



Cafetales para servicios ecosistémicos, con énfasis en el potencial de sumideros de carbono

**El caso de cooperativas cafetaleras afiliadas a COOCAFE
Costa Rica**

INFORME FINAL

Elias de Melo Virginio Filho
eliasdem@catie.ac.cr

Sergio Abarca Monge
Consultor Independiente
odiseo57717@hotmail.com

**CATIE- FUNCAFOR-COOCAFE-OIKOCREDIT
Costa Rica -Junio, 2008**

Contenido

I-Introducción

II-Cafetales y servicios ecosistémicos

III-Programas de Pago por Servicios Ambientales(PSA)

IV- Sistemas agroforestales con café y captura de carbono – generalidades

V-Cuantificación de carbono en SAF para los Mercados de PSA

5-1. Carbono en árboles del agro-sistema.

5-2. Carbono en arbusto de café (cafeto).

5-3. Retención de carbono en el suelo.

VI - Estimación del potencial de retención de carbono en los sistemas de cultivo del café.

6.1 Estimación del potencial de carbono retenido en cafetales de Costa Rica

6.2 Estimación del potencial de carbono retenido en los sistemas agroforestales de café en las áreas de influencia de las cooperativas del consorcio COOCAFE.

VII- Análisis de Precios Potenciales por Tonelada de Carbono en PSA

VIII-Mercados y Espacios Institucionales Potenciales

8.1. MDL

8.2.Voluntario

8.3.FONAFIFO

8.4.Sellos

8.5.Iniciativas unilaterales de incentivo

IX- Conclusiones

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

I-Introducción

COOCAFE- Consorcio de Cooperativas de Caficultores de Guanacaste y Montes de Oro¹, considerando la importancia estratégica de la promoción de una caficultura sostenible ha impulsado en los últimos 15 años distintos programas que han estimulado sistemas productivos ambiental y socialmente compatibles. Con los conocimientos actuales sobre los impactos globales de los gases de efecto invernadero, en particular las graves consecuencias del cambio climático, se han identificado la importancia de centrar esfuerzos en la formulación y ejecución de un programa de reconocimiento, o pago de servicios ambientales para los cafetales con potencial para la fijación de carbono libre de la atmósfera.

Antecedentes de la problemática: hoy más que antes el consenso mundial es más fuerte sobre el calentamiento global y su relación con los procesos antrópicos, en particular promovidos en el último siglo. Aún que los compromisos e intereses en la búsqueda de alternativas entre los gobiernos no se han consolidado, en especial con las potencias responsables por las mayores emisiones de gases efecto invernadero, lo cierto es que los impactos ambientales ya son un hecho y su agravamiento y consecuencias en los próximos años, es conocido.

El efecto invernadero es el fenómeno por lo cual la radiación que emite la superficie terrestre y océanos es retenida, aunque

¹ Constituida por las cooperativas Coopesantaelena, Coopesarapiqui, Coopepueblos, Coopellanobonito, Coopemontesdeoro, Copecerroazul, Coopetilangosta, Coopeeldos Coopeatenas

temporalmente, por gases atmosféricos conocidos como gases de efecto invernadero (dióxido de carbono-CO₂; metano-CH₄; óxido nitroso-N₂O, entre otros). Ha sido un fenómeno natural a lo largo de la historia de la formación de los ciclos naturales y es importante en la complementación de las condiciones climáticas que ha permitido vida en el planeta, sin embargo los fuertes impactos ambientales de las actividades humanas en las últimas 6 décadas ha alterado significativamente la concentración de estos gases (cuadro 1) en la atmósfera generando desequilibrios que han incrementado la temperatura del planeta.

Cuadro 1. fuente y concentración atmosférica de los principales gases de efecto invernadero

GAS	PRINCIPALES FUENTES DE EMISIÓN	CONCENTRACIÓN PRE-INDUSTRIAL	CONCENTRACIÓN EN 1998	TASA DE CRECIMIENTO EN LA CONCENTRACIÓN (1990-1999)
Dióxido de carbono(CO ₂)	Quema de combustibles fósiles, producción de cemento, deforestación	280ppm	365ppm	1.5ppm/año
Metano (CH ₄)	Producción y quema de combustibles fósiles, agricultura y ganadería intensiva, manejo de residuos.	700ppb	1745ppb	7.0ppm/año
Óxido nitroso (N ₂ O)	Quema de combustibles fósiles, agricultura intensiva, deforestación	270ppb	314ppb	0.8ppm/año

Fuente: elaborado con datos de PNUMA/GEF, 2005. Cambio Climático: Manual de ciudadanía ambiental global.

Estudios indican que la temperatura del planeta se ha incrementado en valores promedio 0,6 °C y que cambios mínimos en dicho promedio pueden estar explicando varias catástrofes y alteraciones ambientales de peso. El Panel Intergubernamental Sobre Cambio Climático de las Naciones Unidas (PICC/IPCC) afirmaba en el 2001: *"Existen pruebas nuevas y más convincentes de que la mayor*

parte del calentamiento observado durante los últimos cincuenta años, se puede atribuir a actividades humanas” (PNUMA/GEF, 2005).

De manera emblemática la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos, conjuntamente con otras 10 academias nacionales afirma: *“La comprensión científica del cambio climático es ahora lo suficientemente clara para justificar que las naciones tomen acciones prontas. Es vital que todas las naciones identifiquen los pasos beneficiosos y rentables que puedan tomar ahora para contribuir a la reducción sustancial y a largo plazo de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel global.”* La seriedad del tema ha impulsado al PROMECAFE –IICA, programa que integra las instituciones cafetaleras centroamericanas, a solicitar una reflexión sobre los cambios necesarios en los sistemas de producción cafetalero tendientes a contribuir con soluciones, (PROMECAFE, 2007).

Bajo esta perspectiva la caficultura debe proyectarse hacia cambios que reflejen su aporte y contribución a problemas ambientales globales. En este sentido la sostenibilidad cobra más peso y más amplitud en los procesos de cambio que ya se iniciara en el pasado y que buscan solucionar otros problemas ambientales de ámbitos más locales.

Un instrumento novedoso para la promoción de servicios ecosistémicos son los programas de Pago por Servicios Ambientales (PSA). Sin embargo como lo indica la OET:

“El problema fundamental en este momento es que los valores de los servicios ecosistémicos no son reconocidos en los sistemas de mercado. No sabemos cómo medir los servicios o asignarles valores de mercado. Por lo tanto, según Daily (1997), los próximos pasos son identificar los procesos y servicios clave en todo el mundo, lograr mayor comprensión de estos procesos, asignarles un valor y controlar cómo se los presta y la importancia que tienen para las personas. Además, se podría poner a disposición del público general la información sobre cada servicio para ayudarlo a tomar decisiones mejor fundadas sobre el uso de sus recursos.”

Frente a lo anterior se planteó el presente estudio, para el cual se definió el siguiente objetivo general y objetivos específicos:

- A) Objetivo general- Elaborar una propuesta, para la consideración de los cafetales con potencial para servicios ecosistémicos, con énfasis en su rol como sumideros de carbono, elegibles para el pago de servicios ambientales;
- B) Objetivos específicos:
- b.1. Valorar las posibilidades de participación de los sistemas agroforestales en los mercados de carbono, bajo los parámetros del MDL (Mecanismo de desarrollo limpio) o voluntario;
 - b.2. Proponer una tipificación de cafetales considerando las condiciones óptimas necesarias de establecer para desarrollar la captura de carbono;
 - b.3. Establecer referencias de cafetales que sustenten la propuesta de pago de incentivos por captura de carbono;
 - b.4. Presentar y discutir propuestas de montos a pagar por tonelada métrica de carbono capturado;

b.5.Fundamentar la importancia de los sistemas agroforestales con café y los servicios ecosistémicos;

Metodología del estudio.

Considerando las necesidades de generación de información rápida y de bajo costo se definió para el presente estudio una propuesta metodológica con 5 fases: 1) Sistematización de información disponible; 2) Formulación de marco de referencia 3) Cuantificación de servicio carbono; 4) Discusión preliminar de la propuesta; 5) Presentación final de la propuesta.

- 1) Sistematización de información disponible: en esta fase los consultores realizaron una amplia búsqueda de información sobre el tema y en particular sobre estudios previos de cuantificación de carbono en sistemas agroforestales con café;
- 2) Formulación de marco de referencia: se discute a profundidad en el equipo de consultores y con la contraparte de la Fundación Café Forestal el marco conceptual y metodológico a ser considerado para el estudio, revisando alcances e implicaciones;
- 3) Cuantificación de servicio carbono: para el ámbito de las cooperativas de COOCAFE la cuantificación se realizó tomando como referencia el diagnóstico agroforestal realizado en 2005 e informaciones complementares recopiladas con los técnicos de las cooperativas afiliadas a inicios de 2008. Para el escenario nacional las estimaciones se basan en informaciones secundarias recopiladas en el desarrollo del estudio;
- 4) Discusión preliminar de la propuesta: para esta fase se realiza una serie de contactos y reuniones de trabajo con personas e

instituciones buscando promover el estudio y ampliar la base de colaboración;

- 5) Presentación final de la propuesta: con el documento final preliminar terminado se desarrolló la fase de conclusión del estudio presentando los resultados a la junta directiva de COOCAFE, a Conservación Internacional, Fundecooperación, MAG, Centro Científico Tropical, Oikocredito, Hivos y a especialistas del CATIE vinculados a valoración de servicios ambientales²;

El tiempo propuesto para el desarrollo del trabajo fue de tres meses, sin embargo para la conclusión de documento final de la consultoría se necesitó dos meses más.

Los autores expresan sus más sinceros agradecimientos a todas las personas representantes de las diferentes instituciones involucradas en el presente estudio por sus valiosos aportes y reflexiones.

II- Cafetales y servicios ecosistémicos

Definiendo servicios ecosistémicos- Como lo comenta el CIFOR (2007), el comité de Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, brinda una definición amplia sobre los servicios ecosistémicos, entendidos estos como los beneficios que reciben las personas de los ecosistemas y detallan:

“Esos beneficios pueden ser de dos tipos: directos e indirectos. Se consideran *beneficios directos* la producción de provisiones – agua y alimentos (servicios de aprovisionamiento), o la

² El equipo de consultores agradece los aportes de Zenia Salinas y Roger Madrigal.

regulación de ciclos como las inundaciones, degradación de los suelos, desecación y salinización, pestes y enfermedades (servicios de regulación). Los *beneficios indirectos* se relacionan con el funcionamiento de procesos del ecosistema que genera los servicios directos (servicios de apoyo), como el proceso de fotosíntesis y la formación y almacenamiento de materia orgánica; el ciclo de nutrientes; la creación y asimilación del suelo y la neutralización de desechos tóxicos. Los ecosistemas también ofrecen beneficios no materiales, como los valores estéticos y espirituales y culturales, o las oportunidades de recreación (servicios culturales). Existe, entonces, una amplia gama de servicios ecosistémicos, algunos de los cuales benefician a la gente directamente y otros de manera indirecta."

Potencial de los cafetales en el ofrecimiento de servicios ambientales- Fundamentalmente los servicios ecosistémicos se expresan plenamente en los usos de la tierra con bosques naturales, plantaciones forestales y sistemas agroforestales. En particular el uso de la tierra con plantaciones de café tiene ventajas iniciales que otros cultivos (principalmente anuales) no las tienen. Los cafetos son leñosas y como tales fijan y mantienen retenida una importante cantidad de carbono, los sistemas de siembra permite una cobertura y amarre significativo (aunque no totalmente) del suelo. Los sistemas de manejo del cultivo no usan quemadas ni exposición del suelo frecuentes. Sin embargo la mayor expresión y magnificación de los servicios ambientales se logra cuando la producción de café se desarrolla en sistemas agroforestales, o sea en asocio con árboles (cuadro 2).

