

18/05/03  
309p

\$100000=

11/11/2003

BIBLIOTECA AGROPECUARIA  
DE COLOMBIA



## **PLAN DE AGROFORESTERIA**

# **IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGROFORESTALES**

**IICA / PROCIANDINO  
RED DE INVESTIGACIÓN  
EN SISTEMAS AGROFORESTALES  
-REDISAF-**

**Bogotá, junio de 2003**



## JUNTA DIRECTIVA

### Principales

**Carlos Gustavo Cano Sanz**  
Presidente  
Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

**Álvaro Abisambra Abisambra**  
Representante del ICA

**Camilo Aldana Vargas**  
Representante  
Centros de Investigación Privados y Asociados

**Jaime Giraldo Saavedra**  
Subdirector Técnico – Fedegán

**Gabriel Cadena Gómez**  
Representante de los Gremios Asociados

**German Arteaga Meneces**  
Representante de las Universidades Asociadas

**Guillermo Alfonso Jaramillo**  
Representante de las Entidades  
Territoriales Asociadas

**Eduardo Villota Ortega**  
Representante de las Juntas Regionales  
o Centros de Investigación

### Cuerpo Directivo

**Luis Arango Nieto**  
Director Ejecutivo

**Tito E. Díaz Muñoz**  
Subdirector de Investigación e Innovación

**Juan G. Jaramillo Vásquez**  
Subdirector de Desarrollo  
Tecnológico Ecorregional

**Luis Alfonso Támara García**  
Subdirector Financiero Nacional

**Carlos Fernando Ortiz Gómez**  
Secretario General

**Camilo Rubio Pardo**  
Director Oficina Asesora  
de Planeación

**Margarita Ramírez González**  
Directora Oficina Asesora  
de Educación y Extensión

### Suplentes

**Juan Lucas Restrepo Ibiza**  
Delegado Ministerio de Agricultura  
y Desarrollo Rural

**Carlos A. Kleefeld Paternostro**  
Subgerente de Políticas de Investigación ICA

**Álvaro Amaya Estevez**  
Director General CENICAÑA

**Augusto del Valle Estrada**  
Sociedad de Agricultores de Colombia SAC

**Henry García Alzate**  
Asociación Colombiana de Médicos Veterinarios  
y Zootecnistas ACOVEZ

**Luis Carlos Concha**  
Universidad de Ciencias Aplicadas  
y Ambientales UDCA

**Sergio Trujillo Tunzo**  
Secretario de Agricultura de Antioquia

**Rafael Posada**  
CIAT

### Directores Regionales

**Carlos Herrera Heredia**  
Director Regional Uno

**Arturo Vega Varón**  
Director Regional Dos

**Álvaro Toloza Palomino**  
Director Regional Tres

**Sergio Correa Peláez**  
Director Regional Cuatro

**Germán Aya Silva**  
Director Regional Cinco

**Álvaro Bocanumenth Puerta**  
Director Regional Seis

**Víctor Hugo Morales Núñez**  
Director Regional Siete

**Jaime Triana Restrepo**  
Director Regional Ocho

**Jorge A. Aristizabal Valencia**  
Director (E) Regional Nueve

**Salvador Rojas González**  
Director Regional Diez

## CONTENIDO

	Pág
INTRODUCCIÓN	7
1. LAS AGENDAS INTERNACIONALES	9
2. DEFINICIÓN E IMPACTOS	10
2.1. Absorción de CO <sub>2</sub>	12
2.2. Biodiversidad	15
2.3. Agrobiodiversidad	17
CONCLUSIONES	22
DOCUMENTOS REFERENCIALES	23
FIGURAS	
Figura 1. Relación del cambio climático y las otras convenciones.	9
Figura 2. Climate Change Issue: a development opportunities and challenges.	11
Figura 3. Flor <i>Gustavia</i> sp.; rana, flor Acanthaceae.	15
Figura 4. Flor <i>Costus</i> sp., cascada en los Farallones de Cali; <i>Espeletia schultesiana</i> .	16
Figura 5. Recursos genéticos Maderables. Juan soco ( <i>Couma macrocarpa</i> ); Sangretoro ( <i>Virola albidiflora</i> ); Achapo ( <i>Cedrelinga catanaeformis</i> ).	18
Figura 6. Diversidad de sistemas agroforestales en las zonas medias de Colombia.	19
Figura 7. Diversidad de arreglos agroforestales: cercas vivas; cercas y cultivos; árboles en potreros.	20
CUADROS	
Cuadro 1. Ejemplos de prácticas en agroforestería con potencial para ayudar a estabilizar las emisiones de gas invernadero y capturar o conservar el carbono en la biosfera terrestre.	13

