

USO DE BIOMASA FORESTAL PARA PROVEER ENERGIA EN UN CONTEXTO DE DESARROLLO RURAL SOSTENIBLE: Tres estudios de caso

José Antonio Villa Lopera
Biólogo UN¹

Introducción

Esta ponencia se preparó con base en consultorías realizadas para la Misión Rural, la UPME y para el Ministerio del Medio Ambiente. En el primer caso se trató de la coordinación de la Agenda de Sostenibilidad y Medio Ambiente de la Misión Rural (octubre de 1997 a julio de 1998); en el segundo caso, se trabajó un documento sobre “Estrategias forestales de sostenibilidad y competitividad para las exportaciones de carbón colombiano en el periodo 1999-2010” (abril a junio de 1999); la tercera asesoría correspondió al desarrollo del Componente Forestal del Estudio Estratégico Básico para el Aprovechamiento del Mecanismo de Desarrollo Limpio en Colombia (agosto 1999 a enero 2000).

La ponencia presenta algunos de los aspectos que la producción de biomasa forestal como combustible para la generación de energía eléctrica tiene con los tres principales temas del seminario, desarrollo sostenible, energía y paz. Estos aspectos son: generación de empleo, incremento de los ingresos medios mensuales para familias campesinas, sustitución de cultivos ilícitos, rehabilitación de tierras degradadas y manejo sostenible de recursos naturales, y dinamización de economías locales.

Los tres temas centrales del seminario pueden discutirse tanto a nivel internacional como a nivel nacional. Sin embargo, para los propósitos de la ponencia, el tema de la energía se ambienta sucintamente en el ámbito internacional y los otros dos temas se tratan al nivel de potenciales proyectos.

Con la ponencia se quiere mostrar como algunas de las tendencias internacionales en materia de desarrollo sostenible y de energía pueden ser aprovechadas ventajosamente por un país como

Colombia para promover su desarrollo tecnológico, económico, social y ambiental, y para consolidar procesos que apunten hacia la consecución y el mantenimiento de un estado de convivencia pacífica estable, segura y duradera, particularmente en el ámbito rural.

1. Energía y cambio climático global

De todos los instrumentos internacionales en curso, tal vez el que está generando y generará mayores corrientes de opinión e impactos en la conformación de las sociedades futuras en el corto, mediano y largo plazo sea la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) y su Protocolo de Kioto (PK)ⁱ.

La CMNUCC busca estabilizar las concentraciones de gases con efecto invernadero (GEI)ⁱⁱ en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. Entre otros aspectos, la Convención se basa en cinco principios y asume diez compromisos, que implican en realidad la búsqueda de una re-conversión tecnológica importante, particularmente referida a la generación de energía, la producción industrial y al consumo de combustibles fósiles, que le permita a la civilización mundial continuar con el desarrollo económico de manera sostenible.

El PK, como instrumento jurídicamente vinculante de la Convención, busca posibilitar que se alcancen metas concretas de reducción de emisiones de GEI de manera armónica con el desarrollo sostenible. De manera pragmática, los desarrollos de la Convención y del Protocolo tendrán un significativo impacto en la internalización de externalidades ambientales y en la exportación de nuevos servicios de este tipo, es decir,

¹ Gerente Ecolombia Ltda., avilla@multi.net.co ecolombia@yahoo.com

conducirán a la apertura de nuevos, enormes y promisorios mercados en los cuales hay cabida para los países en desarrollo, las regiones y las poblaciones rurales.

Pero, ¿qué es lo que está pasando? Que los países desarrollados han venido siendo forzados por la opinión pública para tomar medidas relativamente estrictas frente a las amenazas de un cambio climático global, con lo cual han aplicado normas y cargas impositivas domésticas para que sus emisiones de gases con efecto invernadero, provenientes de los sectores industrial, energético, de transporte y agropecuario, sean reducidas, compensadas, sustituidas o eliminadas en diferentes plazos y mediante diferentes modalidades. La misma CMNUCC y el PK son, en buena medida, el resultado de sacar las presiones desde el interior de algunos de estos países hacia el contexto internacional.

Compensar las emisiones tal como se maneja actualmente al interior de la CMNUCC y del PK es una cura necesaria y temporal, pero modesta debido a que la necesidad real está referida a suprimir el ingreso al sistema climático de nuevas cantidades de carbono provenientes de la quema de combustibles fósiles. Reducir, sustituir o eliminar las emisiones de GEI implica en el fondo un cambio tecnológico importante hacia fuentes mas seguras de energía y de energéticos diferentes a los combustibles fósiles y a la energía nuclear.

Este cambio es muy significativo y puede ser muy provechoso para los países desarrollados ya que se puede prever un gran auge en la inversión de recursos públicos y privados en investigación y desarrollo tecnológico, un nuevo aliento y balance para una agricultura multifuncional y para la utilización de la tierra, y, una nueva espiral de desarrollo basada en la generación de empleo, de valor agregado en productos y servicios, y en la exportación de tecnología a países que no hayan vislumbrado las ventajas de responder al reto de cambio con suficiente antelación, voluntad política e inversión de recursos.

Por otra parte, para muchos países, es claro que la energía es uno de los grandes asuntos en el tema del mantenimiento del equilibrio y la paz mundial y del desarrollo. En primer lugar, el hecho que los combustibles fósiles estén distribuidos de una manera tan focalizada y relativamente limitada, hace que el manejo geopolítico de las relaciones internacionales sea muy tenso y delicado. En cambio, la oferta de

energía proveniente de fuentes limpias y seguras, es accesible a prácticamente todos los países y poblaciones de manera amplia, variada e ilimitada. Bajo esta alternativa, los asuntos energéticos podrían pasar a distensionar las relaciones geopolíticas internacionales y domésticas, lo cual es sin duda un empeño genuino que está encontrando en la CMNUCC y el Protocolo de Kioto estrategias apropiadas. En segundo lugar, la posibilidad de agregar valor a la producción primaria depende directamente de la disponibilidad y los costos de la energía asociada a la transformación de productos y a la posibilidad de mantener sistemas de transporte eficientes.

Por lo expuesto, se considera que es hipotéticamente posible y previsible, primero, que la presión doméstica en los países con mayores consumos de energía per capita termine por consolidar una severa limitación al uso y hasta una extrema limitación a la importación de combustibles fósiles; segundo, que la presión sobre los países en desarrollo se acentúe con el fin de se adopten medidas y compromisos domésticos mas estrictos en el marco de la CMNUCC y del Protocolo de Kioto en el mismo sentido anterior. Las dos situaciones anteriores podrían terminar desembocando en una tercera: algunos de los países en vías de desarrollo no solo se encontrarían nuevamente gastando sus exiguos presupuestos en la compra e importación de nueva tecnología, sino que hasta pueden verse en una situación de sustitución de sus exportaciones de carbón, gas o petróleo por la importación de combustibles originados en biomasa plantada y otras tecnologías energéticas.

Esta última y tal vez no muy lejana posibilidad, tiene implicaciones importantes para Colombia dada su condición, por una parte, de país productor de petróleo y de exportador de carbón, y por otra, poseedor de enormes extensiones de tierras con aptitud forestal, diversidad biológica pero empobrecidas población y economías rurales. Las secciones siguientes pretenden mostrar como, a pesar de las posibles amenazas, quizás son mayores las oportunidades para el país originadas en un cambio radical frente al uso de combustibles fósiles.

2. Desarrollo sostenible

Para los efectos de esta presentación, se considerará el desarrollo sostenible desde una óptica local y desde

la perspectiva de los impactos sociales, económicos y ambientales que puedan tener proyectos como los contemplados en los tres estudios de caso. Con el fin de poder hacer una caracterización cuantitativa o cualitativa de los impactos de los proyectos en el desarrollo sostenible, se puede recurrir a un ordenamiento de estos impactos partiendo de las actividades fundamentales de los proyectos y de los resultados esperados de tales actividades, tal como se presenta mas adelante.

2.1. Premisas tenidas en cuenta para la formulación de los proyectos bajo un marco de desarrollo sostenible local

Ahora bien, para poder seleccionar las actividades mas apropiadas para el desarrollo sostenible se hace necesario partir de la satisfacción de las necesidades del campesinado desde su propia óptica. Por ello, el diseño de los tres proyectos partió de varias premisas, de las cuales se desprendieron las actividades de los

proyectos. Las premisas que se tomaron como base para la formulación fueron las siguientes.

- Los proyectos deben apuntar a resolver los problemas económicos del productor rural para que él pueda participar en la solución de otros problemas sociales y ambientales. Es decir, se debe partir de la necesidad de lograr un mejoramiento en los ingresos medios mensuales de los productores rurales y de lograr la acumulación paulatina de capital en manos de los mismos. Este capital estará representado en la valoración real de la tierra y de recursos naturales tales como el vuelo forestal, los suelos, el agua y la biodiversidad. La figura 1 resume el planteamiento básico y general para el caso colombiano. Se trata, en síntesis, de pasar del modelo productivo actual hacia uno caracterizado por la utilización multifuncional de la tierra de mayor rendimiento para el productor y para la sociedad en general.

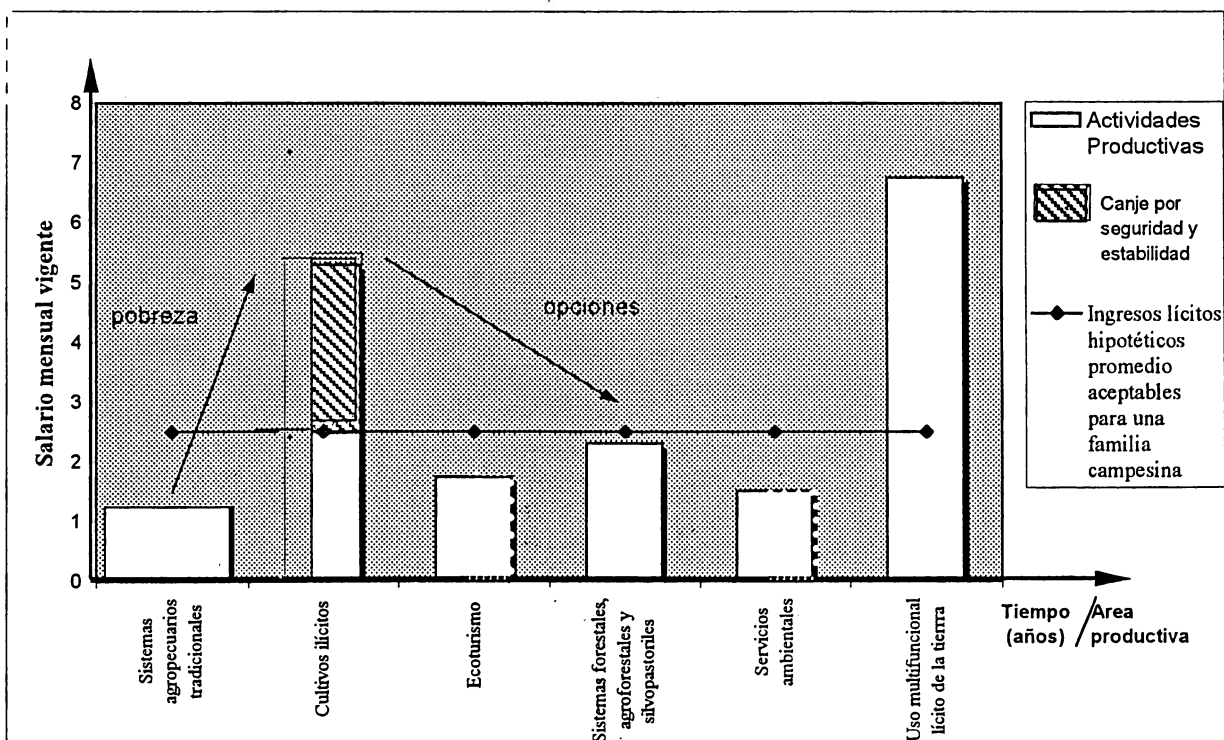


Figura 1. Comportamiento hipotético del productor rural frente a diferentes actividades productivas rurales y promedio potencial de ingresos mediante proyectos productivos forestales MDL.

Fuente: Tomada de Villa, 2000.