De manera resumida podríamos ilustrar como servicios ambientales los siguientes, (Medina, B. *Et al. 2006*):

- Regulación de gases;
- Regulación del clima;
- Regulación hídrica (oferta de agua);
- Control de erosión (retención de sedimentos);
- Formación de suelos;
- Reciclaje de nutrientes;
- Polinización;
- Control biológico;
- Mantenimiento de biodiversidad;
- Belleza escénica, paisaje, territorio (recreación, cultura);

Cuadro 2 Perdidas de suelo por escorrentía en diferentes sistemas de producción

Lugar Estudios	Tipo de Cobertura	Escorrentía (% lluvia)	Arrastre de Sedimento(t/ha/año)
Costa Rica (parcelas experimentales con 30% de pendientes)	Cafetal con sombra	2	0,1
	Cafetal sin sombra		0,37
	Pasto con árboles aislados	24	1,9
Colombia (prom 18 sitios, estudio de 6 años. 2775 mm lluvia/año)	Pasto sin árboles	25,9	32,1
	Cafetal viejo	2	0,5
	Cafetal joven	8,7	2,2
	Maiz en monocultivo suelo limpio	59	798
	Maiz en rastrojo	39	166

Fuente: elaborado en base a Castro, S y Grandas,R; Bermúdez y Apolo; citados por: De Salas,G. Suelos y ecosist. Tropicales – IICA 1987

Para el caso de las cooperativas del grupo COOCAFE el estudio agroforestal (De MELO 2005) evidenció la importancia de las fincas cafetaleras para la conservación de suelo y agua:

a) Protección de nacientes y quebradas: Un 45% del total de fincas tiene y protege fuentes de agua, particularmente en Coopepueblos un 100% de las fincas y en Coopecerroazul un 80% cuenta con nacientes y las preservan. Por otro lado en promedio un 60% de todas las fincas estudiadas tiene y protege quebradas, siendo que en el caso particular de Coopemontesdeoro y Coopepueblos respectivamente 100% y 80% de las fincas tienen y protegen las quebradas, (cuadro 3). Es importante destacar que un número significativo de fincas cafetaleras cumple con importantes servicios ambientales con la producción y protección de la calidad del agua.

b) Protección de suelos: casi la totalidad de las fincas (97.5%) visitadas cuentan con medidas básicas de buen manejo de suelos en los cafetales, (cuadro 3). Los elementos básicos valorados fueron siembra de calles de cafetos en el sentido perpendicular a la pendiente y cobertura del suelo. Para este último se valoró la cobertura con hojarasca (incluida ramas pequeñas), buenas hierbas, malezas y suelo desnudo. El 92.5% del total de fincas tiene cobertura de hojarasca en sus cafetales, para un área promedio cubierta del 53%. Los mejores resultados obtuvieron Coopepilangosta con 100% de las fincas con hojarasca y un área porcentual promedio de cobertura del suelo 83%, y Coopecerroazul con 100% de las fincas con hojarasca y un área porcentual promedio de cobertura del suelo del 77%, (cuadro 4).

Cuadro 3. Protección de aguas y suelos de cafetales en fincas de cooperativas COOCAFE - diagnóstico agroforestal-2005

Cooperativas	% fincas que tiene y protege nacientes de agua	% fincas que tiene y protege quebradas	% fincas con protección básica de suelos*
Coopepilangosta	40	60	100
Coopeldos	20	20	100
Coopemontes de oro	20	100	100
Coopecerroazul	80	60	100
Coopesantaelena	40	40	100
Coopepueblos	100	80	100
Coopellanobonito	40	60	100
Coopesarapiqui	20	60	80
Promedio general	45	60	97.5

Fuente: Elías de Melo Virgínio Filho, 2005. CATIE-FUNACAFOR-COOCAFE-VECO

*Protección básica = líneas de siembra café contra pendiente y cobertura del suelo

Cuadro 4. Altitud, pendiente (%) y cobertura de suelo de cafetales en las fincas de cooperativas COOCAFE involucradas en diagnóstico agroforestal- 2005

Cooperativas	Altitud (msnm)		Pendiente (%)		Tipo (%) cobertura del suelo en cafetales											
	Altitud Promedio	Rango	Promedio	Rango	Hojarasca			Buena*			Malezas**			Suelo desnudo		
					fincas con (%)	promedio cobertura (%)	rango	fincas con (%)	promedio cobertura (%)	rango	fincas con (%)	promedio cobertura (%)	rango	fincas con (%)	promedio cobertura (%)	rango
Coopepilangosta	680	580a730	33	11a56	100	83	70a95	100	6	2 a 20	100	5	2 a 7	100	6	1 a 15
Coopeldos	869	780a1000	36	22a50	60	73	0 a85	60	6	0a15	80	54	0 a 95	80	10	0 a 20
Coopemontes de oro	1038	1010a1080	40	15a80	80	52	0 a85	100	10	5 a 20	100	47	5 a 95	20	3	0 a 3
Coopecerroazul	576	300a715	42	30a62	100	77	60a92	0	0	0	100	12	3 a 20	100	11	3 a 20
Coopesantaelena	1184	1100a1260	31	20a40	100	45	27a55	100	22	3 a 65	100	31	5 a 55	80	2	0 a 5
Coopepueblos	1052	1040a1060	43	37a47	100	32	10 a65	100	4	2 a 5	80	52	0 a85	100	13	2 a 30
Coopellanobonito	1551	1320a1710	52	30a65	100	31	20a50	100	14	10 a30	100	47	35a60	100	8	5 a 20
Coopesarapiqui	471	335a655	32	20a43	100	33	18a55	60	9	0 a20	80	35	0 a65	100	23	2 a 45
Prom general	928	300 a 1710	39	11 a 80	92.5	53	0 a 95	77.5	9	0 a 65	92.5	35	0 a 95	85	9.5	0 a 45

Fuente: : Elías de Melo Virginio Filho, 2005. CATIE-FUNCAFOR-COOCAFE-VECO

Notas: *se considero como buenas las plantas de cobertura pequeñas con raíces poco desarrollada y que protegen el suelo

**se considero malezas todas las hierbas como zacates, hojas anchas de raíces desarrolladas y que compiten con el café.

En lo que respecta a la diversidad arbórea y arbustiva en cafetales, monitoreos y sistematizaciones recientes conducidas por el grupo café de CATIE y el ICAFE indican que hay más de 250 especies forestales en asocio en los cafetales de Costa Rica, (Virginio Filho, 2008). El estudio realizado en consorcio COOCAFE en 2005 (De MELO, 2005) encontró más de 140 especies en asocio en los cafetales de todas las cooperativas, representando así un 58% de la diversidad reportada para todos los cafetales del país.

Un elemento clave que expresa la base del potencial que tiene los SAF con café para servicios ecosistémicos es analizar el papel que ha cumplido la sombra de árboles y arbustos para garantizar el manejo del café en varios países (Cuadro 5.), incluso cuando la corriente dominante de manejo intensivo, promovida en los últimos 60 años, pregonó en algún momento la eliminación total del uso de sombra.

Cuadro 5. Cobertura de sombra sobre áreas cafetaleras en diferentes países

Países	% área café bajo sombra	Fuente
Centroamérica: Honduras	95 a 97	(Martinez, M; Paz Zaldivar, E. 2008 Curs. Manej.Sombra – CATIE)
El Salvador	100	(PROCAFE. El Salvador tierra de café. 2004)
Nicaragua	94,24	(MAG-FOR- Mapa cultivo café- Valerio, L. 2002)
Costa Rica	75	(ICAFE. 1998. Manual de recomendaciones para el cultivo del café.)
México	99,6	(dato 2005 presentado por Sanchez,C;Miranda,P. 2008 Curso Manejo de.Sombra – CATIE)
Colombia	33,3	(CENICAFE, 2003 Citado por DaMatta, F y López, N 2006 doc preliminar)
Bolivia	90	Datos de campo y sondeo preparatorio Plan Piloto CAFÉ- CATIE-FECAFE 2006
Etiopía, Sumatra, Nueva Guinea, Timor y Peru	99	(Moreira, 2003, citado por: Alvarenga,M.;Martins, M.20004).

Precisamente el asocio de árboles y arbustos con cafetales han sido la razón por la cual diferentes estudios indican la importancia de estos sistemas para la conservación de la avifauna. Estudios en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca encontró que los sistemas agroforestales con café resguardan un 12% de la avifauna encontrada en Costa Rica, (Florian, 2008).

Desde el punto de vista de conectividad en el paisaje los cafetales en Costa Rica cumplen un rol clave formando diferentes corredores entre diferentes áreas boscosas de parques y reservas pero también en fincas. Particularmente los cafetales de las cooperativas del consorcio COOCAFE se ubican en varias áreas donde la conectividad y los servicios ambientales de los sistemas agroforestales son muy relevantes (figura 1).

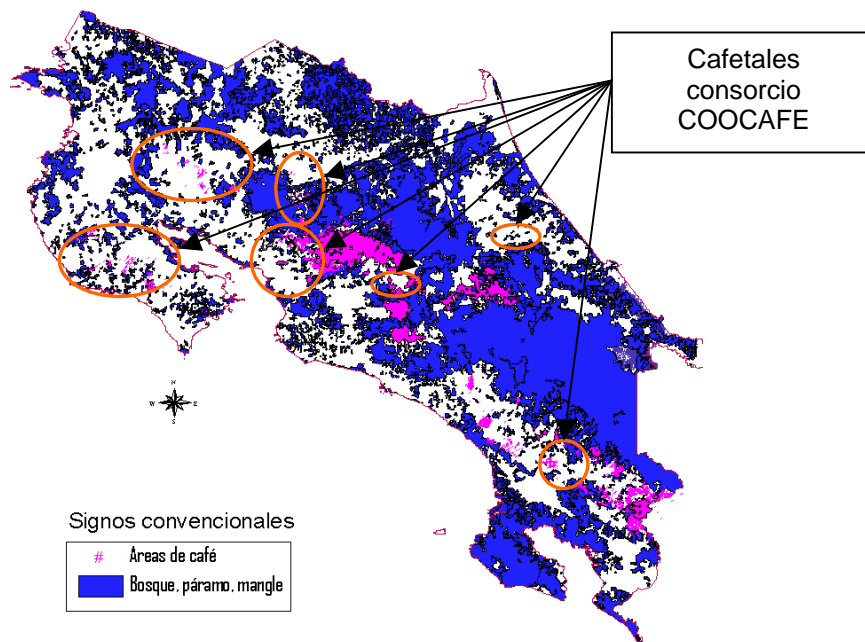


Figura 1. Zonas cafetaleras de Costa Rica, y en particular del consorcio COOCAFE.

(Fuente: elaborado en base a MAG/SFE, 2001)

Otro importante servicio ecosistémico de los sistemas agroforestales es la fijación de carbono atmosférico contribuyendo como sumideros reduciendo los impactos de las emisiones de CO₂ a la atmósfera. Más adelante nos centraremos precisamente en los fundamentos que expresan las potencialidades de los sistemas agroforestales relacionados a este servicio.

Considerando lo anterior, se puede determinar que en esencia los sistemas agroforestales con café puede cumplir con todos los servicios ecosistémicos referidos. Evidentemente la diversidad de servicios y los niveles o magnitudes de cada uno puede variar en función de su composición estructural, del manejo de suelo, del manejo de los cafetos y de la sombra, bien como de las condiciones ambientales y características naturales propias de cada finca o zona cafetalera. En este sentido la caficultura cobra un significado más amplio, integrado y sostenible. Aquí entonces se enmarca el desafío de poder evaluar, monitorear y mejorar la capacidad de los sistemas agroforestales con café en el sentido de mantener y aumentar los diferentes servicios ambientales.