Cuadro 2.	Almacenamiento potencial de carbono por sistemas agroforestales y ecorregiones de naciones seleccionadas (Dixon et al, 1993; Krankina y Dixon, 1994; Schroeder, 1993; Winjum et al, 1992).	13
-----------	--	----

## ANEXOS

Anexo 1.	Potencial relativo de variación neta del carbono almacenada para el 2010 mediante una mejor gestión y un cambio de uso de la tierra.	25
Anexo 2.	Absorción de Carbono. Emisiones estimadas evitadas provenientes del Carbono almacenado, en el supuesto de que no se produzcan fugas al exterior de las fronteras de los proyectos, para varios proyectos de la fase piloto de las ARC y otros proyectos UTCUTS y para algún nivel de ejecución.	26
Anexo 3.	Investigación y proyectos agroforestales en absorción de carbono.	27
Anexo 4.	Algunas iniciativas agroforestales para conocer y usar la agrobiodiversidad.	29

## INTRODUCCIÓN

*Braulio Albeiro Gutiérrez Vanegas\**

El presente documento tiene como propósito analizar la importancia de la investigación y desarrollo agroforestal como alternativa para mitigar los impactos del cambio climático sobre la absorción del CO<sub>2</sub> a escala mundial, la biodiversidad animal y vegetal y la agrobiodiversidad.

Se anexa al documento información sobre absorción del CO<sub>2</sub> y agrobiodiversidad, resultado de investigaciones en sistemas agroforestales.

*\* Ingeniero Forestal, Msc en Economía Agraria, Gerente del Plan Nacional de Agroforestería, CORPOICA, Bogotá, Colombia.  
Email: bgutierrez@corpoica.org.co*

## 1. LAS AGENDAS INTERNACIONALES

En las agendas internacionales del desarrollo sostenible, y en especial del cambio climático y la diversidad biológica, presentan oportunidades, retos y tendencias que es necesario incorporar como elementos en la Investigación y Desarrollo Agroforestal. Por lo cual, lo sostenible, sus retos, oportunidades y sus soluciones pueden analizarse desde la perspectiva de la convención del Cambio Climático, la cual, engloba parcialmente las agendas de otras convenciones tales como la Biodiversidad, la Desertificación, en razón de:

- ◆ Existencia de numerosas interrelaciones de retroalimentación entre la tierra y la atmósfera, que alcanzan un nivel de complejidad no presente en las otras Convenciones.
- ◆ La atmósfera envuelve el planeta entero; y por lo tanto, el calentamiento por

efecto de las emisiones de gases (efecto invernadero), conlleva a impactos globales sin importar en donde se emitan.

- ◆ Mientras el cambio climático influye en la desertificación y la diversidad biológica, la relación opuesta es mucho más débil.
- ◆ El alcance del cambio climático es mucho mas amplio con respecto a las otras convenciones. Por ejemplo, el Convenio de Lucha Contra la Desertificación se enfoca en áreas secas, áridas y semiáridas, pero no es un problema mundial, sino regional.
- ◆ El Convenio sobre diversidad Biológica es global, pero la diversidad biológica terrestre más grande se localiza en las áreas tropicales; sin embargo, muchas de las acciones se enfocan en las altas latitudes.

En la figura 1, se ilustra la relación del cambio climático y las otras convenciones, se observan cada uno de estos aspectos y sus

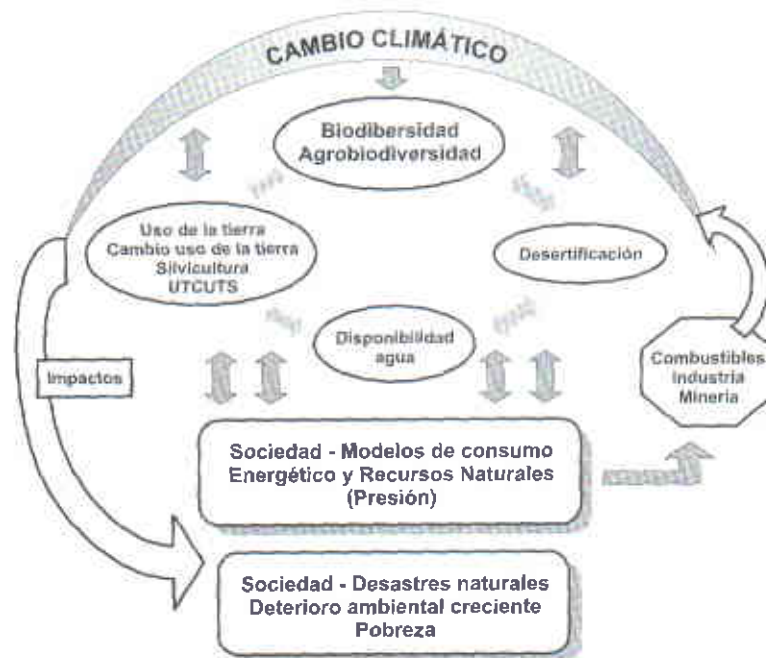


Figura 1. Relación del cambio climático y las otras convenciones

Fuente: Adaptado y modificado de Gomme (2002). Observation requirements of the three Rio conventions in the light of terrestrial carbon

