se puede determinar el área de bosque por tipo de ecosistema (tomando cada zona de vida como un tipo de ecosistema). Este es el paso básico en la determinación de la biodiversidad de ecosistemas y en la aplicación del enfoque de filtro grueso a la conservación. No hay información sistemática sobre la diversidad de ecosistemas inferiores al nivel de zona de vida (p.e. los niveles 2-4 de la jerarquía de Whitmore), lo que es lamentable. Sin embargo, un avance que se debe destacar es el desarrollo de una clasificación práctica de los tipos de bosque con base en los inventarios comerciales, por parte de FUNDECOR. Esta clasificación abarca los bosques de las laderas orientales de la cordillera entre 40 y 1380 msnm, y demuestra que la clasificación de zonas de vida de Holdridge en este rango altitudinal (bosque muy húmedo Tropical y bosque pluvial Premontano, con dos tipos transicionales) incluye diferentes tipos de bosque, si se considera la composición de las especies dominantes. La zona del bosque muy húmedo Tropical, por ejemplo, comprende al menos tres diferentes tipos de bosque: bosque dominado por *Carapa guianensis*, bosque dominado por *Pentaclethra maculosa* y bosque dominado por esta última especie y *Vochyisia ferruginea*. Desde el punto de vista de los enfoques presentados en esta nota, es muy recomendable invertir mayores esfuerzos en el desarrollo y mapeo de una clasificación más precisa de tipos de bosques a nivel de zonas de vida.

La biodiversidad de ecosistemas y prioridades de conservación en el ACCVC

Importancia relativa de los diferentes tipos de ecosistemas y prioridades para la asignación de recursos.- Un enfoque para la medición y evaluación de la biodiversidad de ecosistemas en el ACCVC debe buscar no sólo el conteo de los tipos de ecosistemas diferentes (fácilmente hecho si se toma la zona de vida como unidad



de biodiversidad de ecosistemas), sino pesar cada tipo en términos de la extensión nacional y regional (distribución geográfica). Un aspecto obvio del alcance del sistema de Holdridge en el ACCVC es que a mayor altitud, menor la extensión regional y nacional de las zonas de vida. El bosque muy húmedo Tropical no es la zona de vida más extensa dentro del Área de Conservación, pero regionalmente se extiende a través de las tierras bajas del Caribe en todo el Istmo Centroamericano; en el otro extremo, los bosques pluviales Montano y Montano Bajo representan en el ACCVC ecosistemas regionalmente mucho menos extensivos y, probablemente, únicos en la región debido a su aislamiento, lo que ha llevado a la evolución de especies endémicas, y posiblemente, poblaciones genéticamente distintas de especies no endémicas. La zona del bosque muy húmedo contiene muchas más especies que las zonas a mayores elevaciones, pero debido a la distribución mucho más limitada y la singularidad de la composición de la última, se sugiere darle una prioridad mayor en la asignación de recursos para manejo. Es importante notar que, desafortunadamente, las zonas de vida en elevaciones más altas no están libres de intervención humana; las laderas altas del volcán Turrialba, por ejemplo, ubicadas en el bosque Montano Bajo, están extensivamente deforestadas por lo que la conservación y los esfuerzos para la restauración de esta área podrían ser una meta en la asignación de recursos.

Monitoreo de la biodiversidad en el ACCVC.- Se sugiere usar un enfoque amplio para el monitoreo del estado de la biodiversidad en el Área de Conservación, para determinar cambios en el área de bosques y cambios en el área de bosque bajo manejo para extracción de madera. Este monitoreo debe hacerse a nivel de zona de vida, utilizando imágenes de satélite y evaluaciones basadas en el Sistema de Información Geográfica.

Planificación para "completar" y expandir el ACCVC.- El principio del filtro grueso requiere para optimizar la conservación de la biodiversidad, que MINAE proteja ecosistemas representativos del ACCVC y tierras adyacentes. Así, si bien el autor reconoce que MINAE puede buscar y aceptar todas aquellas áreas que sea capaz de adquirir para expandir el Área de Conservación, se sugiere que las prioridades se establezcan sobre la base de una evaluación de la distribución de los tipos de ecosistemas (zonas de vida) y su importancia respectiva. Cualquier tipo de evaluación debe incluir la aplicación de los principios del análisis de vacíos.