III-Programas de Pago por Servicios Ambientales (PSA)

Definiendo PSA- son sistemas operacionales de reconocimiento económico a los(as) propietarios(as) de la tierra para que garanticen la provisión de servicios ecosistémicos en sus fincas de manera que beneficie a la sociedad (local, regional y/o global dependiendo de los servicios).

Características generales que cumplen los PSA- en general los programas de PSA cumplen con características particulares, (CIFOR, 2007):

- 1) Son acuerdos voluntarios firmados entre las partes, en los cuales los(as) proveedores(as) siguen usufructuando de la tierra al mismo tiempo que garantiza los servicios ambientales;
- 2) Definen puntualmente cuales son los servicios que se están negociando (fijación carbono, protección y producción suelos y aguas, etc) y las bases de cuantificación y monitoreo de los mismos;
- 3) Debe darse una transferencia de recursos económicos entre las partes durante el período de cumplimiento del acuerdo tomando como base la constatación del ofrecimiento del servicio ecosistémico de manera continua.

La importancia de los PSA.

Idealmente hablando se esperaría que los(as) propietarios(as) de las tierras conscientes de la importancia de los servicios ecosistémicos pudieran seguir brindando dichos servicios sin que necesariamente tuvieran que recibir un incentivo económico, sin embargo hay aspectos que pasaremos a discutir en adelante que justifica plenamente la utilización de dichos programas.

- 1) Los servicios ecosistémicos son fundamentales para la sociedad y para proveerlos los(as) propietarios(as) de tierra tiene que limitar los

usos del suelo muchas veces sin los recursos e informaciones necesarias para hacerlo de manera eficiente. Los programas de PSA son instrumentos de incentivo que además dan marcos técnicos de referencia para valoración permanente de la calidad y cantidad de los servicios ambientales brindados;

2) Es notorio que prevalece en las sociedades humanas la idea de que muchos de los servicios que nos brindan la naturaleza son inagotables y sin costos económicos, en este sentido los PSA contribuyen a fortalecer conciencia general de que se debe conservarlos y que debe haber costos y compromisos de por medio;

3) Los árboles son fundamentales en la provisión directa e indirecta de servicios ecosistémicos pero muchas veces los(as) productores(as) no se motivan a sembrar o cuidar porque afectan los rendimientos de otras actividades productivas. Por otro lado el hecho de que los árboles pueden representar un ingreso futuro, no es fácilmente asimilado ya que requieren de largos períodos de espera muchas veces incompatibles con las urgentes necesidades del productor. En este sentido los PSA podrán contribuir o compensar las limitantes que tengan los productores por asumir costos o afectar ingresos generados por la tierra durante la provisión de servicios ecosistémicos.

IV- Sistemas Agroforestales con Café y Captura de Carbono - Generalidades

En los próximos capítulos presentaremos los resultados de las estimaciones de almacenamiento y captura de carbono para los sistemas agroforestales de las cooperativas de COOCAFE y también cifras para Costa Rica. Sin embargo de manera inicial presentaremos a

continuación datos y cifras de diferentes estudios en Centroamérica a fin contribuir como base de referencia para los resultados encontrados en la presente investigación.

Estudios de PROCAFE (2004) determinaron que en 2001 los sistemas agroforestales con café en El Salvador presentan los siguientes valores de almacenamiento de carbono: sistema rústico (174 ton/ha); sistema tradicional (101 ton/ha); bosque (196 ton/ha); moderno (118 ton/ha); comercial (76 ton/ha).

En 1998, ANACAFE realizó las primeras estimaciones de carbono almacenado en sistemas agroforestales en café en Guatemala, encontrando el valor promedio general de 91,64 ton C/ha para las siete regiones de producción del país, (cuadro 6).

Cuadro 6. Contenido de carbono en las diferentes fuentes y la fijación total del agroecosistema café (ton/ha) por región cafetalera de Guatemala.

	BIOMASA Arriba Suelo (ton/ha)	BIOMASA Abajo suelo (ton/ha)	HOJARASCA (ton/ha)	SUELO (ton/ha)	TOTAL (ton/ha)
REGION I	17,92	1,77	5,60	39,10	63,92
REGION II	18,52	1,52	5,75	79,80	103,67
REGION III	31,01	3,30	5,50	37,33	75,87
REGION IV	36,11	4,49	6,71	63,44	110,74
REGION V	19,89	1,70	6,25	76,17	103,49
REGION VI	17,39	1,77	7,38	79,94	103,64
REGION VII	19,57	1,97	6,56	44,43	72,53
Media	23,26	2,40	6,23	60,79	91,64
Desv. Est.	17,29	2,49	3,48	34,65	38,57
Error estandard	1,89	0,27	0,38	3,80	4,23
Error de estimación (95% de confiabilidad)	3,72	0,53	0,75	7,45	8,29
% Carbono total	25,38 %	2,62 %	6,80 %	66, 33 %	100 %

Fuente: ANACAFE, 1998.

Para el caso de Costa Rica uno de los primeros estudios fue el realizado por Fournier (citado por ANACAFE, 1998) en los años noventa, donde encontró que un sistema agroforestal con café (árboles, cafetos, hierbas del suelo, hojarasca y materia orgánica del suelo) tenía 198 toneladas de carbono/hectárea.

V-Cuantificación de Carbono en SAF para los Mercados de PSA

En relación con la retención de carbono para el mercado se deben establecer dos conceptos, el carbono retenido al momento de la primera valoración, el cual debe ser cuantificado (toneladas/ha), tomado como línea base, y ofertar como C fijado o retenido. Luego el carbono adicional cuantificado periódicamente (cada uno o dos años), a partir de la línea base (toneladas/ha/año).

Algunas veces se indica cantidades de carbono fijadas pero no se especifica a donde están, por otro lado es común indicar solo lo que se encuentra en la biomasa de los árboles y no en el sistema como un todo. Consideramos importante que se expliciten estos factores a la hora de indicar las cantidades fijadas totales e incrementales por periodos.

Datos de FONAFIFO, indican que el incremento anual de carbono en la biomasa de los árboles puede ser de 12,3 ton/ha/año en plantaciones forestales y de 7,4 ton/ha/año³ en sistemas agroforestales.

En general es muy importante que los estudios de cuantificación expliciten claramente sobre que base se ha hecho la cuantificación, es

³ Nota: Esta tasa equivale al carbono secuestrado por 400 árboles/ha en sistemas agroforestales,(FONAFIFO).

muy importante entender que los resultados pueden ser muy variados en función de las especies arbóreas, de la composición de los sistemas, del manejo que se brinde a los árboles y cultivos, y también al suelo. Aspectos como las condiciones climáticas y geográficas (por ejemplo la altitud) pueden influir en los valores de fijación de carbono.

Para ingresar al sistema del mercado del C se debe monetarizar la fijación. Actualmente todas las emisiones son cuantificadas en toneladas de gas y luego en función de su potencial infrarrojo (capacidad de calentamiento) se trasladan a equivalentes de CO₂, de acuerdo a los valores establecidos por la IPCC. Lo anterior permite al mercado estandarizar el peso en términos de toneladas de CO₂ y establecer el precio en la relación de \$/ton CO₂. En este caso por ser oferta de carbono la cuantificación se realiza directamente en ton de CO₂ y se le pone un precio de acuerdo al tipo de captura y el potencial de retención. Para los efectos de este ejercicio es posible que los tipos de captura sean:

5-1. Carbono en Árboles del agro-sistema.

Los árboles en diferentes usos de la tierra son responsables, de manera directa e indirecta, por la fijación y almacenamiento del carbono atmosférico, constituyéndose en el principal organismo vivo de importancia estratégica para programas de buscan mitigar los efectos de gases invernadero.

Los árboles podrían constituir la base mayor de interés de los mercados de carbono bajo el esquema MDL, a un horizonte de 20 años. De acuerdo con De Melo (2005), las fincas del consorcio Coocafé presentan diferentes arreglos de sistemas agroforestales, que van desde

sistemas con 10 a 875 árboles/ha en catorce diferentes arreglos espaciales, con un promedio de 50 especies por cooperativa. Se ha observado que el mayor reservorio de carbono en la biomasa de la vegetación de los sistemas agroforestales con café está en los árboles que constituyen la sombra, llegando a hasta el 35% del carbono almacenado en el sistema.

Para los efectos del mercado de carbono, se ha estandarizado la cuantificación en el carbono almacenado en el fuste del árbol, más un factor de expansión para las ramas y hojas que forman la copa y que aunque tiene un horizonte de retención menor en forma individual, siempre constituirán parte integral del árbol.

La oferta inicial la constituye el carbono almacenado al momento de la primera estimación, luego los aportes adicionales a partir de esta línea base incrementaran los aportes en función de la tasa de retención.

Los sistemas de servicios ambientales (PSA) para SAF mediante el esquema ofertado por el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal, se basan únicamente, en el pago del costo de siembra y mantenimiento del arbolito en los primeros dos a tres años después de plantado. De esta forma dicho sistema está únicamente restringido, al establecimiento de nuevos sistemas agroforestales con café, repoblación de árboles de sombra en los cafetales existentes o cambio de tipo de árbol de sombra, con la condicionante de que el potencial de almacenamiento de carbono durante la vida del árbol queda pignorado a FONAFIFO, el cual lo puede transar, sin consentimiento, ni beneficio adicional para el propietario.

5-2. Carbono en arbusto de café (cafeto).

Se ha discutido bastante sobre el aporte en la retención de C de los árboles y arbustos que constituyen los denominados cultivos perennes. No obstante, la retención desde el punto de vista forestal ortodoxo está dada por varios aspectos: en primer lugar, por que el potencial de retención no está bien definido; y en segundo lugar, la tasa de recambio (renovación) de la plantación por lo general es más acelerada que la de una plantación forestal. Desde el punto de vista de económico se indica que estos arreglos agroforestales tienen como fin la venta de una cosecha de frutos.

No obstante, es innegable y suficientemente comprobado en la literatura científica, que estos sistemas agrícolas de plantas leñosas perennes, constituidos por árboles y arbustos, tienen un importante rol, en el flujo y retención de Carbono. Dadas las condiciones de país pequeño que es Costa Rica, con una capacidad agro-ecológica formidable para sistemas agroforestales con base en plantas leñosas y una biodiversidad impresionante, es indispensable romper con el paradigma que se ha acuñado en las décadas anteriores, de que los únicos sumideros de carbono son los árboles forestales en plantaciones puras en grandes extensiones de terreno. Precisamente los sistemas MDL lo que procuran son el desarrollo de sistemas de producción más limpios, donde se obtenga un balance de C positivo, y que permita a los sectores emisores de gases de efecto invernadero negociar excedentes de secuestro con otros sistemas de producción como los agroforestales, en este caso con el cultivo de café.

Para el cálculo de CO₂ retenido en el café con el fin de realizar una oferta al mercado de C se propone la determinación neta del aporte de C de los arbustos de café. En aras de hacer de fácil entendimiento, para el público en general, del potencial de secuestro de C del café, se podría establecer una forma de cálculo basada en la biomasa del tallo o tallos centrales que constituyen la base de la planta.