relaciones, donde el factor determinante para el desarrollo sostenible es la presión de la sociedad a través de los modelos insostenibles de consumo energético y de los recursos naturales, los cuales se realizan sobre la base de la apropiación individual de los recursos y la socialización de sus efectos en el cambio climático. Los patrones de consumo energético, desarrollo industrial y explotación minera, son los mayores responsables del cambio climático global; los cuales, además del efecto del calentamiento global, afectan los procesos productivos agropecuarios, así como la disponibilidad y existencia de los recursos naturales.

Las flechas muestran las relaciones de cada componente e indican como las enlaces entre las partes no son simétricas. Algunas tiene efectos recíprocos, en tanto otras soportan las consecuencias. Por ejemplo, en la disponibilidad de agua y pérdida de la diversidad de las especies, el cambio climático provocará variaciones; pero los cambios en la disponibilidad del recurso agua y en la diversidad no afectan directamente al cambio climático; el cual, sin embargo, parece ser el articulador para comprender la problemática ambiental global, pero no puede perderse de vista la importancia de considerar las especificidades y prioridades de cada una de las regiones. Por ejemplo, para Latinoamérica el desarrollo sostenible se focaliza en la conservación, utilización y manejo de la biodiversidad, en tanto que para la región sur del continente africano, su prioridad es la seguridad alimentaría en sus territorios secos.

## 2. DEFINICIÓN E IMPACTOS

La Convención Marco sobre Cambio Climático, lo define como "un cambio de clima atribuido directa e indirectamente por la

actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables", cuyo factor incidente mas importante sobre el cambio climático lo constituye el calentamiento global por el efecto invernadero.

Los principales gases de efecto invernadero son: dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el metano ( $\text{CH}_4$ ), el oxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y los cloro-fluor-carbonados (CFC's). El  $\text{CO}_2$  es el gas de efecto invernadero mas importante dentro de la dinámica del calentamiento global; sus fuentes de emisiones principales son el sector de consumo de combustibles fósiles, desarrollo industrial y explotación minera.

Según Subak (1994)<sup>1</sup> el 85% de las emisiones totales provienen del uso de la energía, el 2% de la producción de cemento; el sector de uso de la tierra contribuyen con el 13% por practicas agrícolas, pecuarias y forestales. Agrega que las fuentes de metano provienen un 25% del sector energético, un 30% por efecto de la fermentación entérica y los residuos provenientes de la ganadería, un 25% por el cultivo de arroz; los rellenos y la quema de biomasa con un 10% cada uno. Las emisiones de oxido nitroso provienen en un 50% de las actividades antropogénicas y 50% de los patrones de uso y conversión del suelo (Davidson, 1991; Khaiil y Rassmussen, 1992; Hutchinson, 1995; Prather et al., 1995; Prasad, 1997; citados por el IPCC, 2000).

Las concentraciones de dióxido de carbono han variado dramáticamente durante el último milenio, de 275 a 285 ppmv entre el pasado milenio e inicios de la revolución industrial, hasta una concentración de 366 ppmv hacia 1998 (Keeling y Whorf, 1999; citados por el IPCC, 2000). El metano y el oxido nitroso son gases que presentan bajas concentraciones

<sup>1</sup> SUBAK, Susan. Greenhouse Emissions from Land Use Change and the Agricultural Sector in Colombia. En: Memorias del Primer Seminario Nacional sobre Cambio Climático. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Bogotá D.C., 1994.