Investigación.- Se recomienda hacer investigaciones sobre la diferenciación y mapeo de los diferentes tipos de bosque dentro de las zonas de vida. El sistema de zonas de vida es un instrumento general para la evaluación de la biodiversidad de ecosistemas, ya que la diversidad dentro de las zonas es probablemente alta y puede ser importante para efectos de manejo de bosque y conservación. Por ejemplo, en la zona de vida bosque húmedo Tropical del ACCVC, los bosques dominados por *Carapa guianensis* probablemente sean menos extensos y bajo mayor amenaza por cambio de uso de la tierra y extracción incontrolada de madera que los dominados por *Pentaclethra macroleoba*.



Bibliografia

- Finegan, B ; Palacios, W ; Zamora, N. In Press. Ecosystem-level forest biodiversity and its evaluation by Criteria and Indicators. In Alain Franc et al (Editors) Indicators for Sustainable Forest Management. CABI and IUFRO
- Hunter, M.L. Jr 1991. Coping with ignorance: the coarse-filter strategy for maintaining biodiversity. In K.A. Kohm (Editor) Balancing on the brink of extinction: the Endangered Species Act and lessons for the future. Island Press, Washington, D.C. pp. 266-281.
- Kohm, K.A. (Editor). 1991. Balancing on the brink of extinction: the Endangered Species Act and lessons for the future. Island Press, Washington, D.C.
- Meffe, G.K. ; Carroll, C.R. 1994. Principles of conservation biology. Sinauer Associates, Sunderland, Mass.
- Scott, J.M. ; Csuti, B. ; Smith, K. ; Estes, J.E. ; Caiocco, S. 1991. Gap analysis of species richness and vegetation cover: an integrated biodiversity conservation strategy. In K.A. Kohm (Editor) Balancing on the brink of extinction: the Endangered Species Act and lessons for the future. Island Press, Washington, D.C. pp. 282-297
- Whitmore, T.C. 1984. Tropical Rain Forests of the Far East. Second Edition. Clarendon Press, Oxford. 352 p.
- Whitmore, T.C. 1990. An Introduction to Tropical Rain Forests. Clarendon Press, Oxford. 226 p.



Anexo 3

Lista de expertos y propietarios consultados

Los científicos y técnicos que participaron en las entrevistas para este estudio son: Tania Ammour, CATIE; Rodrigo Gámez, Instituto Nacional de Biodiversidad; Markku Kanninen, CATIE; Ronnie de Camino, Recursos Naturales Tropicales; Edwin Alpizar, Centro Científico Tropical; Rodrigo Artavia, Cámara Nacional de Industriales de la Madera; Bryan Finegan, CATIE; Jorge Rodríguez, Consultor; Gustavo Solano, Fundación para la Cordillera Volcánica Central; Carlos Reiche, GTZ-IICA; Marielos Alfaro, Cámara Costarricense Forestal; Marco Vinicio Araya, Fondo Nacional de Financiamiento Forestal; Silvia Chaves, Centro de Derecho Ambiental y los Recursos Naturales; Gastón Vargas, Servicios Técnicos, Asamblea Legislativa; Arturo PiedraSanta, Centro Cooperativo Sueco; Luis Guillermo Arias, Fondo Nacional de Financiamiento Forestal; Manuel Gómez, CATIE; Alvaro Ugalde, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo; Manuel Guariguata, CIFOR-CATIE; Rafael Bolaños, Centro Científico Tropical; José María Rodríguez, Organización para Estudios Tropicales; Vivianne Solís, Unión Mundial para la Conservación; Alvaro Umaña, Instituto Centroamericano de Administración de Empresas-Banco Mundial; Vicente Watson, Centro Científico Tropical; Chris Wille, Eco OK, Rainforest Alliance; Luis Humberto Elizondo, Instituto Costarricense de Turismo.

Los propietarios con o sin actividades forestales que fueron entrevistados en el ACCVC por tipo de actividad son los siguientes:

Actividades forestales de protección: Fernando Arguedas; Miriam Calvo; Amos Bien, Rara Avis; José Manuel Salazar; Hansy Rodríguez; Danilo Miranda; Lácteos Romero.

Actividades de manejo forestal: Alvaro Paniagua, Miriam Calvo, Danilo Miranda, José Manuel Salazar, José Luis Ferreto, Hansy Rodríguez, Argentina Salas.