La planta de café en Costa Rica se trabaja de uno a dos tallos principales que se forman desde la siembra y se mantienen después de poda y la deshija. Incluso en el caso extremo de poda total, normalmente se evidencia el número de tocones, ya que la poda total se realiza entre 30 y 40 cm de suelo. En este sentido el sistema de poda de la planta es fundamental para la cuantificación y el potencial de retención del carbono retenido, ya que este se realiza solamente sobre tejido vivo. De esta forma para los efectos de este trabajo es posible cuantificar la retención de Carbono a una altura entre los 30 a 50 cm de altura del suelo como máximo. La finalidad es no incluir otras partes de la planta que si bien incorporan Carbono en un ciclo biogeoquímico, es relativamente poco, y la determinación es compleja, el horizonte de retención es muy corto y variable, y no es atractivo para los demandantes de los servicios ambientales, relacionados con los excedentes de carbono.

Desde el punto de vista del horizonte de retención en función del tiempo, se observan dos variables a ser tomadas en cuenta, la primera la constituye la tasa de recambio del cafetal: ¿cada cuanto tiempo y en que forma se renuevan las plantas de café, en función de la vida útil de cada planta y del agro-sistema, o plantación como tal? La segunda es

como abordar el tema de cambio de usos de suelos, partiendo del hecho de que la rentabilidad del sistema agroforestal depende fuertemente de los precios de la cosecha de café.

Estos aspectos pueden ser determinantes en términos del valor de la tonelada métrica de CO₂ retenido en los troncos de cafeto. En relación con el horizonte de retención es necesario explorar la posibilidad de mercado para una tasa de recambio entre 15 a 20 años, y dentro de los compromisos de la oferta el que no se realice cambio de usos en actividades que impliquen menos retención al menos por 30 años.

De acuerdo con lo anterior es factible tener un producto en oferta que sería toneladas de CO₂, en base a los troncos de café hasta un máximo de altura del suelo de 50 cm, por 30 a 40 años con una tasa de recambio de 15 a 20 años, (figura 2).

5-3. Retención de Carbono en el suelo.

Quizá una de las mayores contribuciones de los ecosistemas tropicales es la posibilidad de garantizar una adecuada cantidad de carbono en el suelo como base del reciclaje de nutrientes. Por otra parte, uno de los mayores aportes de CO₂ ocioso a la atmósfera, lo constituye el cambio de cobertura boscosa de las selvas tropicales para convertirlas en terrenos agrícolas. Desde el punto de vista de mitigación y adaptación al cambio climático el aporte de los arreglos agroforestales en la retención de carbono en el suelo es sumamente importante, aunque aún no se ha tratado como se debe. El mercado de

Carbono ha sido dominado por otras disciplinas relacionadas más con la economía y las letras, y será difícil ofertar retención de Carbono en el suelo; sin embargo es válido realizar el ejercicio, sino para el pago *per se*, entonces como un valor agregado que haga más atractiva la oferta de CO₂ retenido en los sistemas agroforestales de las fincas cafetaleras del grupo Coocafé.

De esta forma y con el fin de simplificar, y hacer tangible una oferta de Carbono del suelo se propone la cuantificación del contenido Carbono en una lámina de suelo entre los 5 y 15 cm de profundidad. El hecho de no hacer la cuantificación de cero a 15 cm, es con el fin de evitar cuestionamientos relacionados con la complejidad del intercambio de CO₂ por la hojarasca en descomposición y atenuar los efectos de la respiración de la microbiología del suelo.

De acuerdo con lo anterior es factible tener un producto en oferta que sería toneladas de CO₂ en el suelo en el sistema agroforestal de café en una lámina de 10 cm de suelo a una profundidad de 5 a 15 cm, a un horizonte de retención de 30 a 40 años como mínimo (figura 2).

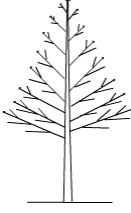
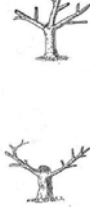
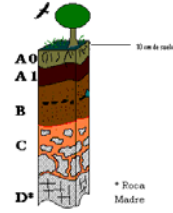
Árbol	Cafeto	Suelo
		
Se considera básicamente el C en tronco del árbol	Se considera C a la altura del tocón de poda (50 cm)	Se considera C a 10 cm de profundidad debajo de los primeros 5 cm de la superficie

Figura 2. Componentes de los SAF considerados en el presente estudio para valoración fijación de CO₂

VI - Estimación del potencial de retención de carbono en los sistemas de cultivo del café.

6.1 Estimación del potencial de carbono retenido en cafetales de Costa Rica

Con la información de las estadísticas sobre el comportamiento en los cambios en los últimos 6 años en el área con cafetales en Costa Rica podemos ver claramente una tendencia a la reducción (cuadro 7). Entre los principales usos que se da a las áreas de cafetales eliminados están la expansión urbana (construcciones) y cultivos anuales con altos impactos ambientales (ejemplo piña, ornamentales). La tasa promedio de áreas eliminadas/abandonadas es de 3.898 ha/año entre 2001 y 2006 (cuadro 7), lo que ofrece una idea de lo que se está perdiendo anualmente en servicios ambientales, particularmente considerando que alrededor del 75% o 80% de las áreas eliminadas estaban bajo sistemas agroforestales.

Cuadro 7 Cambios en el área de cafetales de Costa Rica entre 2001 y 2007

Regiones cafetaleras	CATIE-ICAFE Año 2001 (ha)	INEC-ICAFE Años 2004 y 2005 (ha)	Diferencia 2001 - 2005 (ha)	UEEM-ICAFE Año 2006 (ha)	UEEM-ICAFE Año 2007 (ha)
Valle Central	18.198	15.432	-2.766		
Valle Occidental	25.476	22.530	-2.946		
Turrialba	11.912	10.006	-1.906		
Pérez Zeledón	18.645	14.849	-3.796		
Coto Brus	11.633	10.283	-1.350		
Los Santos	24.381	22.291	-2.090		
Zona Norte	3.141	2.223	-918		
Área Nacional	113.386	97.614		90.709	90.000
Diferencia en relación 2001 (ha)			-15.772	-22.677	-23.386
% Diferencia en relación 2001			14%	20%	21%
Tasa promedio anual (en ha) de eliminación/abandono de cafetales 2001-2007					3.898 ha/año

Fuente: elaborado con datos CATIE, ICAFE , INEC citados en el "Informe sobre la actividad cafetalera de Costa Rica, 2006" y con información de Rojas, E. 2008 UEEM-ICAFE.

De acuerdo con lo anterior y bajo los supuestos de: una densidad de plantas de café de 5000 por hectárea (con un 10% de promedio de pérdida o falla física), un contenido de carbono del 3% en los primeros 10 cm de suelo, un 75% de los cafetales bajo sistemas agroforestales y una cantidad promedio de 60 árboles por hectárea, como sombra o en diferentes arreglos, se puede estimar que el carbono retenido en los cafetales de Costa Rica en el año 2001 superaba, fácilmente las 3.591.502 toneladas. Para el año 2007, bajo los mismos supuestos, el valor de carbono retenido fue de 2.850.750 toneladas, o sea unas 740.752 toneladas menos (cuadro 8).

Estas estimaciones permiten ilustrar el potencial de los cafetales arbolados de Costa Rica como sumideros de carbono, a la vez que evidencia los impactos negativos de la eliminación de estos cafetales para usos de la tierra que no cumplen con servicios ambientales igual o mayores.

Cuadro 8. Estimación del potencial de retención de Carbono en los cafetales de Costa Rica, datos comparativos 2001 y 2007.

Componente	Retención Carbono (ton ha ⁻¹)	Retención Carbono total en cafetales para 2001 (ton)	Retención Carbono total en cafetales para 2007 (ton)	Diferencia Entre 2001 y 2007 (ton)
Cafetos	3,1*	351.497	279.000	- 72.497
Suelo	21,6	2.449.138	1.944.000	- 505.138
Árboles	9,3	790.867 **	627.750***	- 163.117
Total	34	3.591.502	2.850.750	- 740.752

Nota: * este corresponde a 4500 plantas/ha (10% falla física para una densidad de siembra de 2mx1m), para 5000 plantas/ha igual a 3,4 ton/ha. ** correspondiente a 85.039 ha de café (área total estimada bajo sombra 2001). ***correspondiente a 67.500 ha de café (área total estimada bajo sombra 2007).

6.2 Estimación del potencial de carbono retenido en los sistemas agroforestales de café en las áreas de influencia de las cooperativas del consorcio COOCAFE.

De acuerdo con estudios anteriores se determinó que en todas las cooperativas afiliadas a COOCAFE los productores que las componen producen café en sistemas agroforestales. De acuerdo con De Melo (2005) los productores mantienen el cultivo del café en 14 arreglos agroforestales, que van desde la utilización de sombra de musáceas hasta complejas combinaciones de árboles de sombra, maderables y frutículas, en pequeñas parcelas que rondan en un rango promedio entre 1,0 a 2,8 hectáreas, con densidades de árboles y arbustos desde los 10 a los 800 árboles por hectárea, con una variedad de especies superior a 10 por productor y 50 por cooperativa. Lo anterior hace prever que existe un buen almacenamiento de carbono en los diferentes componentes de estos sistemas agroforestales.

6.2.1. Estimación de la cantidad de carbono retenido en los arbustos de café.

El área en algún sistema agroforestal que reportan las cooperativas afiliadas a COOCAFE es de aproximadamente 4000 ha, representando un 4,1% del área reportada por el Instituto del Café de Costa Rica para el año 2006. El grupo de productores de Café Forestal es de 2010, por lo que se observa que en promedio las parcelas son de 2,1 hectáreas por productor.

Cuadro 4. Producción y área en sistemas agroforestales con café, del consorcio de cooperativas afiliadas al consorcio COOCAFE.

Cooperativas	Productores	Área (ha)	
	No. por Cooperativa	Total de área por Cooperativa	Promedio por Agricultor
Coopetilangosta	170	469	2,8
Coopeldos	435	740	1,7
Coopemontes de oro	300	300	1,0
Coopecerroazul	110	220	2,0
Coopesantaelena	180	468	2,6
Coop pueblos	220	660	3
Coopellanos	595	1071	1,8
Coopesarapiqui	140	252	1,8
Coop eatenas	1250	1800	1,4
Total / promedio general	2010	3928	2,1

Fuente: Técnicos de Cooperativas vinculadas al Consorcio COOCAFE, 2008

Para la estimación de la cantidad de carbono retenido en el cafeto se utilizó como base las densidades de plantas de café que reportaron en 2005 cada cooperativa para el grupo de asociados que representa. Se observa, que seis de las nueve Cooperativas que en 2008 conforman el consorcio, presentan densidades de 5000 plantas/ha, una cooperativa reporta una densidad de 5500 plantas/ha, mientras dos indican combinaciones de un 80 y 20% en densidades de 5000 y 5550 plantas/ha, y 60, 20 y 20 % en densidades de 5000, 3571 y 3333 plantas/ha.

Cuadro 5. Densidad y espaciamento de los arbustos de café, de las cooperativas del consorcio COOCAFE.

Densidad de plantas por ha	5000	5550	3571	3333
Espaciamento en metros	2x1	1,8x1	2x1,4	1,5x2
Cooperativas				
Coopepilangosta	100			
Coopeldos	100			
Coopemontes de oro	100			
Coopecerroazul	80	20		
Coopesantaelena	100			
Coopepueblos	100			
Coopellanos		100		
Coopesarapiqui	60		20	20
Coopateñas	100			

Fuente: De Melo, 2005

Conociendo el área y las densidades de plantas se consideraron supuestos para altura del tocón, diámetro del tocón a 20 cm del suelo, y un factor de expansión que considerara un 33 % del tocón para el pivote radicular. La densidad de la madera del cafeto se tomó de acuerdo al reporte de Alpizar, *et al* 1985 para café arábigo en Turrialba.