## Retos y oportunidades

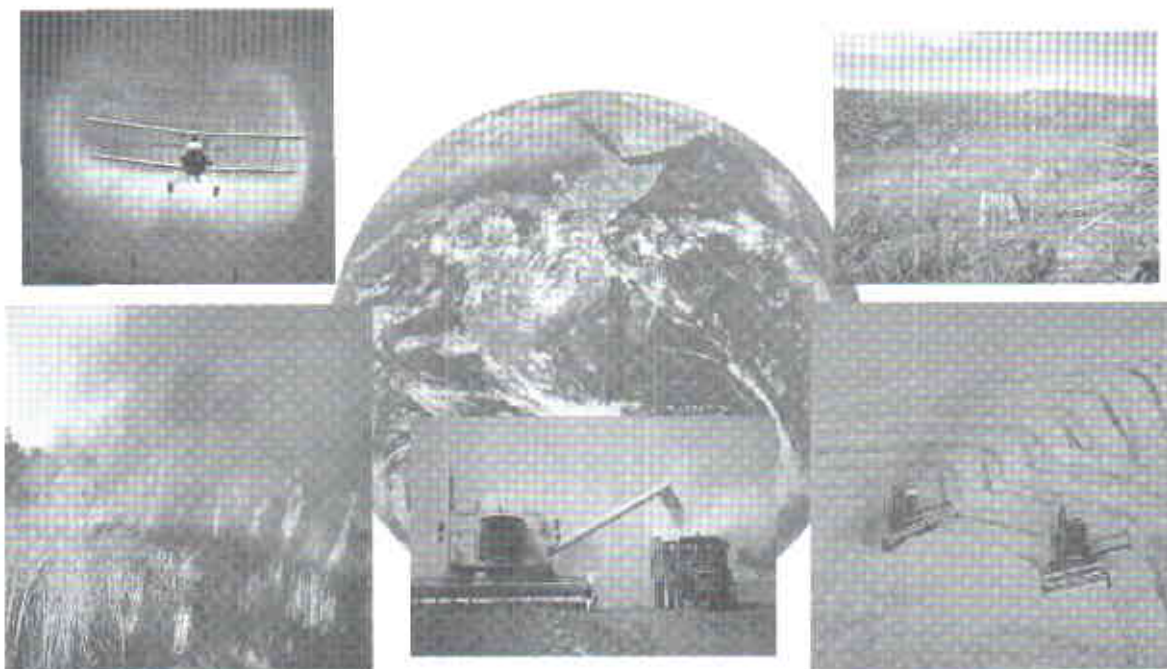


Figura 2. Climate Change Issue: a development opportunities and challenges. Watson, R. and Noble Ian. Abril, 2002

en la atmósfera, pero poseen potenciales de calentamiento global (GWP) 25 y 300 veces superiores a la del CO<sub>2</sub>, respectivamente. “Los países desarrollados responden por el 60% de todas las emisiones de dióxido de carbono relacionadas con energía. En 1998, solo los Estados Unidos emitieron el 25%” (CCI,2000, citado por Echeverri, 2002).

En las agendas internacionales de las partes, así como en los estudios de diferentes centros de investigación se identifica al sector agrícola como el más afectado y de mayor incidencia en la sociedad por el cambio climático, aunque no existe consenso con relación a la magnitud de sus alcances y efectos. Por ejemplo, se sostiene que los países en desarrollo soportarán las mayores consecuencias en sus economías, en razón a que su PIB depende entre un 10% a un 20% del sector agropecuario; en tanto, que los países desarrollados serán menos afectados porque su

participación no supera el 3%. Esto es cierto en razón a la pobreza y desigualdad entre los países desarrollados y los países en desarrollo. No obstante, un análisis en detalle de estas cifras permite señalar que un 3% del PIB de las naciones desarrolladas equivaldría al total del PIB de varias naciones del tercer mundo; por lo cual, la agricultura en los países desarrollados es de importancia económica, pero muy poco en comparación con las naciones subdesarrolladas.

De acuerdo con el Instituto Internacional de Investigaciones del Arroz del CGIAR (Töpfer, 2002), el aumento de un grado Celsius en las áreas tropicales, afectaría cultivos industriales como el arroz, trigo y maíz y una disminución de sus cosechas entre un 10% y un 30% en los próximos 50 años, en razón de la inhibición de la floración. De otra parte, de acuerdo con las proyecciones del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

(UNEP), muchos de los cultivos de té y café en las áreas de África, Latinoamérica y El Caribe, se verían reducidos sustancialmente debido a climas más calientes y desfavorables, lo cual causaría, entre otras cosas, el desplazamiento de agroecosistemas hacia lugares más propicios para su desarrollo y efectos deletéreos en los ecosistemas altos de montaña.

Watson (2002), plantea que el rendimiento de los cultivos en función al cambio climático varía significativamente según las especies, los cultivos, las condiciones del suelo, el efecto fertilizante del dióxido de carbono. Sin embargo, la agricultura no solo deberá enfrentar al cambio climático, sino también otros factores que se interrelacionan y que inciden en su productividad y sostenibilidad y en el desarrollo rural, como son los procesos de degradación de los suelos y la disponibilidad del recurso hídrico.