De manera sintética, y tomando textualmente la sustentación original, el modelo se explica así: “Dejando de lado el problema de los factores de producción, se parte de la base que la producción campesina tradicional

solamente puede generar unos ingresos muy modestos, ya sea mediante una producción agropecuaria, jornalero o mezcla de ambos, que no son suficientes para colmar las expectativas familiares y para proporcionar seguridad en

términos de salud, vestido, vivienda, educación y futuro. (Primera barra de la izquierda) Los ingresos provenientes de las actividades relacionadas con los cultivos ilícitos (segunda barra), teóricamente son mucho mayores, pero debe disminuirse el tamaño de la barra, merced a los altos costos de vida que normalmente se presentan en las áreas afectadas. La tercera barra correspondería a ingresos por concepto de actividades relacionadas con el turismo, muchos de los cuales podrían ser adicionados a las actividades agropecuarias, agroforestales y de prestación de servicios ambientales. La cuarta barra muestra los ingresos potenciales de diferentes arreglos agroforestales, los cuales también pueden ser adicionados a las demás actividades lícitas. La siguiente barra, muestra unos modestos ingresos atribuibles a una prestación de servicios ambientales, los cuales, nuevamente, únicamente son adicionables a actividades productivas lícitas. Una sexta barra podría referirse a ingresos provenientes de trabajar con grupos armados u otras actividades similares. La línea horizontal marca la hipotética diferencia de ingresos entre actividades lícitas y narcotráfico. El área sombreada de la segunda columna corresponde a lo que sería un canje de ingresos por seguridad y estabilidad, con un atributo notorio: a casi cualquier familia campesina le interesan mas unos ingresos aceptables y estables en medio de un clima de seguridad y de buen nombre que mayores ingresos asociados con una elevada cuota de inseguridad, violencia y persecución.

El estudio detenido de éste modelo permite plantear otros aspectos interesantes. En primer lugar, los sistemas productivos agroforestales utilizados en combinación con el turismo y los servicios ambientales, permiten mantener una producción agropecuaria y una seguridad alimentaria estable, al tiempo que la familia campesina logra capitalizar su trabajo y valorizar la tierra. La familia no saldrá de pobre de la noche a la mañana, pero si lo hará a mediano y largo plazo. En segundo lugar, el crecimiento de la familia se verá compensado por su capacidad de adquirir mas tierra en lugar de fraccionarla, lo cual es una contribución a una reforma agraria productiva y pacífica. Como tercer aspecto, se tiene que para operar sistemas agroforestales exitosos es necesario velar por un adecuado manejo de los suelos, el agua y la diversidad biológica, con lo cual, la productividad y la rentabilidad suben tanto como el apoyo de mercados y de terceras partes. Finalmente, los sistemas agroforestales, el turismo y la prestación de servicios ambientales son prácticamente la única opción viable en Colombia para que propietarios de tierras, empresarios y campesinos se

unan equitativamente alrededor de proyectos productivos de mutuo beneficio y rentabilidad.”

- b) Los proyectos deben ser multi-funcionales para poder atender problemas interrelacionados y para poder lograr un balance apropiado entre costos por tonelada de CO₂ fijada o reducida y el logro de situaciones reales de desarrollo sostenible. Con proyectos muy costo-efectivos en términos del precio del carbono fijado o reducido no se puede lograr una situación de desarrollo sostenible ni una permanencia de los resultados alcanzados. Complementariamente, con costos elevados no hay manera de comercializar un proyecto y por lo tanto de generar desarrollo en una localidad. En cambio, mediante la combinación de dos o mas opciones de reducción/fijación, es posible lograr precios competitivos y atractivos al tiempo que atender diferentes retos para el desarrollo sostenible.
- c) Es necesaria, urgente e inaplazable una reconversión de los sistemas agropecuarios productivos extensivos, de ladera o itinerantes hacia sistemas mas rentables, mas generadores de empleo y armonizados con el manejo ambiental y de recursos naturales. Esta reconversión implica la adopción y el establecimiento de sistemas forestales, agroforestales y silvopastoriles en tierras forestales que fueron deforestadas históricamente con fines de producción agropecuaria. La argumentación detrás de esta premisa es que los sistemas agropecuarios productivos extensivos, de ladera o itinerantes, y muy particularmente, la ganadería extensiva, responden en gran medida no solo por los problemas de emisiones de GEI, sino por problemas acaparamiento de tierras, de empobrecimiento rural, de migraciones y desplazamientos de campesinos hacia las ciudades o hacia nuevos frentes de colonización, por el volcamiento de campesinos hacia cultivos ilícitos y hacia la confrontación armada, por el deterioro y la perturbación de los ciclos hidrológicos, por los problemas de erosión y por de pérdida de biodiversidad que se viene dando. Las tablas 1 y 2 pretenden sustentar, en alguna medida, las afirmaciones anteriores.

Tabla 1. Utilización de la tierra y rendimiento social de tres actividades agropecuarias en Colombia.
Con base en Villa (1998).

ACTIVIDAD PRODUCTIVA	# HECTAREAS UTILIZADAS	% AREA TERRITORIO	# EMPLEOS DIRECTOS	# HA NECESARIAS GENERAN 1 EMPLEO
GANADERIA	26'700.000 ⁽¹⁾	23,4	684.441	39,0
CULTIVOS TRANSITORIOS	1'715.551	1,5	363.319	4,7
CULTIVOS PERMANENTES	2'523.152	2,2	1'371.216	1,8

Fuentes: ⁽¹⁾ FEDEGAN (1997), con datos de 1996. Los demás datos son con fuente Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (1996), para datos de 1995.

Tabla 2. Dimensión de la erosión en Colombia.

REGION	EROSION									
	MUY SEVERA		SEVERA		MODERADA		LIGERA		MUY LIGERA	
	AREA Ha	% Región	AREA Ha	% Región	AREA Ha	% Región	AREA Ha	% Región	AREA Ha	% Región
CARIBE	625.725	6,18	844.175	8,33	1.299.825	12,83	2.421.675	23,91	139.372	1,38
ANDINA	203.850	0,59	3.206.275	9,26	10.432.575	30,13	14.019.075	40,49	1.209.275	3,49
ORINOQUIA			4.825.125	20,89	1.190.100	5,15	4.094.775	17,73	3.947.175	17,09
AMAZONIA					1.669.875	4,19	4.907.700	12,31	222.750	0,56
PACIFICO					111.375	1,73	891.225	13,83	139.375	2,16
INSULAR					3.945	49,58	3.096	50,42		
TOTAL DEL PAIS	829.575	0,73	8.875.575	7,79	14.707.695	12,90	26.337.546	23,11	5.657.947	4,96

Fuente: IGAC (1988), Suelos y Bosques de Colombia.

- d) El desarrollo sostenible es mas viable como proceso autogestionado desde el nivel local o municipal. Se debe buscar además, romper la dependencia económica de los municipios con el presupuesto de la nación, la baja inversión social de los mismos y posibilitar mejores niveles de desempeño tributario para la población. Por ello, los proyectos contemplan acciones que son complementarias a las puramente técnicas y con el fin de crear o elevar las capacidades de desempeño y de consolidar situaciones estables y seguras en el largo plazo.
- e) Bajos niveles de organización y de participación ciudadana llevan aparejados problemas de manejo político marcados por esquemas administrativos de arriba-abajo y por facetas de corrupción que involucran tanto al gobierno como a la población civil y que prosperan precisamente gracias a la falta de involucramiento de la sociedad con mejores esquemas de organización y de

participación en la toma de decisiones y en la distribución de beneficios. Por esta razón los esquemas administrativos y de manejo de todos los recursos de los proyectos contemplan organizaciones democráticas y un manejo transparente de la información.

- f) La energía es un factor estratégico para el desarrollo y para la transformación de materias primas, la incorporación de valor agregado, la generación de empleo y la inserción de productos agropecuarios competitivos en los mercados. Un aspecto central asociado a la energía se refiere al transporte de materias primas vs el transporte de productos elaborados. El comercio actual con productos agropecuarios en las áreas de los proyectos se basa en productos perecederos, pesados o cargados de agua para los cuales el componente de transporte en el precio final es alto en contraposición con lo que podría ser el comercio con productos manufacturados livianos,

duraderos y para los cuales el transporte es marginal o bajo en el precio final. Lograr la segunda opción en las zonas rurales no interconectadas implica la generación costo-efectiva de energía a partir de la biomasa forestal para lograr que los recursos económicos se inviertan en la zona debido a la producción local de combustibles en lugar de la importación de los mismos desde otras regiones apartadas. El establecimiento de plantaciones forestales en tierras agropecuarias para la producción de biocombustibles y para la generación eléctrica abre además opciones de mercado para el productor rural que le permita mejorar permanentemente sus ingresos medios y utilizar especies forrajeras y fijadoras de nitrógeno de rápido crecimiento para mejorar la productividad de sus tierras.

- g) Es necesario un esfuerzo grande de capacitación y de transferencia tecnológica con los productores rurales para que puedan realmente replicar y hacer

una transición gradual de los sistemas productivos o de los esquemas sociales y políticos vigentes hacia nuevas formas de accionar mas eficientes y eficaces. Las tecnologías contempladas por los proyectos son sencillas, probadas y disponibles en el país y en el exterior.

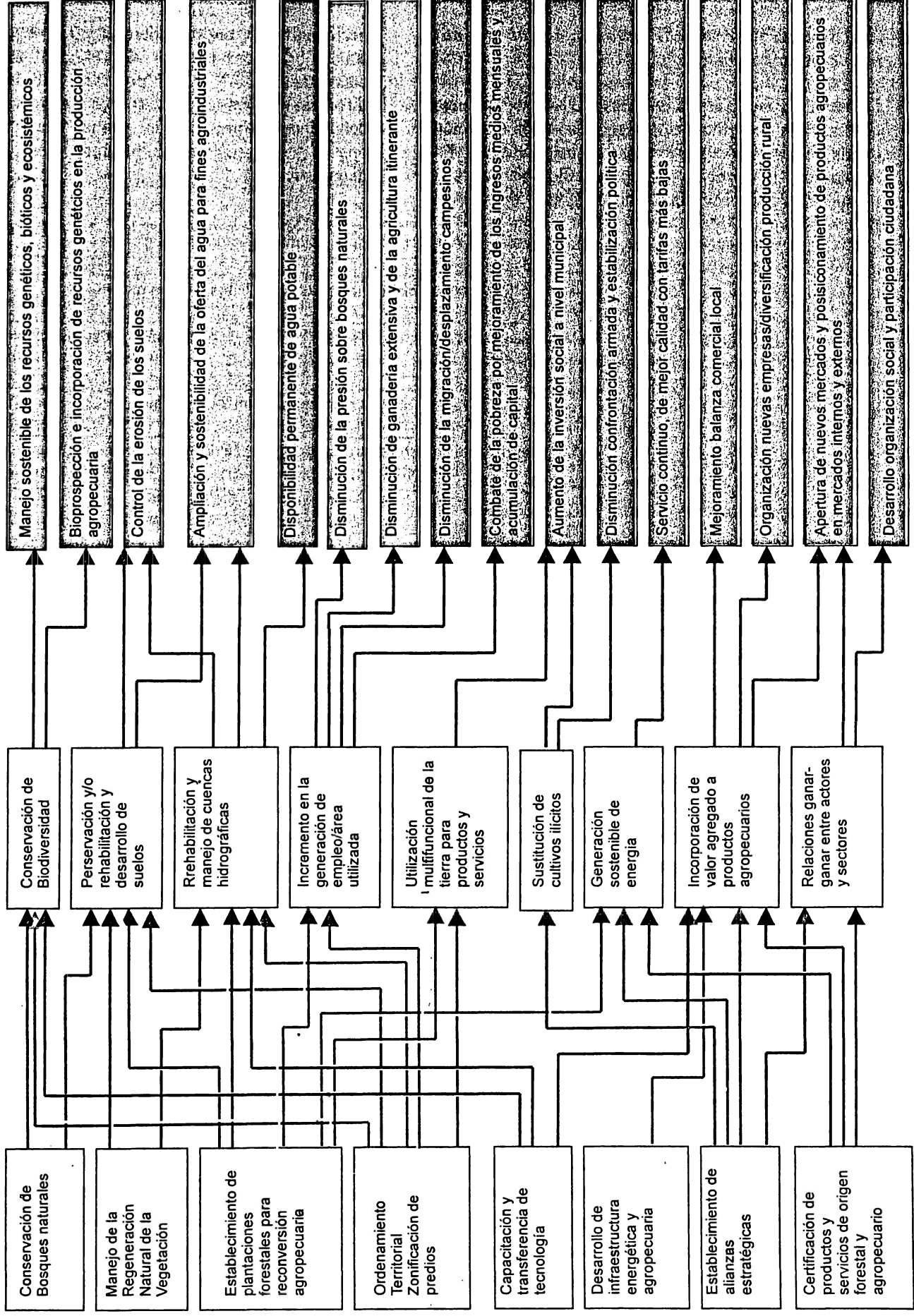
- h) Es necesario que las regiones y la población rural puedan hacerse cargo de su propio desarrollo económico, social y ambiental para que puedan consolidarse verdaderos procesos de convivencia y de seguridad para la inversión económica.
- i) El campesinado, al poder mejorar sustantivamente sus ingresos mediante el uso apropiado de la tierra y de los recursos naturales en un ambiente de convivencia pacífica, podrá tomar la opción de salir voluntariamente de los cultivos ilícitos.