Cuadro 6. Parámetros utilizados para el cálculo del carbono retenido en el tocón de los cafetos.

Parámetros	Valor	Unidad
Altura	40	cm
Diámetro	8	cm
Densidad	0,48	
Carbono	50%	%
Factor de expansión	1,3	

Finalmente se estimó la cantidad de carbono almacenada, en el tejido leñoso permanente del cafeto, constituido principalmente por el tocón de la planta a la altura de poda.

Cuadro 7. Carbono retenido en el tocón de los cafetos en los sistemas agroforestales con café por cooperativa afiliada al consorcio COOCAFE.

Cooperativas		Carbono (ton/ha)				
		Espaciamiento (m)				
	Área (ha)	2x1	1,8x1	2x1,4	1,5x2	
Coopepilangosta	469	3,1				1471
Coopeldos	740	3,1				2321
Coopemontes de oro	300	3,1				941
Coopecerroazul	220	3,1				705
Coopesantaelena	468	3,1	3,5			1468
Coopepueblos	660	3,1				2070
Coopellanos	1071	3,1				3359
Coopesarapiqui	252	3,1	3,5			693
Coopateñas	1800	3,1		2,2	2,1	5646
Total	3928					13028

6.2.2. Estimación de la cantidad de carbono retenido en los árboles.

De acuerdo con De Melo (2005) los sistemas agroforestales de las cooperativas del consorcio COOCAFÉ, se pueden agrupar en catorce arreglos, de acuerdo con el tipo y las especies de vegetación de sombra utilizadas, de acuerdo con la siguiente descripción.

1. **Mezcla de árboles aislados.** Muy pocos individuos de 2 a 5 especies diferentes dispersos individualmente o en grupos pequeños dentro del cafetal y que no pasan en total la densidad de 10 individuos por hectárea.
2. **Mezcla intensa de árboles.** Fuerte mezcla de diferentes especies, sin predominio evidente de ninguna de ellas, con distribución amplia sobre el área del cafetal.
3. **Mezcla con dominio de frutales.** Diferentes especies de árboles (servicios, maderables, etc), pero con dominio claro y presencia

de especies mixtas de frutales (entre ellas cítricos, aguacates, cas, mango, guayaba, anona, marañón, manzana rosa, manzana de agua).

4. **Mezcla con dominio de poro (Erythrinas).** Hay diferentes especies (maderables, servicios, frutales, etc), pero con dominio evidente de poro a lo largo del área.
5. **Mezcla con dominio de guabas (Ingas).** Con presencia de especies mixtas (maderables, servicios, frutales, etc), pero evidenciando dominio de ingas a lo largo del cafetal.
6. **Mezcla con dominio de musáceas.** Con presencia de especies mixtas (maderables, servicios, frutales, etc), pero evidenciando dominio de bananos y plátano como sombra de los cafetales.
7. **Musáceas.** Con sombra exclusiva de musáceas.
8. **Musáceas y guabas.** Ingas, bananos y plátanos compartiendo el dosel de sombra de los cafetal
9. **Guabas y maderables.** Ingas y diferentes especies maderables como componentes principales del dosel de sombra.
10. **Guabas.** Con sombra exclusiva de ingas.
11. **Guabas y poros.** Ingas y poros compartiendo el dosel de sombra.
12. **Poros y musáceas.** Poros y diferentes especies de musas compartiendo el dosel de sombra en los cafetales.
13. **Poros y maderables.** Poros y diferentes especies maderables integrando la sombra de los cafetales.
14. **Poros.** Sombra exclusiva de Erythrinas sobre cafetales

No obstante, se requiere información adicional que permita cuantificar en forma precisa, dichos arreglos, en términos de individuos por especie, altura, DAP, y densidad de cada uno de ellos por área, con el fin de estimar el potencial de retención de carbono por cada arreglo agroforestal.

Sin embargo, de la información disponible es factible extraer la cantidad de árboles por especie, presente en las muestras tomadas para cada cooperativa. Se observa que en las cooperativas prevalecen 42 especies de árboles, arbustos, musáceas y palmas, que tienen diferentes roles dentro de cada arreglo agroforestal, desde árboles estrictamente para sombra, hasta barrera rompevientos, linderos, cosechas marginales y de autoconsumo de alimentos y frutos, producción de madera, y conservación. De esta forma se agruparon las especies presentes en maderables, arbustos, árboles de sombra, frutales y otros, (cuadro 8). Para la estimación de carbono se eliminaron las plantas no leñosas como musáceas, y otras como la yuca y las palmas (Arecaceae), por su escaso aporte en la retención de carbono.

Cuadro 8. Cantidad y tipo de árbol, diferentes al cafeto, presente en los sistemas agroforestales de las cooperativas afiliadas al Consorcio COOCAFE.

Cooperativas	Árboles Maderables	Arbustos	Árboles de sombra	Árboles Frutales	Otros Árboles	Promedio
	Árboles/ha					
Coopepilangosta	337	0	162	175	75	150
Coopeldos	50	100	183	100	0	87
Coopemontesdeoro	375	615	179	100	50	264
Coopecerroazul	75	437	390	50	25	195
Coopesantaelena	25	100	25	75	50	55
Coopepueblos	0	0	442	25	0	93
Coopellanos	200	162	194	299	0	171
Coopesarapiqui	119	267	337	0	50	155
Coopeatenas	5	0	0	50	10	13
Promedio	132	187	212	97	29	131

Fuente: Elaborado con datos de De Melo 2005

Para la estimación de carbono se trabajó bajo los supuestos indicados en el cuadro 6, en relación con, la altura, el DAP y la densidad, lo anterior permitió normalizar un prototipo de árbol para cada grupo (cuadro 9). Sin embargo es importante realizar más trabajo de campo con el fin de tipificar mejor dichos parámetros.

Cuadro 9. Parámetros por grupo de árboles presentes en los sistemas agroforestales, utilizados para el cálculo de carbono en los árboles, diferentes a los cafetos.

Parámetro	Por árbol						
	DAP	Altura	Volumen	F. expansión	Densidad	Peso Biomasa	Peso carbono
Árboles Maderables	0,25	12	0,0491	0,0736	0,6	441,79	220,893
Arbustos	0,15	3	0,0177	0,0265	0,5	132,54	66,268
Árboles de sombra	0,2	2,5	0,0314		0,46	144,51	72,257
Árboles Frutales	0,2	6	0,0314	0,0471	0,48	226,19	113,097
Otros Árboles	0,2	8	0,0314	0,0471	0,5	235,62	117,810

Con los valores anteriores se estimó la cantidad de carbono por hectárea, por tipo de árbol presente, por cooperativa reportado por De Melo (2005), y el total de carbono en el componente arbóreo diferente

al cafeto. De esta forma se obtuvo la cantidad de carbono por cada uno de los grupos de árboles en que se dividieron de acuerdo a su posible uso, para cada cooperativa (cuadro 10).

Cuadro 10. Estimación de la cantidad de carbono por hectárea, en árboles de sistemas agroforestales, diferentes a los cafetos.

Cooperativas	Árboles Maderables	Arbustos	Árboles de sombra	Árboles Frutales	Otros Árboles	Total
	toneladas de carbono /ha en los árboles					
Coopepilangosta	74	0	12	20	9	115
Coopeldos	11	7	13	11	0	42
Coopemontesdeoro	83	41	13	11	6	154
Coopecerroazul	17	29	28	6	3	82
Coopesantaelena	6	7	2	8	6	28
Coopepueblos	0	0	32	3	0	35
Coopellanos	44	11	14	34	0	103
Coopesarapiqui	26	18	24	0	6	74
Coopeatenas	6	1	2	0	1	9

Por último conociendo el área en sistemas agroforestales con café reportada por las cooperativas para el año 2007, se estimó la cantidad de carbono retenida en el componente arbóreo presente en las cooperativas afiliadas a Coocafe, (cuadro 11).

Cuadro 11. Estimación de la cantidad de carbono almacenado en el componente arbóreo, diferente a cafetos, en las cooperativas afiliadas al consorcio COOCAFE.

Cooperativas	área (Ha)	Carbono (ton/ha)
Coopepilangosta	469	53.829,2
Coopeldos	740	31.231,1
Coopemontes de oro	300	46.117,2
Coopecerroazul	220	18.107,4
Coopesantaelena	468	13.257,7
Coopepueblos	660	22.944,8
Coopellanos	1071	110.043,1
Coopesarapiqui	252	18.703,6
Coopeatenas	1800	16.978,4
Total	3928	295.530,3

VII- Análisis de Precios Potenciales por Tonelada de Carbono en PSA

De acuerdo con el informe sobre el Estado y tendencia del Mercado del Carbono para 2007 del Banco Mundial http://carbonfinance.org/docs/Carbon_Trends_2007-_FINAL_-_May_2.pdf 2005 2006, la participación de la agro-forestería en las transacciones es de apenas el 1,0%. Posiblemente debido a lo complejo de realizar transacciones mediante esa modalidad. Este mismo informe considera que los precios más bajos pagados en US\$ per tCO₂e subieron un 73,0% entre 2005 y 2006, de esta forma el límite inferior de precios se situó en \$6,80 0 €5,20, mientras los promedios para el límite superior presentaron grandes variaciones situándose al rededor del los €18,0. De acuerdo con Carbon Point, el día 18 de junio de 2008 el precio promedio de la tCO₂e para junio 2008 es de € 27,4, con una leve tendencia a la baja €-0,15 en la segunda semana <http://www.pointcarbon.com/>.

Dentro de las críticas que se indican para el sistema internacional del mercado del carbono están las de orden estrictamente mercantil o financiero, donde buena parte de los recursos quedan en las etapas de elaboración del proyecto, transacción y auditorias o certificaciones posteriores. Desde el punto de vista del tipo de proyecto, en los últimos años han sido más por la destrucción y reducción del uso de sustancias con potencial de calentamiento, así como eficiencia energética, que de secuestro de carbono atmosférico ocioso, observando una tendencia mayor ha financiar la no emisión, más que la captura de CO₂ propiamente dicha.

Por otra parte a nivel nacional, el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO), establece en forma genérica un pago para las cuatro modalidades básicas que financia: Reforestación, Regeneración, y Protección de Bosque Natural, tasadas en hectáreas, reforestadas, en regeneración o conservadas según sea el caso, y la modalidad de Sistema Agro Forestal (SAF), por árbol sembrado. Partiendo de lo anterior, desde el punto de vista de la captura de carbono atmosférico ocioso, el pago por captura y posterior retención es poco, dado que de acuerdo con el Decreto Ejecutivo 34371-MINAE, referente al financiamiento para año 2008, el 75,7% del financiamiento se destina a la protección de bosque, el cual no tiene un potencial significativo de captura de carbono, lo que se traduce en que la adicionalidad por secuestro es mínimo o nula. Sobre las modalidades que tienen más potencial de retención, la reforestación químicamente pura es la de mayor contribución, no obstante tendrá diferentes tasas de adicionalidad y horizontes de retención, de acuerdo a la sobrevivencia de los árboles sembrados, y el manejo de los árboles remanentes, en términos de los raleos y cosecha final. En relación con la regeneración natural, es un proceso sucesional donde hay captura de carbono, aunque las especies pioneras, y las que finalmente establezcan el dosel sean diferentes, no obstante es importante que dichos procesos se realicen en suelos sin potencial agrícola, pues el hecho de que se promueva la reforestación, y la regeneración natural en áreas ganaderas, no da pie a que dichas tierras *per se* sean exclusivamente de vocación forestal, lo anterior tendera a disminuir la capacidad en seguridad alimentaría del país en el mediano plazo, en el caso que no se

tome en cuenta la clase de suelo en función de su uso potencial y modelos de producción sostenible.