## 2.1 ABSORCIÓN DE CO<sub>2</sub>

A nivel global se han identificado tres mecanismos para el control del calentamiento global. Uno de ellos es la conservación de los reservorios naturales de carbono (bosques naturales, océano, yacimientos fósiles, entre otros); otro, la disminución de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI's) mediante la utilización de nuevas fuentes de energía no contaminantes y la sustitución de las actuales (combustibles fósiles); y por último, la absorción de carbono mediante tres acciones: a) forestación, reforestación y restauración de tierras, b) técnicas silvícolas mejoradas para aumentar la tasa de crecimiento y c) actividades agroforestales en tierras agrícolas. (Bass et al., 2000, citado por la FAO, 2002).

Por incorporar los árboles como uno de sus componentes, los sistemas agroforestales constituyen un mecanismo permanente de absorción de CO<sub>2</sub>, por lo cual son gene-

radores de este servicio ambiental. De otro lado, la utilización de estos sistemas de producción contribuirá a disminuir la presión sobre nuevas tierras, que de otra manera, podrían ser convertidas a otros usos agrícolas, que contribuirían así con las emisiones de gases como el metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O).

La Agroforestería muestra una importante sinergia entre las opciones de mitigación y de adaptación, puesto que "ofrece múltiples beneficios en términos de secuestro de carbono e ingresos rurales, así como una capacidad de adaptación mejorada para diversos agrosistemas, en respuesta al estrés hídrico y térmico o a la reducción de nutrientes" (Watson, 2002).

Es importante destacar que los sistemas agroforestales no solo contribuyen en los procesos de retención y captura de dióxido de carbono, sino que también influyen de forma positiva en la dinámica de almacenamiento del metano y el óxido nitroso; por ejemplo, aquellos sistemas agrosilvopastoriles con especies forrajeras arbóreas o arbustivas de alto nivel nutritivo, contribuyen a reducir las emisiones de metano provenientes de la fermentación entérica de los rumiantes, en razón a que los animales con consumos de alimentos de bajas propiedades nutritivas liberan más gas, que aquellos con dietas con la misma cantidad de alimento pero de mayor calidad nutritiva (Subak, 1994).

Adicionalmente, los sistemas agroforestales pueden contribuir de forma significativa a reducir las emisiones de óxido nitroso, si se emplean especies forestales fijadoras de nitrógeno e incluso arbustos forrajeros que cumplen con este importante proceso ecológico.

Igualmente, la Agroforestería por incluir prácticas sostenibles de bajos insumos, permite minimizar la alteración de los suelos y reducir los costos de producción. La incorporación de la vegetación perenne y el reciclaje de

**Cuadro 1.** Ejemplos de prácticas en agroforestería con potencial para ayudar a estabilizar las emisiones de gas invernadero y capturar o conservar el carbono en la biosfera terrestre.

Sistema Agroforestal	Reduce Emisiones	Conserva/ Captura Carbono ó Nitrógeno
<b>1. Silvopastoril</b>		
Remueve la materia orgánica de la producción orgánica (conserva el carbono del suelo).	X	X
Retiene la materia orgánica in situ (Conserva carbono).		X
Reduce la deforestación y quema de biomasa.	X	X
Modifica la dieta de los rumiantes para disminuir las emisiones de metano mover la materia orgánica de la producción orgánica (Conserva el carbono del suelo).	X	
<b>2. Agrosilvicultural</b>		
Prácticas de Labranza de Conservación de "mulch" (Retiene carbono del Suelo).		X
Minimiza la erosión causada por el viento y la lluvia (Abrigo y cultivo en callejones).		X
Establece especies arbóreas perennes de uso múltiple (Captura de Co2).		X
Maneja el nivel de agua, cultivares, fertilización y cultivos de arrozales.	X	X
Recupera la tierra degradada.		X
<b>3. Agrosilvopastoril</b>		
Minimiza la Intervención de sitio (labranza y cosecha).	X	X
Aumenta el P o K del suelo, modifica el ph (estimula captura).		X
Utiliza cultivos sostenibles en lugar de uno migratorio.	X	X
Recupera los desechos animales como combustible o materias orgánica.	X	
Establece leguminosas, reducir la fertilización química de nitrógeno.	X	X

**Fuente:** Brown et al, 1993; Dixon et al, 1994; Unruh et al, 1993. Publicada en *Agroforestería en las Américas* No 7, 1995.

**Cuadro 2.** Almacenamiento potencial de carbono por sistemas agroforestales y ecorregiones de naciones seleccionadas (Dixon et al, 1993; Krankina y Dixon, 1994; Schroeder, 1993; Winjum et al, 1992).