Con base en las apreciaciones anteriores se preparó la figura 2 como herramienta básica para analizar el grado de influencia de los impactos de los proyectos los procesos de desarrollos locales.

BENEFICIOS COLATERALES

RESULTADOS ESPERADOS

ACTIVIDADES



2.2. Análisis general de la situación actual en zonas rurales no interconectadas

El arreglo que sigue presenta una manera generalizada de enfocar un diagnóstico de la situación vivida en los municipios o áreas de los proyectos. En el árbol de problemas, preparado desde una perspectiva agropecuaria (figura 3), por debajo del

problema que se considera central, aparecen las causas y por encima de él, se indican las consecuencias. No se pretende allí representar direccionalidades únicas entre unas y otras. Mas bien, debe tenerse presente la forma interactiva como operan y se retroalimentan los elementos diagnósticos.

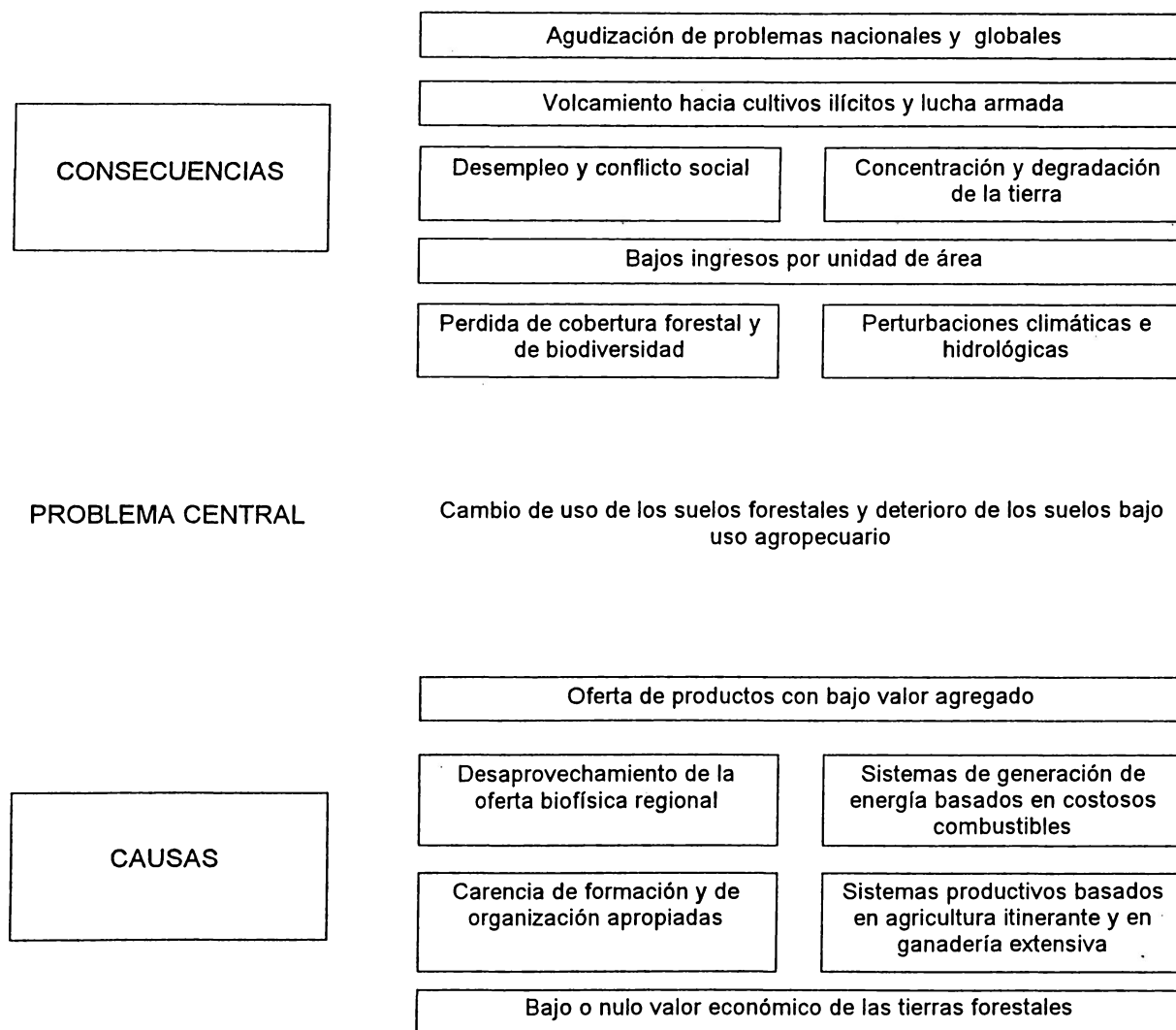


Figura 3. Árbol de problemas sintetizando la problemática general del desarrollo regional rural, desde una perspectiva agropecuaria.

La causa subyacente en el cambio de uso de los suelos forestales es el bajo o nulo valor económico que les asigna la sociedad. Posteriormente, para el análisis, se parte de una situación en la cual la formación productiva de los diferentes propietarios y productores agropecuarios rurales, en el marco de las

condiciones ambientales propias de sus regiones, no siempre es la más adecuada; como tampoco son adecuadas las condiciones de organización social, puesto que las ventajas comparativas de unos y otros actores se desperdician en antagonismos innecesarios y en luchas por la tenencia de la tierra (alimentadas

fundamentalmente por un proceso tecnológico inapropiado que empuja un fenómeno de erosión subyacente), en donde es muy difícil encontrar alianzas productivas estratégicas de mutuo beneficio.

Bajo estas condiciones han prosperado sistemas productivos agropecuarios extensivos que han desaprovechado una envidiable oferta climática, edáfica y biológica, que han causado enorme perjuicio a recursos tan vitales como el suelo, las aguas y los recursos genéticos, y se han venido ofertando productos con muchos problemas de calidad y con muy bajo valor en los mercados.

Por otra parte, y de manera colateral, la mayor parte los asentamientos humanos rurales no pueden hacer parte del Sistema de Interconexión Eléctrica. Por lo tanto, utilizan enormes cantidades de costosos combustibles fósiles a costa de exiguos presupuestos, de tal manera que no hay una oferta energética competitiva que permita un desarrollo productivo basado en el manejo sostenible de los propios recursos naturales. Adicionalmente, como la mayor parte de los escasos recursos económicos locales son invertidos en la “importación” de combustibles, no quedan excedentes apropiados para una inversión social y tecnológica que permita romper estos círculos viciosos.

Siendo los suelos el soporte indispensable de la producción agropecuaria, y la cobertura forestal el mejor aliado para su protección y desarrollo, se considera un grave problema la conversión de los usos forestales del suelo a otros usos y manejos que promueven su erosión y degradación. Que esta es una de las fuerzas direccionales más fuertes del país, se evidencia con la superposición de los mapas de erosión y del uso de la tierra en Colombia², fruto de lo cual puede observarse como las zonas afectadas por erosión son casi exactamente las áreas de uso agropecuario. Es mas, la mayor parte de colonos y de desplazados por la violencia en el país han sido y son originarios de áreas fundamentalmente ganaderas³.

² Ver: *Perfil Ambiental de Colombia* (Pomho et al, 1990); *El Medio Ambiente en Colombia* (IDEAM/MMA, 1998), *Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación, distribución y uso* (IGAC, 1995); página de Internet del IDEAM (<http://www.ideam.gov.co>).

³ La Misión Rural estimó que “...los departamentos con mayor número de cabezas de ganado son casi invariablemente los departamentos con mayor nivel de erosión, y las zonas de mayor conflicto, son zonas ganaderas por excelencia. Pareciera que, bajo las actuales condiciones, cuando se sobrepasan la 500 mil cabezas de ganado (que requieren

En Colombia se han retirado más de 30 millones de hectáreas de cobertura forestal de su territorio, con serias implicaciones para la conservación de la biodiversidad y para la estabilidad de los ciclos hidrológicos y el clima. En adición a estos efectos, se tiene el papel que juega la erosión sobre la productividad agropecuaria. Colombia tiene afectadas por erosión mas de 56 millones de hectáreas, 10 millones de las cuales están afectadas por erosión severa y muy severa⁴. A medida que los suelos pierden productividad y se incrementan los costos y los riesgos de la producción, también se hace indispensable aumentar el tamaño de la operación productiva o de la propiedad para poder alcanzar niveles de satisfacción económica aceptables. En la cadena de efectos acumulativos aparecen las condiciones más propicias para que campesinos desempleados y desposeídos busquen alternativas en frentes de colonización, cultivos ilícitos y grupos armados.

Como se mencionó antes, una manera de romper los círculos viciosos descritos es atacando directamente las causas, de una manera integral para revertir el problema central y las consecuencias derivadas. El conocimiento y la tecnología están disponibles, los recursos naturales son propicios y la voluntad de los productores ha sido manifiesta en innumerables ocasiones. Como se verá en el aparte siguiente, solamente mediante un conjunto amarrado de acciones en los campos del manejo de los bosques naturales, del establecimiento de plantaciones forestales y del uso de bioenergía se podrán alcanzar en esta región objetivos ambientales de estabilización de las emisiones de gases con efecto invernadero, de protección de la biodiversidad, de las aguas y de los suelos, y socio-económicos de mejoramiento en la calidad de vida, convivencia pacífica y progreso económico.

2.3. Marco conceptual para la formulación de los proyectos forestales y bioenergéticos

Todas las alternativas contenidas en estos proyectos buscan en su conjunto estabilizar, recuperar y desarrollar las áreas ocupadas y manejar sosteniblemente las áreas forestales y naturales circunvecinas, incorporando el manejo de la diversidad biológica y de la oferta natural de la región

aproximadamente un millón de hectáreas), se disparan los problemas ambientales y sociales de esa región”. (Villa, 1998)

⁴ IGAC, 1988

a la producción rural. Hay elementos en común entre las diferentes posibilidades productivas; de manera muy particular, hay un gran énfasis para lograr una mayor y mejor capacitación y formación productiva, organizativa y administrativa. Las áreas objeto de manejo forestal son y deben ser suficientemente extensas con el fin de lograr reducir los impactos negativos y tener oportunidades de establecer turnos de aprovechamiento y descanso adecuados a las condiciones propias de cada ecosistema.

Aunque los temas relacionados con los bosques naturales y el manejo de la regeneración natural de la vegetación no están aún claros ni definidos en el Protocolo de Kioto, este proyecto se diseñó bajo la premisa de que ambos temas se incluirán como opciones válidas e indispensables y que por lo tanto harán parte esencial del Mecanismo de Desarrollo Limpio. Son muchas las razones de orden técnico, económico y social que se pueden argumentar para esta postura, particularmente en términos de beneficios colaterales para el desarrollo sostenible local.

Sin embargo, para los fines que interesan aquí, hay que tener en cuenta que, al menos en Colombia, el establecimiento de plantaciones forestales en áreas ganaderas es indispensable para la conservación de los bosques naturales y que la prestación de servicios ambientales a partir de los mismos es la posibilidad que hace viable el establecimiento de las plantaciones forestales.

En otras palabras, la posibilidad de conservar extensas áreas cubiertas de bosques naturales está relacionada estrechamente con la capacidad de las sociedades para agregarles un valor de manera que el uso de la tierra para tal fin se tome competitivo con el valor de la tierra para fines agropecuarios o de otro tipo. Este valor inicial, bajo las condiciones actuales, debe provenir más de la prestación de servicios que de la posibilidad de aprovechar directamente sus productos a grandes escalas, la cual debe volverse importante una vez sean culminados los esfuerzos de ordenación y rehabilitación que requieren la mayoría de las áreas forestales.

Ahora bien, los recursos económicos provenientes de la prestación de servicios, o de lo que podría llamarse el uso indirecto de los bosques, debe utilizarse en primer lugar para su manejo, y en segundo lugar, para promover y posibilitar (hacer adicionales los proyectos en el lenguaje del Protocolo de Kioto) el

establecimiento de nuevas plantaciones forestales⁵ al interior de las áreas destinadas a actividades agropecuarias y mineras. La razón para ello es que el establecimiento de plantaciones forestales oferentes de productos y servicios diversos, pero sobre todo, generadoras de empleo, es la mejor manera de disminuir la presión sobre bosques naturales en países con bajos niveles de industrialización, de capacitación y altas tasas de incremento de la población. En tercer lugar, los recursos aludidos deben destinarse a inversiones sociales que puedan mejorar los niveles de organización, educación y entrenamiento de los productores rurales a fin de que puedan lograr mejores desempeños en asuntos económicos, sociales y ambientales.

Como los recursos económicos provenientes del almacenamiento de carbono en bosques naturales y de fijación del mismo en plantaciones forestales son limitados para atender los tres frentes de inversión mencionados antes y en áreas extensas, que es lo que verdaderamente importa para lograr impactos positivos y significativos en lo ambiental, lo económico y lo social, conviene un esfuerzo complementario de adicionalidad.