Actividades de reforestación: Lácteos Romero, Juan Vicente Paniagua, Fernando Arguedas, José Manuel Salazar, Oscar Paniagua, Hansy Rodríguez, Argentina Salas.

Actividades de reforestación del Centro Agrícola Cantonal de Sarapiquí: Vicente Flores, Bolívar Alvarado, José Luis Suazo, Fernando Soza, Jesús Godoy, María Nieves Madrigal, Zoraida Quirós, Edgar Paniagua, Isabel Romero.

Personas sin PSA: Carlos Luis Alfaro, Demar Rojas, Carlos González, Sandra Castro, Víctor Miranda, Rolando Oviedo, Alvaro Salas.



-
- Construcción de polígonos de sostenibilidad (triángulos si se tienen tres dimensiones). El programa crea polígonos cuyos vértices representan las dimensiones evaluadas. La superficie del polígono, permite determinar el porcentaje de bondad del sistema frente a un ideal.

Para más detalles y comentarios, favor enviar su comunicación a tcamino@sol.racsa.co.cr



Títulos publicados en esta Colección:

(Anteriormente llamada Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales)

1. Blaser, J; Camacho, M. Estructura, composición y aspectos silviculturales de un bosque de roble (*Quercus spp.*) del piso montano en Costa Rica
 2. Orozco, L. Estudio ecológico y de estructura horizontal de seis comunidades boscosas de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica
 3. Pedroni, L. Sobre la producción de carbón en los robledales de altura de Costa Rica
 4. Räber, C. Regeneración natural sobre los árboles muertos en un bosque nublado de Costa Rica
 5. Finegan, B. El potencial de manejo de los bosques húmedos secundarios neotropicales de las tierras bajas
 6. Beek, aus der R.; Saéñz, G. Manejo forestal basado en la regeneración natural del bosque; estudio de caso en los robledales de altura de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica
 7. Hutchinson, I.D. Puntos de partida y muestreo diagnóstico para la silvicultura de bosques naturales del trópico húmedo.
 8. Beek, aus der R.; Navas, S. Técnicas de producción y calidad del carbón vegetal en los robledales de altura de Costa Rica
 9. Quirós, D.; Finegan, B. Manejo sustentable de un bosque natural tropical en Costa Rica; definición de un plan operacional y resultados de su aplicación
 10. Stadmüller, T. Impacto hidrológico del manejo forestal de bosques naturales tropicales; medidas para mitigarlo
 11. Camacho, M.; Finegan, B. Efectos del aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultural en un bosque húmedo del noreste de Costa Rica: el crecimiento diamétrico con énfasis en el rodal comercial
-



-
12. Delgado, D.; Finegan, B.; Zamora N.; Meir, P. Efectos del aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultural en un bosque húmedo del noreste de Costa Rica: cambios en la riqueza y composición de la vegetación
 13. Quirós, D.; Gómez, M. Manejo sustentable de un bosque primario intervenido en la zona Atlántica Norte de Costa Rica, análisis financiero.
 14. Guariguata, M. Consideraciones ecológicas sobre la regeneración natural aplicada al manejo forestal.
 15. Segura, M.; Venegas, G. Tablas de volumen comercial con corteza para encino, roble y otras especies del bosque pluvial montano de la cordillera de Talamanca, Costa Rica
 16. Guariguata, M. Biología de semillas y plántulas de nueve especies arbóreas comunes en bosques secundarios de bajura en Costa Rica; implicaciones para el manejo forestal basado en la regeneración natural
 17. Romero, C. Epifitas no vasculares comerciales de un bosque montano tropical; ecología, efectos de la tala y manejo.
 18. Campos, J.; Ortíz, R. Smith, J.; Maldonado, T.; de Camino, T. Almacenamiento de carbono y conservación de biodiversidad por medio de actividades forestales en el Area de Conservación Cordillera Volcánica Central, Costa Rica.
-



Publicación de la Unidad de Manejo de Bosques Naturales (UMBN), editado por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)

Edición:	Elizabeth Mora
Responsable técnica:	Lorena Orozco Vilchez
Diseño y diagramación:	Unidad de Comunicación
Fotografía de la portada:	Unidad de Manejo de Bosques Naturales

Impreso en la Unidad de Producción de Medios, CATIE
Edición de 700 ejemplares.