Por último, aunque solamente el 2,6% de los fondos se destinan a sistemas agroforestales y que al menos un tercio de estos fondos se dedican a las reservas indígenas, con sistemas agrícolas de alta rotación de suelos para la producción de musáceas y cultivos de ciclo corto, dentro de sus territorios, y otra buena parte para, la siembra de especies arbustivas en cercas vivas de fincas ganaderas y linderos, es el sistema con mayor potencial de captura de carbono, dado que si se dan en sistemas agroforestales propiamente dichos, se esperaría una mejor viabilidad de los árboles, un crecimiento más vigoroso y un potencial de retención alto. No obstante, es necesario realizar sistemas de monitoreo menos cualitativos, y entrar a un seguimiento más cuantitativo, con utilización de una métrica científicamente diseñada, para medir cada aspecto que encierra la conservación y la protección del ambiente.

VIII-Mercados y Espacios Institucionales Potenciales

8.1. MDL

De acuerdo con los procedimientos para optar al financiamiento de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) establecido por la Convención de Kyoto; solamente se considera las actividades nuevas y adicionales para certificados de carbonos. Por ejemplo, una nueva represa, una nueva central hidroeléctrica, que abastezca de electricidad a cierta población, puede calificar para optar a los certificados de carbono por MDL. Las plantas hidroeléctricas existentes, al igual que la “deforestación evitada”, no están entre las actividades elegibles en el mercado de

carbono para países en desarrollo por este mecanismo. De esta forma, para los países en vías en desarrollo más interesante sería la reforestación de áreas considerables, independientemente de otros factores ambientales como diversidad biológica, y conservación del agua, lo anterior favorece los proyectos de captura de carbono en países en vías de desarrollo de grandes áreas de territoriales. Actualmente las propuestas de precios MDL, de acuerdo con Daniel Martino de IPCC, rondan los \$ 15 por tonelada de carbono. <http://www.abc.com.py/articulos.php> (domingo 6 de abril 2008)

8.2.Voluntario

El canje de deuda por naturaleza que varios países negocian con Estados Unidos es parte del mercado voluntario, Costa Rica acordó el canje, el cual se espera que se inicie con la elegibilidad de proyectos a mediados del 2008 a través de la Fundación CRUSA. El ingreso a este sistema se va a convertir en regulado muy pronto pues varios países latinoamericanos han iniciado conversaciones, y en el Congreso de los Estados Unidos se tienen varios proyectos de ley para limitar las emisiones de gases en ese país y regular el mercado de carbono.

En el caso de Costa Rica, se espera que los proyectos elegibles tengan un enfoque eco-sistémico, donde en forma integral se observen diferentes aspectos relacionados con la conservación, donde los sistemas agroforestales tengan una oportunidad.

Otras organizaciones no gubernamentales, como Conservación Internacional, Centro Científico Tropical, han estado estudiando la posibilidad de consecución de fondos orientados a los temas relacionados con cambio climático, como son la adaptación y la

mitigación, no obstante puede ser que ven limitados por aspectos relacionados a su misión, áreas geográfica, interés de sus fuentes de financiamiento, entre otros. No obstante son una opción viable, con las cuales la persistencia es requerida, aunque con la desventaja que son opciones un poco fraccionada por las limitaciones apuntadas.

8.3.FONAFIFO

El Fondo Nacional de Financiamiento Forestal-FONAFIFO fue creado en Costa Rica por la norma N° 32 de La Ley N° 7216 en el marco del Presupuesto Ordinario y Extraordinario de la República en el año 1991, para promover la actividad forestal con pequeños y medianos productores. Para 1996, se actualiza la estructura del fondo mediante el Artículo 46 de Ley Forestal N° 7575. Esta ley establecer el estatus de ente de Administración Forestal del Estado con cierta autonomía a partir de la gestión de fideicomisos que garanticen recursos financieros para la promoción de la política forestal, y en particular del Programa de Pago por Servicios Ambientales. Como fuente de recursos financieros la Ley Forestal determinó que el FONAFIFO contará con partidas fondos del Estado, "donaciones, créditos de organismos internacionales, captaciones, y productos financieros obtenidos por créditos e inversiones realizadas, 40% de los ingresos provenientes del impuesto a la madera y emisiones de bonos forestales, entre otros. ...se considera parte del patrimonio los recursos provenientes de la conversión de la deuda externa y del Pago por los Servicios Ambientales que, por su gestión, realicen organizaciones privadas o públicas, nacionales o

internacionales..". Además dicha Ley Forestal indica como rol de FONAFIFO: (4)

"Financiar mediante créditos u otros mecanismos de fomento del manejo del bosque, intervenido o no, los procesos de reforestación, forestación, viveros forestales, sistemas agroforestales, recuperación de áreas desnudadas y los cambios tecnológicos en aprovechamiento e industrialización de los recursos forestales. También captará financiamiento para el pago de los servicios ambientales que brindan los bosques, las plantaciones forestales y otras actividades necesarias para fortalecer el desarrollo del sector de recursos naturales".

Las fincas cafetaleras que estén ubicadas en las áreas prioritarias cubiertas por decretos anuales emitidos por FONAFIFO, y según sus usos de la tierra pueden solicitar Pago Por Servicios Ambientales para Reforestación (área mínima de 1 ha y máximo de 300 ha), para Protección de Bosques (área mínima de 2 ha y máximo de 300ha) y Para Proyectos de Establecimiento de Árboles Forestales en Sistemas Agroforestales (mínimo 350 y máximo de 3500 árboles por beneficiario (a)⁵. Considerando las particularidades del tamaño promedio de las fincas cafetaleras en Costa Rica, y en particular el perfil general del uso de la tierra la modalidad de PSA más accesible es la de siembra de árboles en Sistema Agroforestal. Los arreglos permitidos son:

⁴ http://www.fonafifo.com/paginas_espanol/fonafifo/e_fo_acerca.htm consulta el 7-04-2008

⁵ La información anterior esta basada en el decreto n° 51 publicado en La Gaceta-Diario Oficial el martes 13 de marzo de 2007.

- a) Árboles maderables en cultivos perennes (de 40 a 250 árboles/ha);
- b) Árboles de uso múltiple en cultivos perennes (40 a 277 árboles/ha);
- c) Árboles maderables en hilera (333 a 500 árboles/km);
- d) Cortinas rompevientos (666 y 1000 árboles/km);
- e) Plantaciones en bloques de menos de 1 ha (625 a 1111 árboles/ha), siendo máximo 3 bloques inferiores a 1 ha cada uno por beneficiario(a).

Diferentemente de las demás categorías el PSA para Sistemas Agroforestales se paga por cada árbol sembrado. Para el 2007 se determinó un pago de \$ 1,30 (dólar) por árbol plantado y se definió un límite total de árboles a sembrar de 600.000 árboles, (cuadro 12).

Cuadro 12. Montos pagados y áreas totales propuestas en el Programa de PSA en diferentes modalidades para el año 2007, FONAFIFO.

Modalidad de PSA	Hectáreas/árboles totales	Montos Pagos \$ (dólar)
Reforestación	6.000 ha	\$ 816 / ha
Regeneración natural	400 ha	\$ 205 / ha
Protección de bosque	62.855 ha	\$ 320 / ha
Sistema Agroforestal	600.000 árboles	\$ 1,30 / árbol

Fuente: elaborados con datos del decreto n° 137- La Gaceta – 17 de julio de 2007.

8.3.1. Escenarios propuestos para el Programa PSA de FONAFIFO

a) Acuerdo para formalización de PSA con COOCAFE bajo esquema actual: Esta propuesta contempla una negociación formal con FONAFIFO y COOCAFE en el sentido de establecer acuerdo de cooperación para seguimiento a PSA en las fincas de cooperativas

asociadas bajo los esquemas actuales establecidos. Un aspecto positivo es que las cooperativas podrían tener más apoyo para poder acceder a todas las modalidades de PSA y brindar un apoyo integral a nivel de unidades productivas integrando manejo de paisajes en las diferentes zonas. Evidentemente hay que detallar para cada zona las áreas de mayor potencial para los diferentes tipos de PSA.

b) Coordinación estratégica con FONAFIFO y instituciones claves para fortalecer el PSA: Considerando que el actual sistema de PSA en la categoría de Sistemas Agroforestales solo contempla el pago por siembra de árbol y no reconoce los servicios brindados por SAF ya establecidos, es muy importante coordinar esfuerzos que permita fundamentar técnicamente para que en un proceso de incidencia política se garantice y se reconozca los servicios de los SAF´s establecidos en cafetales. El presente estudio brinda los elementos básicos que justifican un fortalecimiento del PSA al ámbito de FONAFIFO.

Considerando que la limitación histórica al PSA ha sido la obtención de los fondos para ampliar y fortalecer el sistema, habría que sumarse a las instancias como Oficina Nacional Forestal para con los actores que integran la mesa fortalecer una estrategia de incidencia política. En este ámbito sería oportuno contar con la participación activa de ICAFE y otros actores estratégicos para poder concentrar esfuerzos. Aun considerando la necesidad e importancia de trabajar en este escenario no habría seguridad de que a corto o mediano plazo se logre los resultados esperados. Los sectores forestales productivos y ambientalista han invertido mucho tiempo para poder influir en el programa actual y lo han logrado, por lo tanto para COOCAFE y el sector

cafetalero habría que definir una estrategia firme y de largo plazo para pensar influir en el programa nacional de PSA.

8.4.Sellos

Los sellos de certificación se han constituido en otro grupo de esquema para reconocimiento de incentivos por servicios ambientales ofrecidos por sistemas de producción cafetaleros con árboles. Aquí consideramos el diferencial de precios como el principal incentivo, aunque con las variaciones del mercado y los aspectos organizacionales varían en el tiempo y el incremento de precio puede variar su magnitud. Asociado al diferencial de precio, en relación a los cafés no certificados, contar con un sello o un stand reconocido es un aval importante frente al público, las instituciones y a la sociedad en general.

En los últimos años se ha incrementado de manera expresiva los sellos de certificación para café, lo que también explica la expansión que ha tenido los mercados de estos cafés "especiales". En la secuencia presentamos una síntesis que caracterización de grupos de sellos indicadas por Jiménez y Virginio Filho (2007):

*"1. El sello **"orgánico"** está fundamentado en las normativas desarrolladas por IFOAM y en síntesis promueve la producción de café bajo sistemas que garanticen la conservación y mejoramiento de la fertilidad de lo suelos sin la utilización de insumos agrícolas sintéticos.*

*2. El sello **"amigable con las aves"** del "Smithsonian Migratory Bird Center" (SMBC), cuyo objetivo principal de este sello, es la conservación de la biodiversidad y de hábitats de aves, tanto de aves migratorias como residentes.*

3. El sello de "**Rainforest Alliance**" en conjunto con la Red de Agricultura Sostenible (SAN), de café ecológico, se refiere a café bajo sombra y abarca criterios ambientales y sociales llamados normas genéricas para el café ("Generic Coffee Standards"). Algunos de los criterios utilizados son la reducción del uso de agroquímicos, la protección de fuentes de agua, presencia de sombras diversas y buenas condiciones laborales para todos los trabajadores e incluso de las comunidades locales. Este tipo de certificación funciona para aportar hábitat a aves y monos, por lo que son ideales en áreas de corredores biológicos y zonas de amortiguamiento de Áreas protegidas.