Este esfuerzo complementario puede provenir perfectamente de un amarre entre la rehabilitación de tierras y la generación de energía eléctrica a partir de la biomasa forestal. Es decir, de un amarre entre la sustitución de emisiones provenientes del uso de combustibles fósiles y el establecimiento de plantaciones bioenergéticas.

A su vez, para el productor rural es importante contar con un buen servicio de energía que le permita preservar, transformar y comercializar su producción. Como en la mayoría de las zonas rurales los productores no pueden contar con un suministro de energía de calidad y bajo costo, su problema es el manejo económico y financiero (o el flujo de caja) para cambiar su sistema productivo. En cambio, si el productor puede cruzar su cuenta de energía con ventas de biocombustible a la empresa correspondiente (de la cual además puede ser socio), sus costos bajan y puede producir un artículo que tiene un mercado cercano y estable o en expansión que le deja como subproductos no solo algunas reducciones certificadas de emisiones (CREs), sino también la valorización de la tierra y la mano de obra, el mejoramiento de la productividad de

⁵ En Colombia el establecimiento de plantaciones forestales se entiende como una actividad agrícola, razón por la cual no se entraría en un conflicto aparente tierras forestales vs. tierras agrícolas o alimentos vs. prestación de servicios.

los suelos, mejor control biológico, sombra y forraje para un mejor y mas sano crecimiento de sus animales domésticos, estabilización de las fuentes de agua, frutos, semillas, resinas, gomas, fibras, etc.

Por lo expuesto anteriormente, los proyectos se concibieron de tal manera que la venta de reducciones certificadas de emisiones (CREs) originadas en la fijación de carbono proveniente del establecimiento de nuevas plantaciones forestales, la sustitución de emisiones proveniente de cambiar combustibles fósiles por biocombustibles y el almacenamiento de cantidades apreciables de carbono en bosques naturales, permita y haga viable una transformación productiva en áreas ganaderas, la sustitución del uso de combustibles fósiles y el uso sostenible de las áreas forestales naturales en la región bajo consideración.

Ahora bien, el desarrollo de las localidades requiere la utilización de estrategias apropiadas para lograr los objetivos propuestos. Fue así como se seleccionaron estrategias tendientes a elevar los niveles de capacitación o entrenamiento en nuevas practicas productivas, unir esfuerzos alrededor de propósitos de mutuo beneficio, planificar el uso del territorio para una mejor utilización de la tierra y asegurar la permanencia en el tiempo de bosques y plantaciones, hacer económicamente atractiva la adopción de sistemas forestales y el desarrollo de los suelos, mejorar los niveles de empleo y de valor agregado a los productos, y, exhibir condiciones de transparencia,

calidad y confiabilidad para los potenciales mercados de productos y servicios.

Como puede verse, los proyectos son básicamente de naturaleza forestal y pretenden ser un aporte para el diseño de alternativas productivas rurales y agropecuarias que, bajo las políticas, normas, planes e instrumentos nacionales y regionales, permita dar paso a la estabilización de las concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera, a la reconversión de la ganadería y la agricultura extensivas, al establecimiento de plantaciones forestales, al manejo sostenible de bosques naturales, al suministro limpio y sostenible de energía a los asentamientos rurales de las regiones no interconectadas del país, y al fortalecimiento de procesos sociales que apunten al desarrollo económico, el bienestar general, la erradicación de cultivos ilícitos y la convivencia pacífica. En la figura 4, se ha preparado un diagrama para ilustrar la concepción fundamental de los proyectos. El conjunto superior se refiere a la sociedad y su desarrollo. El conjunto inferior hace referencia a los recursos naturales y al ambiente. Las flechas bidireccionales indican flujos de materiales (como germoplasma), energía o acciones positivas de refuerzo (como menor presión sobre los bosques, o disponibilidad de agua y de fauna silvestre), recursos económicos, tecnológicos, etc.

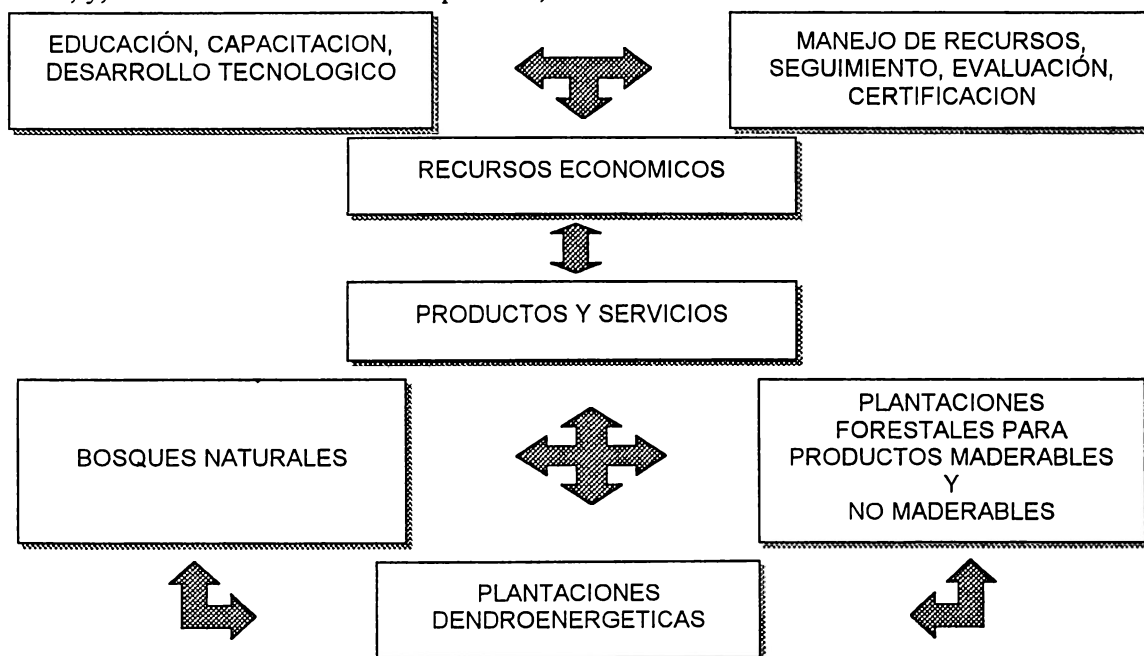


Figura 4. Esquema idealizado del marco conceptual del proyecto.

Como complemento a la información presentada, se insertan las figuras 5 y 6. En la figura 5, se ilustra como la cobertura forestal, bajo las condiciones biofísicas generales de las tierras bajas tropicales, es una de las mejores alternativas productivas. Considérese así mismo, que cuando se establecen plantaciones forestales y se manejan las áreas forestales naturales con un criterio productivo y de prestación de servicios, se protegen y dejan de quemar los extensos territorios que año tras año son sometidos

a esta inadecuada practica agrícola. Por otra parte, la utilización de agroquímicos se ve notablemente disminuida, con enorme beneficio para el medio ambiente y la economía del productor, las especies se refuerzan unas a otras en muchos aspectos, las llamadas malezas se convierten en aliadas del productor, la erosión disminuye pero la humedad del suelo aumenta, y los daños causados por plagas y enfermedades también disminuyen sustancialmente.

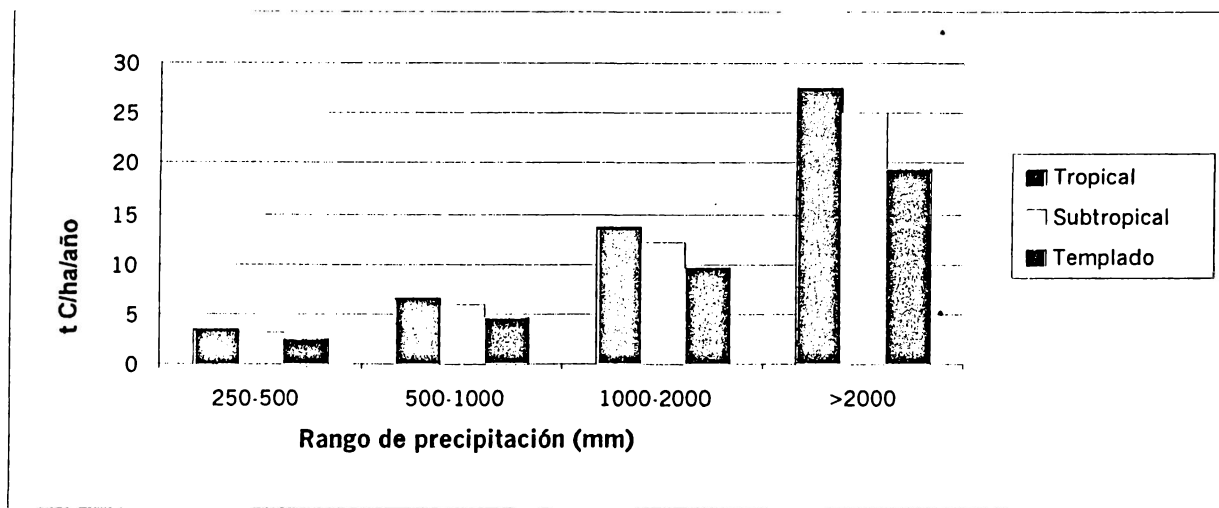


Figura 5. Influencia del Clima y la precipitación sobre el crecimiento y la captura de carbono en bosques de diferentes latitudes o altitudes. La precipitación en la región es del orden de 2000 a 3000mm, la radiación del orden de 450 cal/cm²/día, la temperatura media de alrededor de 30 ° centígrados y la altura sobre el nivel del mar del orden de los 150 m.

Fuente: Con base en Horta-Nogueira et al., 1998.

Los asentamientos humanos del municipio bajo consideración no pueden estar unidos al Sistema de Interconexión Eléctrica y utilizan enormes cantidades de combustibles fósiles para operar tanto plantas diesel como las plantas a gasolina que las mas de las veces tienen los particulares. Esta alternativa es contraproducente y un serio factor de estancamiento para el desarrollo de la producción rural y por ello en el proyecto se ha considerado la generación de energía eléctrica a partir de biomasa forestal plantada en tierras degradadas. (bioenergía o dendroenergía)

La bondad de los sistemas dendroenergéticos de generación de energía en términos climáticos se aprecian claramente en la figura 6, en la cual puede verse que la fijación de carbono debajo y sobre los suelos es significativa, aunque a este respecto su

mayor contribución se debe a la voluminosa sustitución de emisiones de carbono debidas a la no utilización y quema de combustibles fósiles.

Desde la perspectiva de las aguas, los suelos y la biodiversidad, este tipo de plantaciones es importante porque permite utilizar especies forrajeras y fijadoras de nitrógeno de rápido crecimiento que se articulan muy bien con otras especies utilizadas en sistemas agroforestales y silvopastoriles; además, hay una marcada protección de los suelos contra la erosión al tiempo que reestablecen o desarrollan los ciclos hidrológicos y proporcionan alimento y albergue a un crecido número de organismos animales, particularmente aves e invertebrados.

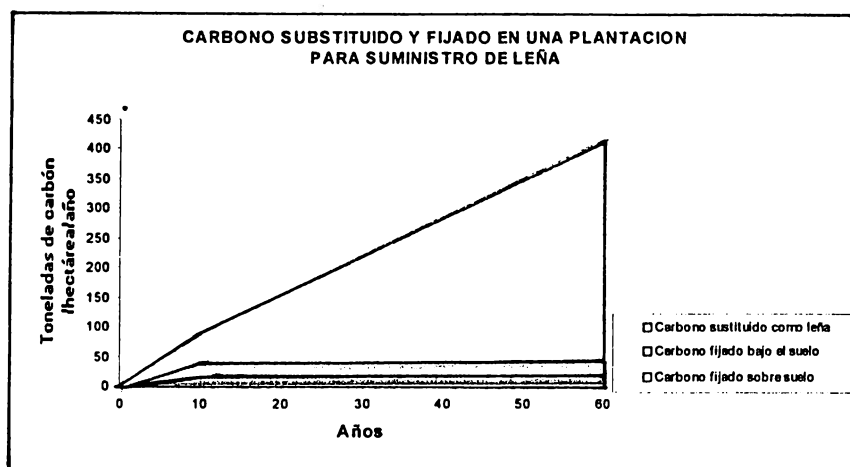


Figura 6. Carbono sustituido y carbono fijado debajo y sobre el suelo para el caso de una plantación de alta productividad para el suministro de leña con fines energéticos y de una planta de 1MW. Las cifras son indicativas.

Fuente: Con base en Horta-Nogueira et al, 1998.