	Ecorregión	Sistema agroforestal	Toneladas C por ha
África	Tropical húmeda alta	Agrosilvicultural	29 - 53
Sudamérica	Tropical húmeda baja	Agrosilvicultural	39 - 102*
	Tierras bajas áridas		39 - 195
Sudeste Asiático	Tropical húmeda	Agrosilvicultural	12 - 228
	Tierras bajas áridas		68 - 81
Australia	Tropical húmeda baja	Silvopastoril	28 - 51
Norte América	Tropical húmeda alta		133 - 154
	Tropical húmeda baja	Silvopastoril	104 - 198
			90 - 175
Asia del Norte	Temporal húmeda baja	Silvopastoril	15 - 18

\*Los valores de almacenamiento de C fueron estandarizados a una rotación de 50 años.

nutrientes contribuyen a almacenar carbono y nitrógeno en reservorios que son estables por décadas o siglos (Dixón 1995).

En términos de reducción de emisiones, conservación o captura de carbono o nitrógeno, los usos agroforestales, así como sus prácticas, contribuyen de diferentes maneras con estos propósitos (cuadro 1).

Considerando los sistemas agroforestales por continente y ecoregiones, se han elaborado proyecciones del almacenamiento potencial de carbono por hectárea en un periodo de 50 años, como se muestra en la cuadro 2. Es importante resaltar, que en general, todos los sistemas, ya sean agro-silvoculturales y agrosivopastoriles, tienen buen potencial para almacenar carbono. Parece ser que los de las zonas tropicales húmedas son las de mayor capacidad para la prestación de este servicio ambiental.

La FAO en el documento "Situación de los bosques del mundo 2001" señala que la contribución de las actividades agroforestales y de forestación/ reforestación a la absorción de carbono a escala mundial, 1995 - 2050 es de 38 Gigatoneladas de carbono. Las actividades agroforestales en los trópicos y zona templada contribuirían con el 17%, y 2%, respectivamente. Las actividades de forestación / reforestación con el 81%, en donde el trópico aportaría un 44%, la zona templada el 31% y un 6% la zona boreal.

Por las anteriores consideraciones, el fomento y desarrollo de los usos agroforestales pueden contribuir con los objetivos propuestos por el Convenio Marco sobre Cambio Climático y el Protocolo de Kyoto y generar ingresos adicionales a los productores por la prestación de este servicio ambiental y contribuir de esta manera con el desarrollo de las áreas rurales.

No obstante, las ventajas y potencialidades que muestra la Agroforestería como opción

para mitigar el calentamiento global, el MDL (Mecanismo de Desarrollo Limpio) ha determinado que la elegibilidad de los proyectos UTCUTS (Uso de la Tierra, Cambio de Uso y Sivicultura) bajo el artículo 12, se limitará a los procesos de establecimiento de bosques y reforestación para el primer periodo de compromisos (2008 - 2012), sin una referencia explícita directa sobre el uso de la agroforestería en los proyectos a considerarse para el abatimiento de los gases de efecto invernadero.

Para el segundo periodo de compromisos, la Agroforestería se considera como un mecanismo de mitigación del calentamiento global, y es así como en la reunión del Panel Intergubernamental de Cambio Climático "Impacto del Cambio Climático (1997)" con un estimativo hasta el 2010, calculó el potencial de almacenamiento neto de carbono para diferentes actividades, e incluye actividades urbanas bajo los supuestos de una mejor gestión y un cambio de uso de la tierra (anexo 1). Adicionalmente, en el Panel se presentan unos estimativo de emisiones evitadas por almacenamiento de carbono en varios proyectos de las ARC y otros proyectos UTCUTS con financiación y con algunos niveles de ejecución. (anexo 2 ).

La posibilidad de la Agroforestería como instrumento para mitigar el calentamiento global y de acceder a recursos financieros esta en función de:

- ◆ Tamaño del área de establecimiento de los sistemas agroforestales.
- ◆ Destino final de los productos finales que permita prolongar el almacenamiento del carbono.
- ◆ Rentabilidad económica de la fijación de carbono, considerada tanto una canasta de servicios ambientales (conservación de suelos, aguas, paisaje, agrobiodiversidad),

como el costo de oportunidad con otros usos de la tierra.

◆ Consideraciones de las necesidades locales por bienes y servicios acordes con objetivos nacionales o globales para reducir la acumulación de Gases de Efecto Invernadero (GEI's).

Los usos agroforestales son una opción real de uso de la tierra para responder a los retos del calentamiento global y se requiere una acción coordinada de los gobiernos de los países de las zonas tropicales para que en los compromisos en el MDL incorporen definitivamente estos usos como una opción.