4. El café de **comercio Justo** tiene como concepto general el apoyo y fortalecimiento de la participación cooperativa, de organizaciones de productores y familias cafetaleras e incluso aboga por mejores condiciones laborales de los trabajadores. El comercio justo existe desde los años sesenta, nació en Europa y actualmente ayuda a comercializar en total 12 productos que incluyen al café.

5. Los sellos de **cafés sostenibles**, son aquellos en los que el sistema de producción de café busca mejorar y proteger las condiciones sociales, medioambientales y culturales en forma integrada. Este tipo de sello de café tenía en año 2002 una participación entre 0,3 y 3,4% en los mercados europeos y japoneses y su importancia tiende al alza (Castro et al 2004)".

Para el caso de Costa Rica dentro de la categoría de Cafés Sostenibles se puede incluir también la certificación de UTS CERTIFIED y AAA Nespresso, Starbucks/Coffee Practices, aunque estos dos últimos funcionan como un código de buenas prácticas sin los formatos convencionales de certificación.

La diversidad de opciones de sellos o esquemas de buenas prácticas vinculados a mercados crecientes (Cuadro 13) mantiene abierta la posibilidad de potencializar cada vez más el reconocimiento

hacia los productores de los servicios ambientales promovidos por sus sistemas de producción agroforestal con café. Es importante, por ejemplo en el tema de la promoción de los servicios de sumidero de Carbono poder demostrar ante los sellos y al público en general como los SAF con café pueden cumplir un papel relevante. Se espera con los insumos técnicos que se ha sistematizado hasta el momento y con la incidencia política de los actores interesados generar una amplia reflexión de estos esquemas en el sentido de mejorar los incentivos, así como la gestión de los sellos incorporando cambios relevantes en las estrategias actuales de contribución con el tema del calentamiento global y mejora de las condiciones ambientales paralelas.

Cuadro 13. Participación de cafés diferenciados en el mercado Latinoamericano

Sellos de café	Participación en mercado en Latinoamérica (%)
Orgánico	61,4
Rainforest Alliance	7,7
Comercio justo	15,4
Orgánico y justo	12,7
Amigo de las aves-orgánico-justo	1,4
Amigo de las aves y orgánico	1,4

Fuente: Castro et al 2004, citado por Jiménez y Virgínio Filho (2007).

8.5. Iniciativas unilaterales de incentivo

Frente a la complejidad de la promoción de Programas de Servicios Ambientales, es importante tener presente que las decisiones unilaterales tomada por diferentes agrupaciones y/o empresas para estimular y incentivar a los productores que asumen la tarea de fortalecer la sustentabilidad productiva y ambiental son de gran valor. Aun que no se cuente con todos los elementos necesarios para un impacto más amplio, el poder demostrar que se puede poner en práctica

sistemas propios de incentivo consolida el compromiso institucional fortaleciendo su autoridad a la hora de construir estrategias multilaterales con socios estratégicos. Por otro lado el desarrollo de una iniciativa propia, a partir de condiciones básicas necesarias, se constituye en una posibilidad a corto o mediano plazo más fácil de implementar.

Considerando lo anterior estamos seguros que COOCAFE y las Cooperativas afiliadas podrán, con base en los insumos técnicos del presente trabajo y de otras referencias, así como del historial cooperativo para desarrollo sostenible, revisar la posibilidad de implementar un sistema de incentivo dinámico que estimule a los productores a escalar en la superación y/o mantención de servicios ambientales en sus cafetales agroforestales y en sus fincas de manera en general.

IX- Conclusiones

Los aportes del presente estudio constituyen la primera aproximación sobre los potenciales y desafíos para el fortalecimiento y desarrollo de los esquemas de Programas para Pago de Servicios Ambientales para Sistemas Agroforestales en Café en Costa Rica, y particularmente para el grupo de cooperativas de COOCAFE. Se espera que los actores interesados puedan profundizar estrategias interinstitucionales que permitan avanzar con los estudios de apoyo necesarios, incidencia política, planificación y ejecución de programas más integrales y estables.

El conocimiento e información disponible confirma el potencial de los sistemas agroforestales bien manejados para cumplir con la lista de servicios ecosistémicos definidos internacionalmente. Particularmente la contribución en la fijación y almacenamiento de CO₂ ubica a los SAF en café en posición de destaque. Están dados los elementos para el desarrollo de métodos que permitan la planificación, ejecución y monitoreo de programas de PSA en SAF.

Por otro lado los instrumentos de evaluación y monitoreo de los servicios ambientales deben ser cada vez más fortalecidos y implementados buscando una visión dinámica e integral de cómo avanza a nivel de campo el ofrecimiento de los servicios ambientales. Aunque, el presente estudio puso más énfasis al servicio fijación de carbono, se evidencia cada vez más la necesidad de garantizar servicios integrales. En este sentido y con carácter propósito general, se anexa (anexo 1) al presente documento una guía que busca sintetizar parámetros claves para los procesos de monitoreo integral de servicios ambientales en SAF con café.

El fortalecimiento de los Programas de PSA es tarea compleja que requiere un seguimiento constante en particular coordinado con las instancias (Minae, FONAFIFO, ONF, IMPLEMENTACIÓN CONJUNTA y Organismos internacionales relacionados) y actores que define y ejecutan políticas en esta área. Una sugerencia a COOCAFE y al sector cafetalero interesado en PSA para fincas cafetaleras es sumarse permanentemente en los espacios anteriormente indicados.

Los escenarios de mercados y espacios institucionales potenciales para la conformación de los fondos de financiamiento presentados y discutidos en el presente estudio (MDL, Voluntario, FONAFIFO, Sellos e iniciativas unilaterales de incentivo) deben ser considerados complementares entre si, sin embargo requieren estrategias específicas que permitan ir promoviendo avances. La complejidad de la negociación internacional ubica el mecanismo MDL como el más complejo y de difícil respuesta a corto y mediano plazo. Los sellos tienen su dinámica propia, pero los grupos de productores pueden empezar a motivar un enfoque diferente para la promoción y reconocimiento de los servicios ambientales brindados por SAF con café.

El esquema FONAFIFO está dado para que se fortalezca su papel hacia el sector cafetalero y hay que consolidar los vínculos con una incidencia política que permita mayor protagonismo de COOCAFE y del sector cafetalero. Por un lado se debe maximizar todos los tipos de PSA (protección bosques, reforestación y SAF) para las fincas cafetaleras y por otro ir promoviendo la idea de que hay que mejorar el sistema de incentivo para los SAF con café.

Consideramos que la mejor estrategia sería identificar a donde hay apertura para coordinar acciones y desarrollar alianzas aun que con experiencias piloto que permitan aprendizaje y ajustes y luego expansión. El ámbito de mercado voluntario y el desarrollo de incentivos internos podrían complementarse a acciones con FONAFIFO para dinamizar el proceso de arranque. Los contactos con Conservación Internacional-CI establecidos durante el desarrollo de la presente consultoría deberían ser fortalecidos en el marco de procesos piloto en

áreas de convergencia territorial para COOCAFE y CI, abriendo así posibilidades para que ambos fortalezcan sus aprendizajes en café sostenible en el marco de programas d PSA.

Los vínculos históricos de Hivos con COOCAFE, constituye también un escenario importante para definición de un programa conjunto que permita fortalecer el tema de PSA para cafés sostenibles.

BIBLIOGRAFÍA

- ALPIZAR, L; FASSBENDER, H.W; HEUVELDOP, J; ENRIQUEZ, G; HÖLSTER, H. (1985). Sistemas Agroforestales de Café (*Coffea arabica*) con laurel (*Cordia alliodora*) y con Poró (*Erythrina poeppigiana*) en Turrialba Costa Rica. I. Biomasa y Reservas Nutritivas. Revista Turrialba 1985 35 (3) paginas 233-242
- ANACAFE. (1998). Cuantificación estimada del dióxido de carbono fijado por el Agroecosistema café en Guatemala. Presentado en el 9º Congreso de Caficultura Nacional, agosto 1998. Guatemala.
- CEDECO, (2007). Proyecto Emisión de Gases de Efecto Invernadero y Agricultura Orgánica. Sistematizaciones Metodológicas. In Avances de Investigación. HIVOS. 84 p.
- CHAVÉS A.V. (2006). Variación Estacional de la Producción de Biomasa y Extracción de Nutrientes en el Cultivo de Café (*Coffea arabica*), en función de la fertilización y carga productiva. Instituto del Café de Costa Rica, Boletín Técnico N° 3.
- CIFOR, (2007). ¿Qué son servicios ecosistémicos? En Pago por Servicios Ambientales, http://www.cifor.cgiar.org/pes/_ref/sp/sobre/index.htm (Consulta 29/11/2007).

- CORRAL CASTILLO, G.R. (2006). Fijación y Almacenamiento de Carbono en Sistemas Agroforestales con Café Árabe en Zonas Agroecológicas del Litoral Ecuatoriano. Tesis Mag. Sc. Ecuador, Universidad Nacional de la Loja. 99 p.
- DE LAS SALAS, G. (1987). Suelos y ecosistemas forestales: con énfasis en América tropical. IICA, San José, Costa Rica. 447p.
- De MELO, V.E. (2005). Evaluación de los Sistemas Agroforestales con Café en las Fincas vinculadas al consorcio de cooperativas de caficultores de Guanacaste y Montes de Oro-COOCAFE: un aporte a la construcción de la sostenibilidad. (Informe Final de Estudio). CATIE-FUNACAFOR-COOCAFE-VECO 44 p.
- FLORIAN, E. (2008) Caracterización del sitio de estudio: zona cafetalera del Corredor Biológico Volcánica Central – Talamanca, Costa Rica. Proyecto CAFNET. CATIE-CIRAD.
- FONAFIFO. Absorción de CO₂ a través de Actividades Forestales en la Zona Norte de Costa Rica. Documento de proyecto, marco MDL.
- FOUNIER, L. (1995). Fijación de Carbono y Diversidad Biológica en el ecosistema cafetalero. In: Simposio sobre Caficultura Latinoamericana. San Salvador, 17, 1995, (El Salvador) Memorias.
- FUNDACIÓN HONDUREÑA DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA. 2004. Guía Práctica de café con Sombra de Maderables. FHIA, Honduras 18 p.
- INFOAGRO, (2007). Pagar a los campesinos para que protejan el medio ambiente.
http://www.infoagro.com/noticias/noticias_novedades_20071126.htm (Consulta 28/11/2007).
- INSTITUTO DEL CAFÉ DE COSTA RICA. (1998). Manual de Recomendaciones para el Cultivo del Café. Costa Rica: ICAFE. 195 p.
- JIMÉNEZ, M.; VIRGINIO FILHO, ED. ; (2007). Innovación para la producción de café sostenible en el ámbito de CBM. Módulo III. In: Vásquez, N; Robles, G. Programa de Capacitación para el

fortalecimiento de los actores del Corredor Biológico Mesoamericano. CATIE-CBM. 68p.

MEDINA, B. Y.; MUÑOZ, C.Y.;HAGGAR, J.; AGUILAR, R.M.; (2006). Metodología

Para la e evaluación de servicios ambientales. ANACAFE-Embajada Británica, Guatemala. p.35

ODUM, E; BRRETT,G. (2006). Fundamentos de Ecología. International Thomson Editores, 5ed. México, D.F 598 p.

OET. Panorama General: servicios y procesos del ecosistema. Proyecto Andes-Amazonia.Programa de Política y Ciencias Ambientales. 11p.

PNUMA/GEF, (2005). Cambio Climático: Manual de ciudadanía ambiental global.

PROCAFE. (2004). El Salvador tierra de café.

PROMECAFE, (2007). La caficultura y los cambios climáticos: In: Boletín N111, abril- junio.