3. Estudios de caso

Los siguientes tres estudios de caso corresponden a las formulaciones de tres proyectos forestales y energéticos específicamente dirigidos al desarrollo sostenible de tres localidades de Zonas No Interconectadas, incluyendo la sustitución voluntaria de cultivos ilícitos y la estabilización social. Los tres fueron formulados en el marco del Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kioto y por ello también buscan reducciones, fijaciones o desplazamiento de emisiones de dióxido de carbono como medio de hacerlos factibles y viables en términos económicos.

3.1. Conservación y restauración de bosques en el medio atrato, pacífico colombiano

Esta sección del documento del proyecto forestal MDL, formulado y a ser ejecutado por ACIA, con el apoyo de entidades gubernamentales como CODECHOCO y el IIAP, entre otras, describe a continuación los objetivos general y específicos, y las estrategias que se intersectan con los objetivos. El proyecto tiene una duración de 25 años y pretende contribuir en forma sustantiva al desarrollo sostenible de la cuenca media del río Atrato.

Objetivo general o de desarrollo

Controlar y prevenir la destrucción y propiciar un uso sostenible de los bosques del Medio Atrato para mejorar la calidad de vida de sus habitantes y posibilitar la prestación de servicios ambientales.

Objetivos específicos

Relacionados con el desarrollo de la región:

- Conservar y utilizar sosteniblemente para productos no maderables y servicios un área de 60.000 ha de bosques comunitarios destinados a ser declarados como áreas de Reserva de la Sociedad Civil.
- Establecer un aprovechamiento sostenible de maderas tropicales certificadas en 20.000 hectáreas de bosques naturales en colinas bajas.
- Reforestar 10.000 hectáreas mediante sistemas forestales y agroforestales en las proximidades de asentamientos humanos donde la cobertura forestal original ha sido removida para otros usos del suelo.
- Sustituir el uso de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica de los

asentamientos humanos por biodisel producido a partir de 3.500 hectáreas reforestadas.

En cuanto a objetivos específicos MDL, el proyecto pretende:

- Prevenir la emisión de 12'936.887 toneladas de CO₂ por la conservación de 60.000 ha de bosques, el manejo sostenible de otras 20.000 hectáreas de bosques para la producción y por la sustitución de 8.000 fogones de leña rudimentarios por igual número de estufas de leña de alta eficiencia
- Fijar 3'661.690 toneladas de CO₂ en 13.500 ha de plantaciones forestales.
- Sustituir la emisión de 193.963 toneladas de dióxido de carbono provenientes de la quema de combustibles fósiles.

Estrategias

- Fortalecer la participación, incluyendo la toma de decisiones, en todas las etapas de ejecución, con miras a la viabilidad y la sostenibilidad del proyecto.
- Mejorar las capacidades organizativas y técnicas del Consejo Comunitario Mayor de la ACIA para avanzar y consolidar el proceso de ordenamiento territorial y sus planes de manejo.

- Incrementar la capacitación de las comunidades en la adopción y el desarrollo de tecnología apropiada.
- Mejorar la relación existente entre el área de producción utilizada y el ingreso familiar.
- Valorar y recuperar los sistemas tradicionales de producción, de manera que sigan manteniendo su componente intrínseco de conservación y sostenibilidad de los ecosistemas selváticos.
- Propiciar alianzas estratégicas entre diferentes actores y sectores para la transformación, la comercialización de productos y de servicios, y para el desarrollo empresarial.
- Generar empleo a través de un modelo alternativo de producción del bosque, que contempla recursos maderables y no maderables.

Los fondos para la ejecución del proyecto provendrían de la venta (exportación) de Certificados de Reducción de Emisiones de CO₂ (CREs), cuyo precio en el mercado se podría situar en un rango entre 3 y 19 dólares/tonelada de CO₂. La tabla 3 presenta el rendimiento total del proyecto en términos de CREs. Las cifras de la columna de la derecha multiplicadas por el precio del mercado para la tonelada de CO₂ correspondería a los rendimientos económicos del proyecto.

Tabla 3. Emisiones en el escenario con proyecto (t de CO₂ equivalente)

Año	Reducción de emisiones por conservación	Fijación de emisiones por reforestación	Sustitución de emisiones de combustible fósil	Reducción de emisiones por quema de leña en fogones eficientes	Total
1	419,058	90,981	0	13,200	523,239
2	494,626	106,394	0	26,400	627,420
3	494,626	121,807	0	26,400	642,833
4	494,626	137,220	0	26,400	658,246
5	494,626	152,633	0	26,400	673,659
6	494,626	152,633	3,196	26,400	676,855
7	494,626	152,633	5,450	26,400	679,109
8	494,626	152,633	5,450	26,400	679,109
9	494,626	152,633	5,450	26,400	679,109
10	494,626	152,633	10,901	26,400	684,560
11	494,626	152,633	10,901	26,400	684,560
12	494,626	152,633	10,901	26,400	684,560
13	494,626	152,633	10,901	26,400	684,560
14	494,626	152,633	10,901	26,400	684,560
15	494,626	152,633	10,901	26,400	684,560
16	494,626	152,633	10,901	26,400	684,560
17	494,626	152,633	10,901	26,400	684,560
18	494,626	152,633	10,901	26,400	684,560

Año	Reduccion de emisiones por conservación	Fijacion de emisiones por reforestacion	Sustitucion de emisiones de combustible fosil	Reduccion de emisiones por quema de leña en fogones eficientes	Total
19	494,626	152,633	10,901	26,400	684,560
20	494,626	152,633	10,901	26,400	684,560
21	494,626	152,633	10,901	26,400	684,560
22	494,626	152,633	10,901	26,400	684,560
23	494,626	152,633	10,901	26,400	684,560
24	494,626	152,633	10,901	26,400	684,560
25	494,626	152,633	10,901	26,400	684,560
TOTAL	12,290,087	3,661,690	193,963	646,800	16,792,539

En una situación sin proyecto, los ingresos medios de la familia campesina se resumen en la tabla 4.

Tabla 4. Ingresos medios mensuales de un productor rural por diferentes conceptos en la línea base.

ACTIVIDAD PRODUCTIVA	INGRESOS MEDIOS MENSUALES (SMLV= US\$ 125/mes)
Jornaleo	125<250
Agricultura tradicional	125<250
Aprovechamiento de maderas	250

*SMLV= Salario Mínimo Legal Vigente

En cambio, en la situación con proyecto, los ingresos medios de los productores rurales pueden pasar a ser los que se presentan en la tabla 5.

Tabla 5. Ingresos medios mensuales indicativos de un productor rural por diferentes conceptos en el escenario con proyecto bajo dos arreglos productivos diferentes y asumiendo una reconversión agropecuaria en 80 hectáreas de plantaciones y un manejo de 100 ha en bosques naturales.

Actividad Productiva	Ingresos Medios Mensuales (SMLV= US\$ 125/mes)	Observaciones
ARREGLO 1: Todas las alternativas en la misma unidad productiva		
Agroforestal (20 Ha)	260+CERTs	Menores costos de producción
SILVOPASTORIL (20 Ha)	259+CERTs	Mejor rendimiento cabeza / área, tiempo de levante y menores costos de producción
Plantaciones Forestales (20 Ha)	126+CERTs	Rendimientos esperados son muy significativos a largo plazo
Plantaciones Energéticas (20 Ha)	100+CERTs	Ingresos fijos adicionales a otros ingresos mensuales; rehabilita tierras, mercado cautivo
Manejo de Bosques (100 Ha)	<125+CERTs	Bajos ingresos pero inexistentes previamente y adicionales a otros ingresos mensuales
Aprovechamiento de Maderas (100 Ha)	<125	Menores que antes pero sostenidos en el tiempo y el área. Adicionales a otros ingresos mensuales
Total Esperado (80+100 Ha)	>750+CERTs	Ingresos mensuales totales mejoran paulatinamente y son sostenidos; hay acumulación de capital muy significativa

ARREGLO 2: Agroforestal + Plantaciones Energéticas+ Manejo de Bosques		
Agroforestal (60 Ha)	807+CERTs	Como en agricultura pero con menores costos de producción
Plantaciones Energéticas (20 Ha)	100	Ingresos fijos adicionales a otros ingresos mensuales; rehabilita tierras, mercado cautivo
Manejo de Bosques (100 Ha)	<125+CERTs	Bajos ingresos pero inexistentes previamente y adicionales a otros ingresos mensuales
Aprovechamiento de Maderas (100 Ha)	<125	Menores que antes pero sostenidos en el tiempo y el área. Adicionales a otros ingresos mensuales
Total Esperado	>907+CERTs	Ingresos mensuales totales mayores que en línea base; mejor flujo mensual pero menor acumulación de capital que en arreglo 1

La tabla 6 establece una comparación entre los ingresos de los productores bajo las situaciones sin proyecto y con proyecto.

Tabla 6. Ingresos medios por hectárea para un productor rural en la línea base y con proyecto.

ESCENARIO	ACTIVIDAD	\$/ha/mes	Us\$/ha/mes
Línea base	Ganadería en áreas deforestadas	2,455	1.23
	Aprovechamiento del bosque natural*	23,125	11.56
	Agricultura en áreas deforestadas	0	-
Escenario con proyecto	Agroforestal (Sin ingresos por palma)	12,500	6.25
	Venta de fruto de palma por sistema		
	• Sistema Forestal	4,702	2.35
	• Sistema para Biodiesel	11,989	5.99
	• Sistema Agroforestal	2,939	1.47
	Venta de madera fina por sistema		
	• Forestal	18,000	9.00
	• Agroforestal	12,000	6.00
	Ingresos totales por sistema		
	• Sistema Forestal**	22,702	11.35
	• Sistema para Biodiesel	11,989	5.99
	• Sistema Agroforestal **	27,439	13.72

* Estas utilidades se calcularon para madera aserrada en campo. ** Estas utilidades se toman para la madera en pie.

En la figura 7 se trabajaron las cifras de las tablas anteriores para proporcionar una idea visual de los impactos del proyecto en los ingresos medios de las familias campesinas.

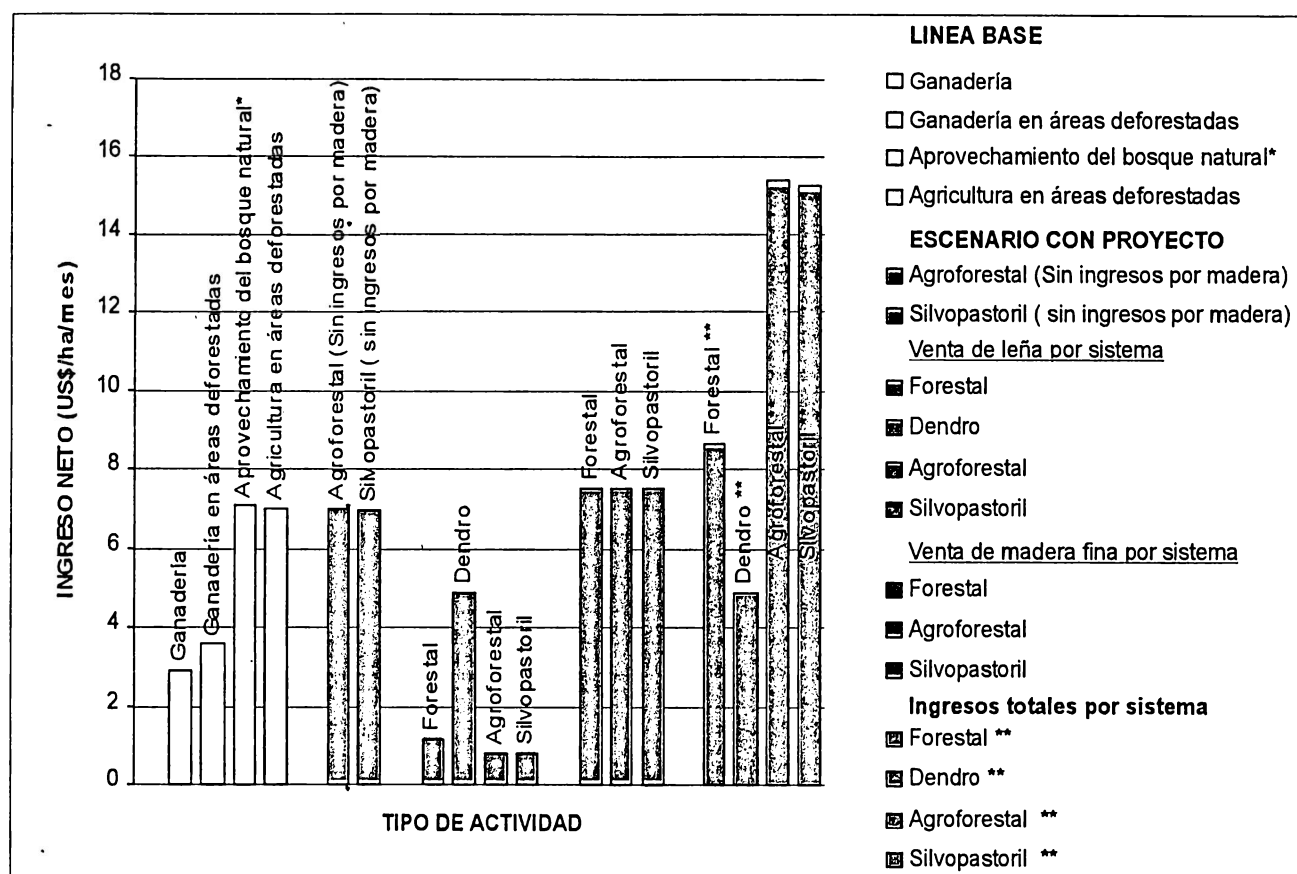


Figura 7. Ingresos netos mensuales por tipo de actividad (US\$/ha).