A nivel internacional y nacional en el área de investigación se dispone de un acervo de conocimientos metodológicos para evaluar el conjunto de gases de efecto invernadero que pueden ser abatidos mediante estos usos. Concomitante con lo anterior, se dispone de algún personal científico especializado para estas investigaciones, se cuentan con experiencias piloto regionales que demuestran las ventajas de los usos agroforestales en la consecución de los objetivos de la convención del cambio climático. En el anexo tres se resumen algunas de las investigaciones realizadas por diversos centros de investigación internacional y nacional, y algunos de los proyectos de captura de  $CO_2$ .

No obstante lo anterior, se tiene el reto de incentivar un desarrollo investigativo para identificar el potencial de fijación de carbono en los sistemas agroforestales más importantes en el país, así como capacitar y formar una masa crítica de investigadores en el área de la investigación y evaluación de los servicios ambientales propiciados por los usos agroforestales, especialmente en la fijación de carbono.

## 2.2 BIODIVERSIDAD

La biodiversidad es «la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres y marinos, otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad genética dentro de cada especie, entre especies y de los ecosistemas, como resultado de procesos naturales y culturales» (ONU 1992 citado por Minambiente, 1995).

La riqueza biológica de los países de la región Andina (Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela) se refleja y expresa en los recursos genéticos representados en plantas, animales y microorganismos que han evolucionado en los ecosistemas de esta zona. «La Región de los Andes Tropicales, cuenta con 45.000 a 50.000 plantas



Figura 3. De izquierda a derecha, flor *Gustavia* sp.; rana, flor *Acanthaceae*.  
FOTOS, MAURICIO GUTIEREZ

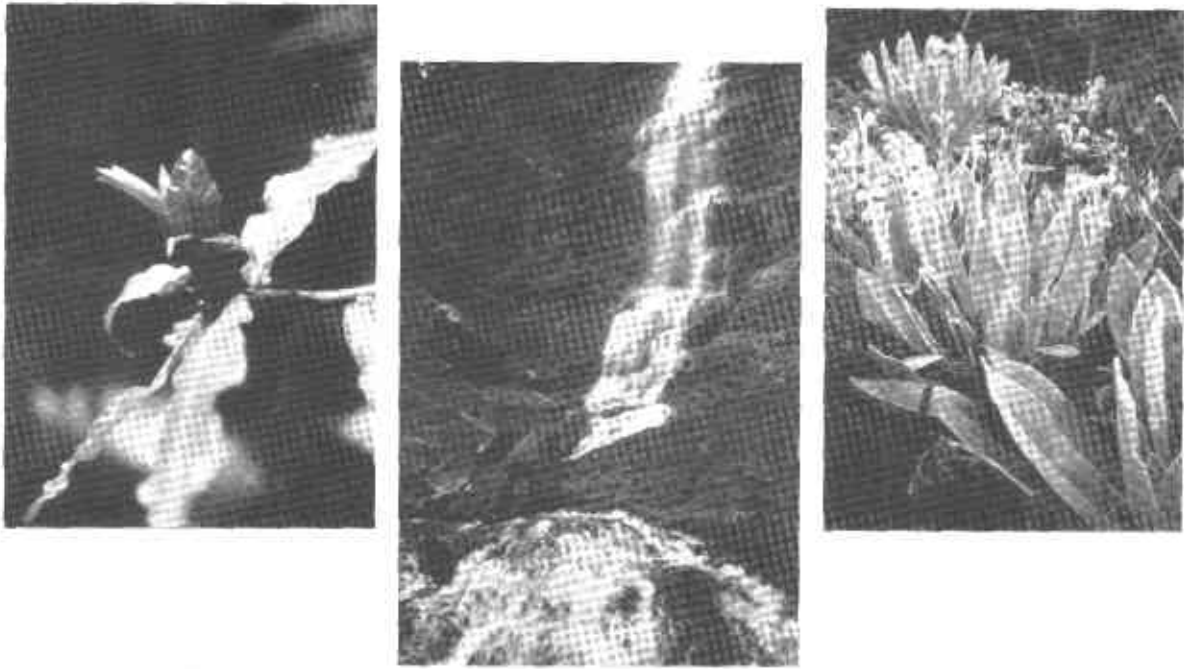


Figura 4. De izquierda a derecha, flor *Costus sp.*, cascada en los Farallones de Cali; *Espeletia schultesiana*.  
FOTOS POR MAURICIO GUTIERREZ

vasculares, de las cuales 20.000 son endémicas; 116.000 especies de aves (677 endémicas); 1.309 especies de anfibios y reptiles (822 endémicas); 414 especies de mamíferos (68 endémicas); 3.388 especies de vertebrados (sin considerar peces), de las cuales 1.567 son endémicas”.