RAMÍREZ, J. E. (1996). Estudio de Sistemas de Poda de Café por Hileras y por Lotes. Agronomía Costarricense 20 (2): 167-172

VIRGINIO FILHO, E.deM. (2008) Diversidad arbórea y arbustiva: la riqueza escondida en los cafetales de Costa Rica: primera aproximación. CATIE, ICAFE. Versión preliminar.

ANEXO I

Guía para el monitoreo y la evaluación de la valoración de calidad ambiental de sistemas agroforestales con café del consorcio COOCAFE.

Para la valoración de los servicios ambientales en sistemas agroforestales cafetaleros se han establecido guías y metodologías prácticas de valoración y cuantificación (FHIA, 2004; Anacafé, 2006; Corrales Castillo, 2006; CEDECO, 2007). Estos trabajos son coincidentes en los criterios, o aspectos a considerar en la evaluación, para ofertar servicios ambientales en sistemas de café con un manejo agroforestal como son: conservación del agua, fijación de carbono, biodiversidad, y conservación del suelo. Sin embargo hay variaciones en cuanto a los procedimientos, variables a considerar y sus niveles, periodicidad de evaluación, para la cuantificación, calificación y valoración de estos criterios que conforman la oferta del producto ofertado que es el servicio ambiental que generan los sistemas agroforestales con café.

1. Conservación del agua.

Los indicadores que se deben monitorear en relación con este tema son básicamente dos: contaminación del agua y escorrentía. Sin embargo las variables que conforman estos indicadores son múltiples e interdependientes, no obstante en aras de hacer práctica la toma de datos a continuación se presentan el grupo de variables por indicador:

Indicador	Variables	Frecuencia	Medición
Contaminación del agua	*DBO _{5, 20}	anual	Máximo permisible 500 mg/l
	*SST	anual	Máximo permisible 200 mg/l
Escorrentía	Identificación de cárcavas	anual	Número de cárcavas/ha
	Profundidad de las cárcavas.	anual	Profundidad en cm con respecto a la superficie.

*Decreto 26042-S-MINAE, 1997.

2. Biodiversidad.

Teóricamente, la biodiversidad es entendida bajo el concepto de número de especies, y sus dos componentes básicos: la riqueza o cantidad de especies presentes, y la distribución, basada en la abundancia relativa de la especie y el grado de dominancia de la misma. Sin embargo, no se puede dejar de lado otros aspectos de la biodiversidad, como son la configuración de la biodiversidad (zonificación, estratificación, periodicidad, entre otros arreglos), la biodiversidad genética (mantenimiento de la heterocigosis y polimorfismo) que constituye una necesidad adaptativa de las especies, fundamental ante el cambio climático, y por último la diversidad del hábitat que sirve como base para la dinámica poblacional, la cual se reduce constantemente por la actividad humana. En resumen, es importante recordar que una oruga y una mariposa de la misma especie, o una rana y su renacuajo, tienen papeles más diversos en una

comunidad que dos especies diferentes de mariposas y de ranas. (Odum y Barret, 2006).

Los sistemas agroforestales con café, reciben insumos externos que modifican o alteran la biodiversidad de los sitios donde crecen. No obstante, es importante tener en cuenta la relación conservación - producción y su efecto en la biodiversidad del agroecosistema. Es conocido que el enriquecimiento del sistema con nutrientes, producto de la fertilización química o mediante lodos, efluentes o enmiendas orgánicas produce una reducción de la biodiversidad en todas sus facetas (Odum y Barret, 2006).

En términos prácticos, para el tema que nos ocupa es posible que necesitemos orientar cada sistema agroforestal hacia una especialización para el mantenimiento de la biodiversidad que se pueda favorecer, y desee mantener. De esta forma puede ser que algunos finqueros opten por mantener el mayor número de especies vegetales posibles, dentro de sus sistemas de producción, mientras otros se preocupen por la diversidad genética de dos o tres especies, con la plantación de la mayor cantidad de ecotipos, accesiones o variedades. Este aspecto es de especial importancia en el proceso de adaptación frente al cambio climático, ya que los sistemas agroforestales son arreglos temporales y espaciales artificiales, donde es posible introducir este tipo de variantes, mientras en los sistemas naturales, sucesionales, barbechos y bosques secundarios no se considera tan apropiado, y posiblemente no sean tan exitosos. Lo anterior constituye una variante en la oferta de servicios ambientales de los sistemas agroforestales con

café, que permiten una alta biodiversidad, dada la elasticidad y plasticidad biológica que permiten, para su moldeo y conformación.

No obstante, la variedad de formas de mejorar, favorecer y mantener la biodiversidad en los sistemas agroforestales con café, es necesario concretar la cuantificación básica en tres componentes, especies vegetales, vertebradas y macrofauna del suelo.

Indicador	Variable	Frecuencia
Especies Vegetales	Estratos	Bianual
	Especies de árboles y arbustos	Bianual
	Especies herbáceas	Bianual
	Presencia de epifitas	Bianual
Presencia de Vertebrados*	Anfibios**	Anual
	Reptiles**	Anual
	Aves**	Anual
	Mamíferos**	Anual
Especies a 15 cm de profundidad+	Macro-fauna del suelo	Anual

*Solamente animales silvestres libres.

**Se excluyen mascotas, especies plaga, animales domésticos y con fines zootécnicos.

Para el caso de los árboles se establece el número de especies y la cantidad de individuos por especie presentes en las parcelas de medición. Para las herbáceas se utilizará la medición de la cobertura de cada especie en 0,25 m en al menos cinco puntos en la parcela de medición. La presencia de epifitas se hará en los árboles dentro de cada parcela de medición. La presencia de vertebrados se valorará en toda el

área del sistema agroforestal, mediante apreciación visual, y será a nivel de clase únicamente, si no hay otra especificación.

3. Conservación del suelo.

La conservación de suelos es el conjunto de prácticas de manejo y uso de la tierra, realizadas con el fin de proteger, conservar y mejorar la integridad y la productividad del suelo. Sostenibilidad de las tierras está dada por la capacidad que tiene un área geográfica para mantener una producción continuada en el tiempo, de beneficios económicos, sociales y ecológicos, sin deterioro de los recursos naturales. Decreto N° 29375 MAG-MINAE-S-HACIENDA-MOPT:

Los objetivos de las prácticas de conservación de acuerdo con la legislación costarricense tienen como objetivo:

- a) La sostenibilidad del recurso suelo, ya sea en su forma natural o en cualquier forma de uso.
- b) El aumento de la productividad.
- c) El aumento de la cobertura vegetal del terreno.
- d) El aumento de la infiltración del agua en el perfil del suelo.
- e) El manejo adecuado de la escorrentía.
- f) El manejo adecuado de la fertilidad del suelo, la manutención de la materia orgánica y la reducción de la contaminación.

De acuerdo con la ley de uso, manejo y conservación del suelo, las acciones de manejo, conservación y recuperación de los suelos deben basarse en los aspectos agro-ecológicos y socioeconómicos específicos del área considerada y para el caso de los sistemas de café con árboles, el hecho *per se* de ser sistemas agroforestales, cumplen con una de las prácticas de conservación, legalmente válida.

No obstante, deberán cubrir aspectos relacionados con:

- a) el manejo de las coberturas vegetales,
- b) prácticas de drenaje y evacuación de la escorrentía,
- c) procurar la infiltración del agua,
- d) evitar la contaminación de los suelos con sustancias químicas persistentes de uso en agricultura contenidas en los fertilizantes y protectores de cultivos, y
- e) procurar la aplicación de enmiendas orgánicas al suelo.

Dada la complejidad de las mediciones de variables que generen indicadores, es conveniente obtener el criterio experto de técnicos con experiencia en el campo de la conservación de suelos para la valoración cualitativa de los parámetros anteriores en las fincas.

El ofertar servicios ambientales en el caso de la conservación de suelos, no es solamente cumplir con la legislación y reglamentación, la oferta debe ir más allá, para el caso de los sistemas agroforestales existen dos aspectos adicionales de suma importancia, que son de carácter transversal en la esquematización que hemos realizado con esta guía; estos son: primero, la biología de los suelos y los factores que la afectan, donde se estableció un indicador de biodiversidad relacionado con la macro fauna del suelo, constituida principalmente de Anélidos y Artrópodos benéficos, dejando para más adelante la microbiología benéfica constituida principalmente de hongos y bacterias, y las condiciones que esta biota ocupa para un buen desarrollo y sanidad del

suelo, como son la cantidad de materia orgánica, y las relaciones entre minerales, como la relación carbono/nitrógeno; segundo el agua, donde se establecieron indicadores para aguas servidas, y se valora cualitativa aspectos relacionados con retención e infiltración en relación con la conservación del suelo.

4. Uso de insumos agrícolas.

Normalmente en las guías de valoración de servicios ambientales de sistemas agroforestales, el uso de insumos agrícolas se ha enfocado en tema de los productos agrícolas comerciales y su relación con el contenido de una sustancia biocida como ingrediente activo, situándose exclusivamente en los plaguicidas en función de las bandas toxicológicas más peligrosas.

No obstante, desde un enfoque más moderno, el concepto debe ampliarse a todas las sustancias químicas, biológicas y afines de uso en la actividad agrícola, que son necesarias para que el arreglo agroforestal genere una producción rentable con el mínimo deterioro ambiental posible. En este espectro más amplio se debe tomar en cuenta, aspectos relacionados con el almacenamiento y uso seguro, así como la deposición de envases contaminados, y los diferentes materiales que constituyen los embalajes y contenedores de los insumos, así como de las telas y tuberías plásticas, térmicas y de control de luz empleadas hoy en la agricultura moderna, como productos plaguicidas y sus embases, telas y mangueras empleadas en viveros y almácigos principalmente.

En términos de las sustancias químicas propiamente dichas contenidas en los productos comerciales, es importante tomar en cuenta

no solo el ingrediente activo sino otros componentes de las mezclas que constituyen el producto comercial propiamente, como son los componentes inertes, propelentes, dispersantes, vehículos, excipientes, adherentes y penetrantes, que coadyuvan a la acción plaguicida del ingrediente activo. Este enfoque, más científico y racional, se ha simplificado bastante mediante los diferentes protocolos y convenciones adoptadas por los países, en el caso de Costa Rica son de cumplimiento obligatorio los tratados relacionados con la protección de la capa de ozono, sustancias químicas persistentes, y depósito de basuras químicas. En forma práctica para los efectos de agricultura lo anterior se traduce en un listado de sustancias químicas prohibidas o de usos restringido, de acuerdo al Protocolo de Montreal y las Convenciones de Róterdam y Estocolmo, así como las sustancias que no están en ninguna de dichas convenciones y han sido reguladas (prohibidas o restringidas) por la legislación y reglamentación nacional, y eventualmente por las condiciones de mercado.

En relación con los productos biológicos podemos indicar que la regulación es incipiente y aún los rangos de incertidumbre son considerables, lo que hace difícil la valoración de los riesgos, no obstante la dimensión es otra y posiblemente escapa a los productores la toma de decisiones al respecto, centrándose en el estado tales regulaciones, como el cumplimiento del Protocolo de Cartagena para Organismos Vivos Modificados genéticamente.

Por otra parte, es recomendable el control biológico, mediante la aplicación de organismos benéficos al suelo y las plantas, tales como

hongos de los géneros *Trichoderma* sp, *Beauveria bassiana* entre otros bacterias *Basilus*, así como insectos benéficos. Dentro de un programa integrado de manejo de las plagas de las plantas en el sistema agroforestal, donde es necesario observar la compatibilidad de estos con organismos con los productos químicos sintéticos a utilizar.