* Estas utilidades se calcularon para madera aserrada en campo. ** Estas utilidades se toman para la madera en pie.

La tabla 7 establece una comparación para las posibilidades de acumulación de capital de los productores rurales en las situaciones sin y con proyecto.

Tabla 7. Comparación de acumulación de capital para el productor rural entre los escenarios sin proyecto y con proyecto.

SITUACIÓN SIN PROYECTO		SITUACIÓN CON PROYECTO	
Item (US\$/ha)	Valor	Item (US\$/ha)	Valor
Tierras erosionadas	100	Tierras sin erosión	>100
Pastos	100	Pastos	100
		Plantaciones (en pie)	100.000
Bosques sin manejo (Rendimiento de creciente)	<100	Bosques con manejo (rendimiento sostenido)	>100
Infraestructura	250	Infraestructura	>250
Otros	= 0	CERTS, agua, fauna	> 0

La tabla 8 presenta una comparación para la generación de empleo en los dos escenarios: sin proyecto y con proyecto.

Tabla 8. Comparación en la generación de empleo por actividad en la línea base y en el escenario con proyecto. El número de empleos se ha estimado con base en los costos de diferentes actividades productivas expresados como jornales.

Escenario	Nro. de empleos generados	Area Utilizada (Ha)	Relación ha/Empleo
ESCENARIO SIN PROYECTO			
• Aprovechamiento del bosque natural	53	800	15
• Agricultura en áreas deforestadas	167	800	5
ESCENARIO CON PROYECTO			
• Sistema Forestal	357	5,000	14
• Sistema para Biodiesel	250	3,500	14
• Sistema Agroforestal	357	5,000	14

Finalmente, en la tabla 9 se presenta el tamaño de la población objetivo y el nivel de inversión en transferencia tecnológica y capacitación para el proyecto.

Tabla 9. Tamaño de la población objetivo y nivel de inversión en transferencia tecnológica y capacitación.

Nº	Entidad responsable y/o ejecutora	Region natural	Duración del proyecto	Número de personas				Total Personas	Costo (us\$)
				Formación de capacidades		Transferencia de tecnología			
				Anual	Total	Anual	Total		
1	ACIA	Pacífico	25 años	300	7.500	50	1.250	8.750	7.500.000

3.2. Manejo de bosques, sistemas forestales, agroforestales y dendroenergéticos para la optimización económica, social y ambiental del uso de la tierra en el Municipio de Calamar, Amazonia Colombiana

Esta sección del documento del proyecto forestal MDL, formulado y a ser ejecutado por ACOFORE, con el apoyo de entidades gubernamentales como la Alcaldía de Calamar, entre otras, describe a continuación los objetivos general y específicos, y las estrategias previstas. El proyecto tiene una duración de 25 años y pretende contribuir en forma sustantiva al desarrollo sostenible de la amazonia noroccidental.

Objetivo general o de desarrollo

El objetivo general propuesto por el proyecto corresponde a: alcanzar un mejor manejo y rendimiento socioeconómico y ambiental en el uso de la tierra y de los recursos forestales, de aguas, de suelos, de biodiversidad y de la atmósfera en el municipio de Calamar.

Objetivos específicos

Los objetivos específicos se han agrupado en dos conjuntos para una mejor comprensión del proyecto y de medición de sus resultados: objetivos relacionados con el desarrollo de la región y objetivos relacionados con el MDL.

Objetivos específicos relacionados con el desarrollo de la región:

- Reconvertir en el municipio de Calamar 14.000 hectáreas con sistemas productivos agropecuarios

extensivos y de agricultura itinerante hacia sistemas forestales, agroforestales y silvopastoriles.

- Establecer un proyecto piloto dendroenergético para la Amazonia de 3Mw basado en la utilización de maderas provenientes de plantaciones forestales y de arreglos agroforestales y silvopastoriles en tierras deforestadas y degradadas por operaciones ganaderas y agrícolas.
- Conservar, preservar y utilizar sosteniblemente 100.000 hectáreas de bosque natural que hacen parte de la reserva forestal de la Amazonia como estrategia para proteger el Parque Nacional Natural Serranía de Chiribiquete y para la prestación de servicios relativos a los suelos, las aguas, la diversidad biológica y la atmósfera.

Relacionados con el Mecanismo de Desarrollo Limpio:

- Fijación de 3'915.944 toneladas de CO₂ en 15.350 ha de plantaciones forestales en los 25 años de vida del proyecto
- Sustitución de 216.206 toneladas de CO₂ provenientes de la quema de combustibles fósiles durante el mismo período
- Reducción de 30'880.340 toneladas de CO₂ provenientes de la conservación de 100.000 ha de bosques naturales

Estrategias:

Las estrategias de gestión para la ejecución del proyecto que se han seleccionado buscan garantizar los más altos

niveles de consecución de los resultados esperados y de consolidación de las condiciones para la permanencia y continuidad de las acciones, impactos y resultados previstos en el proyecto.

- Propiciar alianzas estratégicas equitativas entre diferentes actores y sectores para el desarrollo de la región, incluyendo la organización y creación de instituciones apropiadas para la transformación y la comercialización de productos y de servicios, y para el desarrollo empresarial.
- Incrementar las capacidades humanas para avanzar y consolidar el proceso de ordenamiento territorial y uno de zonificación para el uso de la tierra en las unidades productivas individuales.
- Incrementar las capacidades humanas en la adopción y el desarrollo de tecnología apropiada para la producción agropecuaria y el manejo de recursos naturales, particularmente, mediante la incorporación de elementos, prácticas y sistemas forestales en la producción agropecuaria de manera que la utilización

multifuncional de la tierra permita también la prestación de servicios públicos y ambientales.

- Utilizar recursos forestales para rehabilitar y desarrollar los suelos, para la producción de energéticos renovables, y la energía eléctrica resultante para la incorporación de valor agregado en la producción agropecuaria.
- Mejorar la relación existente entre el área de producción utilizada y el número de empleos directos generados.
- Establecer un sistema de certificación de productos y servicios y crear vínculos con mercados internos y externos interesados en productos y servicios de origen sostenible.

Al igual que en el caso anterior, se presentan las tablas y las figuras que resumen los aspectos centrales del proyecto bajo la óptica de la presentación y del seminario.

Tabla 10. Reducciones, fijaciones y sustituciones de emisiones de CO₂ en la zona del proyecto durante 25 años debidas a la conservación de bosques, el establecimiento de plantaciones forestales y el cambio de combustibles fósiles por biocombustibles.

AÑO	REDUCCIÓN	FIJACION	SUSTITUCION	TOTALES
1	280,628	1,681	6,359	288,668
2	1,274,988	37,662	6,359	1,319,009
3	1,274,988	73,643	6,359	1,354,990
4	1,274,988	109,624	6,359	1,390,971
5	1,274,988	179,904	9,084	1,463,976
6	1,274,988	178,396	9,084	1,462,469
7	1,274,988	176,889	9,084	1,460,962
8	1,274,988	175,382	9,084	1,459,454
9	1,274,988	173,875	9,084	1,457,947
10	1,274,988	172,367	9,084	1,456,440
11	1,274,988	173,726	9,084	1,457,798
12	1,274,988	175,085	9,084	1,459,157
13	1,274,988	176,444	9,084	1,460,516
14	1,274,988	177,802	9,084	1,461,875
15	1,274,988	179,161	9,084	1,463,234
16	1,274,988	177,669	9,084	1,461,741
17	1,274,988	176,176	9,084	1,460,249
18	1,274,988	174,684	9,084	1,458,756
19	1,274,988	173,192	9,084	1,457,264
20	1,274,988	171,699	9,084	1,455,771
21	1,274,988	173,192	9,084	1,457,264
22	1,274,988	174,684	9,084	1,458,756
23	1,274,988	176,176	9,084	1,460,249
24	1,274,988	177,669	9,084	1,461,741
25	1,274,988	179,161	9,084	1,463,234
TOTAL	30,880,340	3,915,944	216,206	35,012,490

Tabla 11. Ingresos medios mensuales de un productor rural por diferentes conceptos en la línea base.

ACTIVIDAD PRODUCTIVA	INGRESOS MEDIOS MENSUALES (SMLV* = US\$ 125/mes)
Jornaleo	125<250
Agricultura Tradicional	125<250
Aprovechamiento de Maderas	250
Ganadería	250<375
Cultivo de Coca	375<500

*SMLV= Salario Mínimo Legal Vigente.

Tabla 12. Ingresos medios mensuales de un productor rural por diferentes conceptos en el escenario con proyecto bajo tres arreglos productivos diferentes y asumiendo una reconversión agropecuaria en 80 hectáreas de plantaciones y un manejo de 100 ha en bosques naturales.

ACTIVIDAD PRODUCTIVA	INGRESOS MEDIOS MENSUALES (SMLV = US\$ 125/mes)	OBSERVACIONES
ARREGLO 1: Todas las alternativas en la misma unidad productiva		
Agroforestal (20 Ha)	260+CERTs	Menores costos de producción
Silvopastoril (20 Ha)	259+CERTs	Mejor rendimiento cabeza / área, tiempo de levante y menores costos de producción
Plantaciones Forestales (20 Ha)	126+CERTs	Rendimientos esperados son muy significativos a largo plazo
Plantaciones Energéticas (20 Ha)	100+CERTs	Ingresos fijos adicionales a otros ingresos mensuales; rehabilita tierras, mercado cautivo
Manejo de Bosques (100 Ha)	<125+CERTs	Bajos ingresos pero inexistentes previamente y adicionales a otros ingresos mensuales
Aprovechamiento de Maderas (100 Ha)	<125	Menores que antes pero sostenidos en el tiempo y el área. Adicionales a otros ingresos mensuales
Total Esperado (80+100 Ha)	>750+CERTs	Ingresos mensuales totales mejoran paulatinamente y son sostenidos; hay acumulación de capital muy significativa
ARREGLO 2: Silvopastoril + Plantaciones Energéticas + Manejo de Bosques		
Silvopastoril (60 Ha)	777+CERTs	Con mejor rendimiento cabeza / área, tiempo de levante y menores costos de producción
Plantaciones Energéticas (20 Ha)	100+CERTs	Ingresos fijos adicionales a otros ingresos mensuales; rehabilita tierras, mercado cautivo
Manejo de Bosques (100 Ha)	<125+CERTs	Bajos ingresos pero inexistentes previamente y adicionales a otros ingresos mensuales
Aprovechamiento de Maderas (100 Ha)	<125	Menores que antes pero sostenidos en el tiempo y el área. Adicionales a otros ingresos mensuales
Total Esperado	>877+CERTs	Ingresos mensuales totales mayores que en línea base; mejor flujo mensual pero menor acumulación de capital que en arreglo 1
ARREGLO 3: Agroforestal + Plantaciones Energéticas + Manejo de Bosques		
Agroforestal (60 Ha)	807+CERTs	Como en agricultura pero con menores costos de producción
Plantaciones Energéticas (20 Ha)	100	Ingresos fijos adicionales a otros ingresos mensuales; rehabilita tierras, mercado cautivo
Manejo de Bosques (100 Ha)	<125+CERTs	Bajos ingresos pero inexistentes previamente y adicionales a otros ingresos mensuales
Aprovechamiento de Maderas (100 Ha)	<125	Menores que antes pero sostenidos en el tiempo y el área. Adicionales a otros ingresos mensuales
Total Esperado	>907+CERTs	Ingresos mensuales totales mayores que en línea base; mejor flujo mensual pero menor acumulación de capital que en arreglo 1

Tabla 13. Ingresos medios por hectárea para un productor rural en la línea base y con proyecto.

ESCENARIO	ACTIVIDAD	\$/ha/mes	US\$/ha/mes
LINEA BASE	Ganadería	5.783	2,89
	Ganadería en áreas deforestadas	10.298	5,15
	Aprovechamiento del bosque natural*	14.063	7,03
	Agricultura en áreas deforestadas	14.038	7,02
ESCENARIO CON PROYECTO	Agroforestal (Sin ingresos por madera)	14.038	7,02
	Silvopastoril (sin ingresos por madera)	13.903	6,95
	Venta de leña por sistema	.	.
	• Forestal	2.284	1,14
	• Dendro	9.788	4,89
	• Agroforestal	1.631	0,82
	• Silvopastoril	1.631	0,82
	Venta de madera fina por sistema		
	• Forestal	10.383	5,19
	• Agroforestal	10.383	5,19
	• Silvopastoril	10.383	5,19
	INGRESOS TOTALES POR SISTEMA		
	• Forestal **	12.667	6,33
	• Dendro **	9.788	4,89
	• Agroforestal **	26.052	13,03
	• Silvopastoril **	25.917	12,96

* Estas utilidades se calcularon para madera aserrada en campo

** Estas utilidades se toman para la madera en pie.

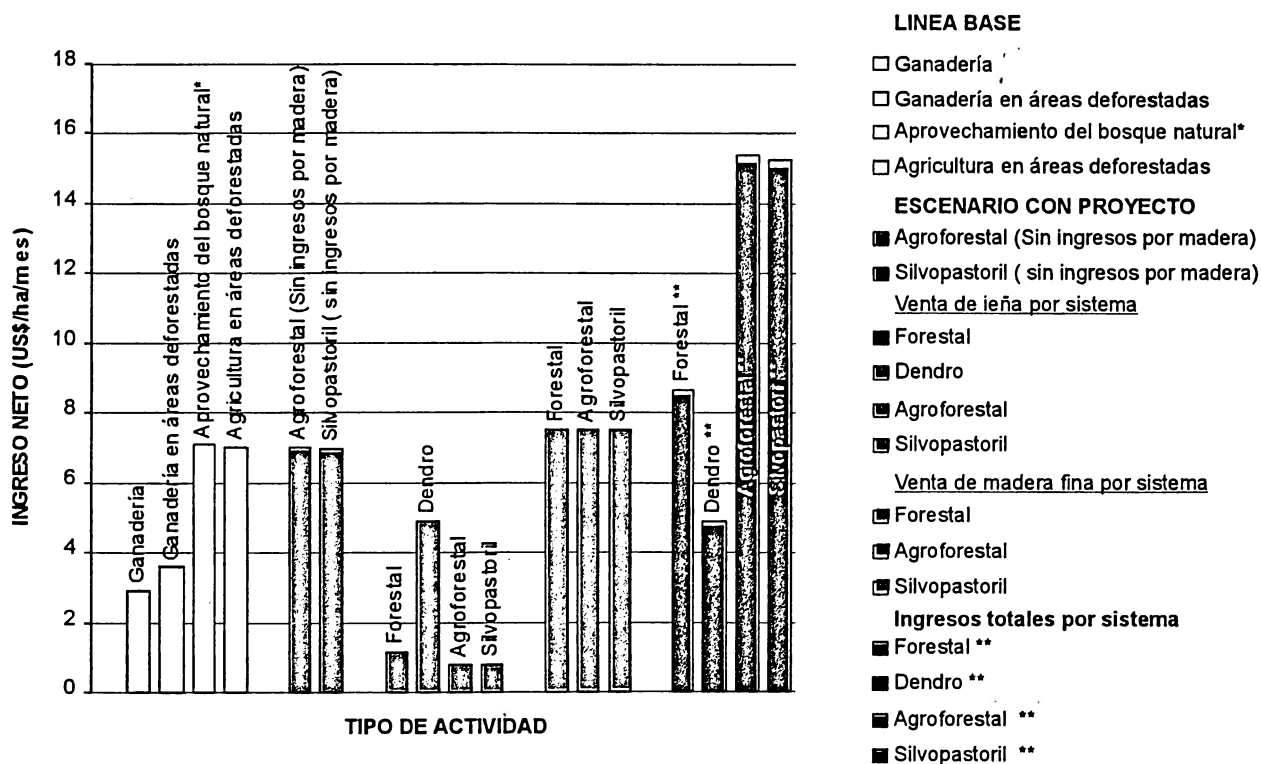


Figura 8. Ingresos netos mensuales por tipo de actividad (US\$/ha).

* Estas utilidades se calcularon para madera aserrada en campo. ** Estas utilidades se toman para la madera en pie.

Tabla 14. Comparación de acumulación de capital para el productor rural entre los escenarios sin proyecto y con proyecto.

SITUACION SIN PROYECTO		SITUACION CON PROYECTO	
ITEM (US\$/ha)	VALOR	ITEM (US\$/ha)	VALOR
Tierras erosionadas	100	Tierras sin erosión	>100
Pastos	100	Pastos	100
		Plantaciones (en pie)	100.000
Bosques sin manejo (rendimiento de creciente)	<100	Bosques con manejo (rendimiento sostenido)	>100
Infraestructura	250	Infraestructura	>250
Otros	= 0	CERTS, agua, fauna	> 0

Tabla 15. Valor indicativo de venta de productos agropecuarios sin y con procesamiento industrial. Pesos en kilos o toneladas y precios en dólares americanos.

PRODUCTO	PRESENTACIÓN ACTUAL	PRECIO DE VENTA (US\$)	PRESENTACIÓN FUTURA	PRECIO DE VENTA (US\$)
CARNE DE RES	Producto fresco pencedero (k)	1,28	No pencedero, congelado, empacado (k)	2,5
PLATANO	Producto fresco (t)	140	Pasabocas	2.000
YUCA	Producto fresco (t)	200	Pasabocas	3.000
MAÍZ	Producto fresco (t)	280	Pasabocas	5.000

Tabla 16. Comparación en la generación de empleo por actividad en la línea base y en el escenario con proyecto. El número de empleos se ha estimado con base en los costos de diferentes actividades productivas expresados como jornales.

ESCENARIO	# DE EMPLEOS GENERADOS	AREA UTILIZADA (HA)	RELACIÓN HA/EMPLEO
ESCENARIO SIN PROYECTO			
• GANADERÍA	8	15.350	2.000
• GANADERÍA EN ÁREAS DEFORESTADAS	4	4.000	1.111
• APROVECHAMIENTO DEL BOSQUE NATURAL	40	4.000	100
• AGRICULTURA EN ÁREAS DEFORESTADAS	417	2.000	5
	468	25.350	54
ESCENARIO CON PROYECTO			
• FORESTAL	143	2.000	14
• DENDROENERGÉTICO	239	3.350	14
• AGROFORESTAL	357	5.000	14
• SILVOPASTORIL	357	5.000	14
	1.096	15.350	14

Tabla 17. Tamaño de la población objetivo y nivel de inversión en transferencia tecnológica y capacitación.

Nº	Entidad responsable y/o ejecutora	Región Natural	Duración del proyecto	Número de personas				Total personas	COSTO (us\$)
				Formación de capacidades		Transferencia de tecnología			
				Anual	Total	Anual	Total		
2	ACOFORE	Amazonia	25 años	400	10.000	50	1.250	11.250	9.375.000

3.3. *Conversión de tierras sometidas a ganadería extensiva y agricultura itinerante a sistemas forestales, agroforestales y silvopastoriles de producción rural y de generación de energía en el municipio de puerto carreño, orinoquia colombiana*

Esta sección del documento del proyecto forestal MDL, formulado y a ser ejecutado por CORPOICA, con el apoyo de entidades gubernamentales como la Gobernación del Guaviare, entre otras, describe a continuación los objetivos general y específicos, y las estrategias que se consideran apropiadas para la ejecución del proyecto. El proyecto tiene una duración de 25 años y pretende contribuir en forma sustantiva al desarrollo sostenible de la Orinoquia.

Objetivo general o de desarrollo

El objetivo general propuesto por el proyecto corresponde a:

Transformar los sistemas productivos actuales del municipio de Puerto Carreño basados en ganadería extensiva y en agricultura itinerante por sistemas basados en plantaciones forestales, sistemas agroforestales y silvopastoriles.

Objetivos específicos

Relacionados con el desarrollo de la región

- 1) Reconvertir en el municipio de Puerto Carreño 18.000 hectáreas con sistemas productivos agropecuarios extensivos y de agricultura itinerante hacia sistemas forestales, agroforestales y silvopastoriles.
- 2) Establecer una planta dendroenergética de 3,0 Mw en el municipio de Puerto Carreño para la utilización de maderas provenientes de plantaciones forestales y de arreglos agroforestales y silvopastoriles en tierras deforestadas y degradadas por operaciones ganaderas.
- 3) Conservar, preservar y utilizar sosteniblemente 25.000 hectáreas de bosque natural de galería en el municipio de Puerto Carreño.
- 4) Eliminar la práctica de quemas anuales de pastizales en 18.000 ha de tierra y someterlas a sistemas productivos forestales.

Relacionados con el Mecanismo de Desarrollo Limpio

- 1) Fijar 46.200 toneladas / año de carbono atmosférico en 18.000 ha de suelos y plantaciones forestales de propósito múltiple.

- 2) Sustituir 156.090 toneladas / año de emisiones de CO₂ provenientes de la generación de 3,0 Mw de energía con combustibles fósiles.
- 3) Garantizar el almacenamiento de 156.090 de toneladas de carbono atmosférico en 25.000 hectáreas de bosques naturales.

Además, se pretende eliminar las emisiones de CO₂ provenientes de la quema anual de pastos en 18.000 ha de tierras agropecuarias⁶.

Estrategias

Las estrategias de gestión para la ejecución del proyecto que se han seleccionado buscan garantizar los más altos niveles de consecución de los resultados esperados y de consolidación de las condiciones para la permanencia y continuidad de las acciones, impactos positivos y resultados previstos en el proyecto.

- 1) Propiciar alianzas estratégicas equitativas entre diferentes actores y sectores para el desarrollo de la región, incluyendo la organización y creación de instituciones apropiadas para la transformación y la comercialización de productos y de servicios, y para el desarrollo empresarial.
- 2) Incrementar las capacidades humanas para avanzar y consolidar el proceso de ordenamiento territorial y uno de zonificación para el uso de la tierra en las unidades productivas individuales.
- 3) Incrementar las capacidades humanas en la adopción y el desarrollo de tecnología apropiada para la producción agropecuaria y el manejo de recursos naturales, particularmente, mediante la incorporación de elementos, prácticas y sistemas forestales en la producción agropecuaria de manera que la utilización multifuncional de la tierra permita también la prestación de servicios públicos y ambientales.
- 4) Utilizar recursos forestales para rehabilitar y desarrollar los suelos, para la producción de energéticos renovables, y la energía eléctrica resultante para la incorporación de valor agregado en la producción agropecuaria.
- 5) Mejorar la relación existente entre el área de producción utilizada y el número de empleos directos generados.

⁶ Estas emisiones o reducciones no se contabilizaron en el proyecto debido a que se asumió que las pérdidas de biomasa debidas a las quemas eran recuperadas por el crecimiento subsiguiente de los pastos.

- 6) Establecer un sistema de certificación de productos y servicios y crear vínculos con mercados internos y externos interesados en productos y servicios de origen sostenible.
- 7) Proporcionar alternativas apropiadas de manejo a los productores rurales para evitar el uso del

fuego como herramienta de manejo de malezas y de pastizales.

Como en el primer caso, se presentan las tablas y la figura que resumen los aspectos centrales del proyecto bajo la óptica de la presentación y del seminario.

Tabla 18. Reducciones, fijaciones y sustituciones de emisiones de CO₂ en la zona del proyecto (toneladas equivalentes de CO₂) durante 25 años debidas a la conservación de bosques, el establecimiento de plantaciones forestales y el cambio de combustibles fósiles por biocombustibles.

AÑO	BALANCE DE EMISIONES DE CO ₂			
	REDUCCIONES	FIJACION	SUSTITUCION	TOTAL
1	34,340	9,240	0	43,580
2	156,090	18,480	0	174,570
3	156,090	27,720	0	183,810
4	156,090	36,960	0	193,050
5	156,090	46,200	9,084	211,374
6	156,090	46,200	9,084	211,374
7	156,090	46,200	9,084	211,374
8	156,090	46,200	9,084	211,374
9	156,090	46,200	9,084	211,374
10	156,090	46,200	9,084	211,374
11	156,090	46,200	9,084	211,374
12	156,090	46,200	9,084	211,374
13	156,090	46,200	9,084	211,374
14	156,090	46,200	9,084	211,374
15	156,090	46,200	9,084	211,374
16	156,090	46,200	9,084	211,374
17	156,090	46,200	9,084	211,374
18	156,090	46,200	9,084	211,374
19	156,090	46,200	9,084	211,374
20	156,090	46,200	9,084	211,374
21	156,090	46,200	9,084	211,374
22	156,090	46,200	9,084	211,374
23	156,090	46,200	9,084	211,374
24	156,090	46,200	9,084	211,374
25	156,090	46,200	9,084	211,374
TOTAL	3,780,500	1,062,600	190,767	5,033,866

Tabla 19. Ingresos medios mensuales de un productor rural por diferentes conceptos en la línea base. *SMLV= Salario Mínimo Legal Vigente.

ACTIVIDAD PRODUCTIVA	INGRESOS MEDIOS MENSUALES (SMLV*= US\$ 125/MES)
Jornaleo	<150
Agricultura tradicional	125<250
Aprovechamiento de maderas	300
Ganadería	<350

Tabla 20. Ingresos medios mensuales de un productor rural por diferentes conceptos en el escenario con proyecto bajo tres arreglos productivos diferentes y asumiendo una reconversión agropecuaria en 80 hectáreas de plantaciones y un manejo de 100 ha en bosques naturales.

ACTIVIDAD PRODUCTIVA	INGRESOS MEDIOS MENSUALES (SMLV= US\$ 125/MES)	OBSERVACIONES
ARREGLO 1: Todas las alternativas en la misma unidad productiva		
Agroforestal (20 Ha)	260+CERTs	Menores costos de producción
Silvopastoril (20 Ha)	259+CERTs	Mejor rendimiento cabeza / área, tiempo de levante y menores costos de producción
Plantaciones forestales (20 Ha)	126+CERTs	Rendimientos esperados son muy significativos a largo plazo
Plantaciones energéticas (20 Ha)	100+CERTs	Ingresos fijos adicionales a otros ingresos mensuales; rehabilita tierras, mercado cautivo
Manejo de bosques (100 Ha)	<125+CERTs	Bajos ingresos pero inexistentes previamente y adicionales a otros ingresos mensuales
Aprovechamiento de maderas (100 Ha)	<125	Menores que antes pero sostenidos en el tiempo y el área. Adicionables a otros ingresos mensuales
Total esperado (80+100 Ha)	>750+CERTs	Ingresos mensuales totales mejoran paulatinamente y son sostenidos; hay acumulación de capital muy significativa
ARREGLO 2: Silvopastoril + Plantaciones Energéticas + Manejo de Bosques		
Silvopastoril (60 Ha)	777+CERTs	Con mejor rendimiento cabeza / área, tiempo de levante y menores costos de producción
Plantaciones energéticas (20 Ha)	100+CERTs	Ingresos fijos adicionales a otros ingresos mensuales; rehabilita tierras, mercado cautivo
Manejo de bosques (100 Ha)	<125+CERTs	Bajos ingresos pero inexistentes previamente y adicionales a otros ingresos mensuales
Aprovechamiento de maderas (100 Ha)	<125	Menores que antes pero sostenidos en el tiempo y el área. Adicionables a otros ingresos mensuales
Total esperado	>877+CERTs	Ingresos mensuales totales mayores que en línea base; mejor flujo mensual pero menor acumulación de capital que en arreglo 1
ARREGLO 3: Agroforestal + Plantaciones Energéticas + Manejo de Bosques		
Agroforestal (60 Ha)	807+CERTs	Como en agricultura pero con menores costos de producción
Plantaciones energéticas (20 Ha)	100	Ingresos fijos adicionales a otros ingresos mensuales; rehabilita tierras, mercado cautivo
Manejo de bosques (100 Ha)	<125+CERTs	Bajos ingresos pero inexistentes previamente y adicionales a otros ingresos mensuales
Aprovechamiento de maderas (100 Ha)	<125	Menores que antes pero sostenidos en el tiempo y el área. Adicionables a otros ingresos mensuales
Total esperado	>907+CERTs	Ingresos mensuales totales mayores que en línea base; mejor flujo mensual pero menor acumulación de capital que en arreglo 1

Tabla 21. Ingresos medios por hectárea para un productor rural en la línea base y con proyecto.

	ACTIVIDAD	S/ha/mes	Us\$/ha/mes
LÍNEA BASE	Ganadería	492	0,25
	Ganadería en áreas deforestadas	412	0,21
	Aprovechamiento del bosque natural*	5.833	2,92
	Agricultura en áreas deforestadas	-	-
ESCENARIO CON PROYECTO	Agroforestal (Sin ingresos por madera)	14.038	7,02
	Silvopastoril (sin ingresos por madera)	2.680	1,34
	Venta de leña por sistema		
	Forestal	2.455	1,23
	Dendro	8.416	4,21
	Agroforestal	1.753	0,88
	Silvopastoril	1.753	0,88
	Venta de madera fina por sistema		
	Forestal	15.000	7,50
	Agroforestal	15.000	7,50
	Silvopastoril	15.000	7,50
	Ingresos totales por sistema		
	Forestal **	17.455	8,73
	Dendro **	8.416	4,21
	Agroforestal **	30.791	15,40
	Silvopastoril **	19.433	9,72

* Estas utilidades se calcularon para madera aserrada en campo

** Estas utilidades se toman para la madera en pie

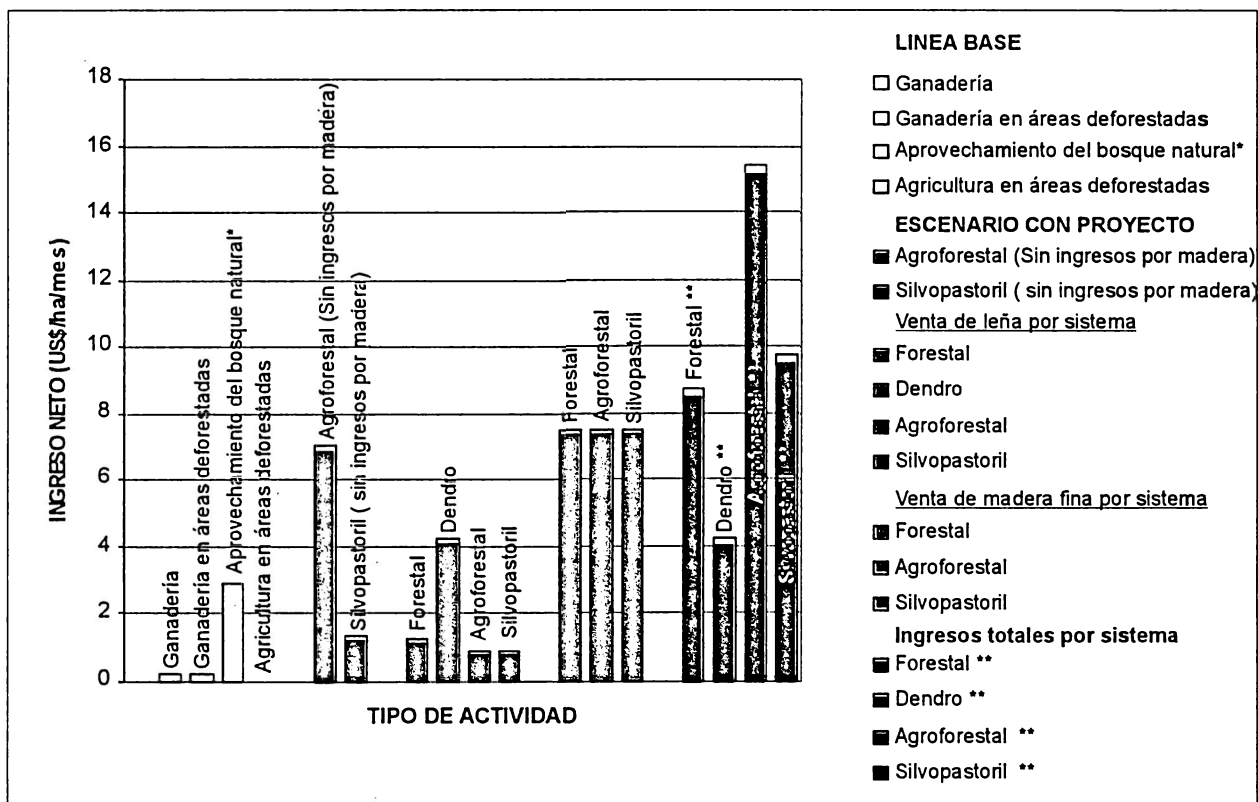


Figura 9. Ingresos medios por hectárea para un productor rural en la línea base y con proyecto.

* Estas utilidades se calcularon para madera aserrada en campo ** Estas utilidades se toman para la madera en pie.

Tabla 22. Comparación de acumulación de capital para el productor rural entre los escenarios sin proyecto y con proyecto.

SITUACIÓN SIN PROYECTO		SITUACIÓN CON PROYECTO	
ITEM (US\$/HA)	VALOR	ITEM (US\$/HA)	VALOR
Tierras erosionadas	100	Tierras sin erosión	>100
Pastos	100	Pastos	100
Bosques sin manejo (rendimiento decreciente)	<100	Plantaciones (en pie)	100.000
		Bosques con manejo (rendimiento sostenido)	>100
Infraestructura	250	Infraestructura	>250
Otros	= 0	CERTS, agua, fauna	> 0

Tabla 23. Comparación en la generación de empleo por actividad en la línea base y en el escenario con proyecto. El número de empleos se ha estimado con base en los costos de diferentes actividades productivas expresados como jornales.

ACTIVIDAD	EMPLEO	HA	HA / EMPLEO
ESCENARIO SIN PROYECTO			
Ganadería	11	18.000	1.667
Ganadería en áreas deforestadas	0,30	1.000	3.333
Aprovechamiento del bosque natural	17	1.000	58
Agricultura en áreas deforestadas	417	2.000	5
	445	22.000	49
ESCENARIO CON PROYECTO			
Forestal	179	2.500	14
Dendroenergético	286	4.000	14
Agroforestal	214	3.000	14
Silvopastoril	607	8.500	14
Total	1.286	18.000	14

Tabla 24. Tamaño de la población objetivo y nivel de inversión en transferencia tecnológica y capacitación.

Nº	Entidad responsable y/o ejecutora	Región natural	Duración del proyecto	Número de personas				Total personas	Costo (us\$)
				Formación de capacidades		Transferencia de tecnología			
				Anual	Total	Anual	Total		
7	CORPOICA	Orinoquia	25 años	100	2.500	25	625	3.125	2.812.500

4. Conclusiones

Como expresó al inicio, aquí se pretendía mostrar como algunas de las tendencias internacionales en materia de desarrollo sostenible y de energía pueden ser aprovechadas ventajosamente por un país como Colombia para promover su desarrollo tecnológico, económico, social y ambiental, y para consolidar procesos que apunten hacia la consecución y el mantenimiento de un estado de convivencia pacífica estable, segura y duradera, particularmente en el ámbito rural.

La ponencia hizo referencia a las potencialidades que la producción de biomasa forestal como combustible

para la generación de energía eléctrica tiene con respecto a:

- la generación de empleo
- el incremento de los ingresos medios mensuales para familias campesinas
- la sustitución de cultivos ilícitos
- la rehabilitación de tierras degradadas
- el manejo sostenible de recursos naturales
- la dinamización de economías locales

Mediante el estudio de los tres proyectos presentados como estudios de caso, es posible esperar que los seis anteriores aspectos sean impactados positivamente por proyectos de energización rural basados en la

producción y el uso de biomasa cultivada como alternativa a la utilización de combustibles fósiles.

5. Bibliografía

Fedegan-FNG, 1997. La ganadería bovina en Colombia 1996-1997. San Martín Obregón y Compañía. Santa Fe de Bogotá.

HORTA-NOGUEIRA, L.A., E.E. Silva-Lora, M.A. Trossero y T. Frisk. 1998. Dendroenergía: Fundamentos y Aplicaciones. FAO/FOD/FOWP/WETT-Red Latinoamericana de Cooperación Técnica en Dendroenergía. Manuscrito sin publicar. 129p.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), 1988. Suelos y Bosques de Colombia. Bogotá. 134p.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). 1995. Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación, distribución y uso. Santa Fe de Bogotá D.C. 632p.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 1996. Anuario Estadístico del sector agropecuario y pesquero 1995-1996. Santa Fe de Bogotá. 193p.

VILLA, A. 1998. Sostenibilidad y Medio Ambiente: políticas, estrategias y caminos de acción. Mision Rural, vol. 4. IICA/Tercer Mundo Editores. Santa Fe de Bogotá. 95p.

VILLA, A. 1999. Estrategias forestales de sostenibilidad y competitividad para las exportaciones de carbón colombiano en el periodo 1999-2010. Consultoría para la Unidad de Planificación Minero-Energética-UPME del Ministerio de Minas y Energía. Informe final.

VILLA, A. 2000. Estudio Estratégico Básico para el Aprovechamiento del MDL en Colombia, Componente específico 2 (Forestal). Informe final del Consultor Nacional presentado al Ministerio del Medio Ambiente.

ⁱ Ver <http://www.unfccc.de> para los textos completos de la Convención, del Protocolo de Kioto y para obtener información y vínculos adicionales.

ⁱⁱ Los principales gases con efecto invernadero para la Convención son:

Dióxido de carbono (CO₂)

Metano (CH₄)

Oxido nitroso (N₂O)

Hidrofluorocarbonos (HFC)

Perfluorocarbonos (PFC)

Hexafloruro de azufre (SF₆)