Por lo anterior, los Andes tropicales como ecoregión es considerada “por los expertos mundiales como epicentro global de la biodiversidad ya que ocupa el primer lugar en diversidad y endemismo (especies que solo existen en un lugar determinado) de plantas vasculares, de aves, anfibios y total de vertebrados (sin considerar peces).

Además, en el trópico andino se encuentra el origen de importante recursos filogenéticos andino amazónicos que proveen alrededor del 35% de la producción agroalimentaria e

industrial del mundo. (Estrategia Regional de Biodiversidad para los países del trópico Andino.2001)

La presión de la población sobre el uso de la tierra y factores naturales como el cambio climático, han disminuido la biodiversidad del planeta. Según la Evaluación de los recursos forestales al año 2000 (Forest Resource Assessment 2000), el porcentaje de especies extintas hasta el año 1996 es de un 11% de las aves, un 12,5% de las plantas, un 20% de los reptiles, un 25% de los mamíferos, un 25% de los anfibios y un 35% de los peces.<sup>2</sup>

Por el cambio del uso de la tierra se afectan las coberturas forestales, con lo cual se arrasan y fracturan ecosistemas boscosos poniendo en peligro diversos hábitats. “La deforestación es un fenómeno que afecta

<sup>2</sup> FAO, IUCN/World Conservation Union, Orangutan; Forest Resource Assessment 2000.

especialmente las zonas tropicales de Latinoamérica. El ritmo anual de deforestación en toda la región fue de casi el 1% durante la década de los 80; en Centroamérica alcanzó entre el 2% y 3% (WRI, 1994). El nivel de extinción de los bosques húmedos tropicales en Yucatán y los bosques montanos llegan al 50%, mientras que en América Central se ha perdido entre un 80% y un 100% del hábitat (Dinerstein et al. 1995). Similares valores a estos últimos se encuentran en al región de Tocantins en el Amazonas brasileño (Piñeiro et al., 1999. Citado por Echeverri et al., 2002)

La Convención Marco sobre Cambio Climático ha identificado los siguientes impactos sobre la biodiversidad. (Informe especial del Grupo de trabajo II del IPCC. 1997)

◆ La adaptabilidad de las especies ante el calentamiento global podría verse seriamente comprometida debido a que la rapidez del cambio sería mayor que la necesitan las especies para restablecerse. Según las proyecciones, el cambio climático ocurrirá con mayor rapidez que el proceso de crecimiento, reproducción y reasentamiento de las especies forestales (en el pasado, las velocidades de migración de las especies arbóreas fueron presumiblemente del orden de 4-200 km por siglo). Para las regiones de latitudes medias, un calentamiento de 1-3.5° C en promedio durante los próximos 100 años equivaldría a un desplazamiento hacia los polos de las actuales franjas geográficas de similar temperatura (o «isotermas») en aproximadamente 150-550 km, o un desplazamiento en altitud de aproximadamente 150-550 m.

◆ Las escasas opciones para la adaptación de los ecosistemas, especialmente los sistemas forestales y montanos, y los arrecifes de coral los cuales son vulnerables al cambio climático.

Por tanto es evidente la interrelación entre los objetivos del Convenio sobre Diversidad Biológica (CBD, por sus siglas en inglés) y de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC): el cambio climático constituye una de las amenazas a la biodiversidad y la Conferencia de las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático UNFCCC reconoce como propósito la necesidad de mitigar el cambio climático para que la diversidad en ecosistemas, especies, y genética no sean alteradas; adicionalmente fortalecer las medidas encaminadas a la conservación y ordenación sostenible de los bosques y de los ecosistemas para contribuir simultáneamente al logro de los objetivos de ambos convenios.

### 2.3 AGROBIODIVERSIDAD

La diversidad biológica agrícola (Agrobiodiversidad) está constituida por las comunidades, las especies y los organismos que integran toda la variabilidad genética utilizada en la agricultura de plantas, animales, microorganismos en sus diferentes niveles: genético, especies y ecosistemas que son necesarios para mantener funcionando los agroecosistemas, sus estructuras y procesos, incluyen además, las especies silvestres que viven y medran en condiciones naturales relacionadas con las especies domesticadas (Estrategia Regional de Biodiversidad en la región Andina. 2002).

Específicamente los ámbitos de la agrobiodiversidad corresponden a:

◆ Recursos fitogenéticos para la producción de alimentos y otros programas agrícolas, incluidos los recursos genéticos de las plantas: pasturas, sabanas, estepas y recursos genéticos de los árboles que forman parte de los agro-ecosistemas.

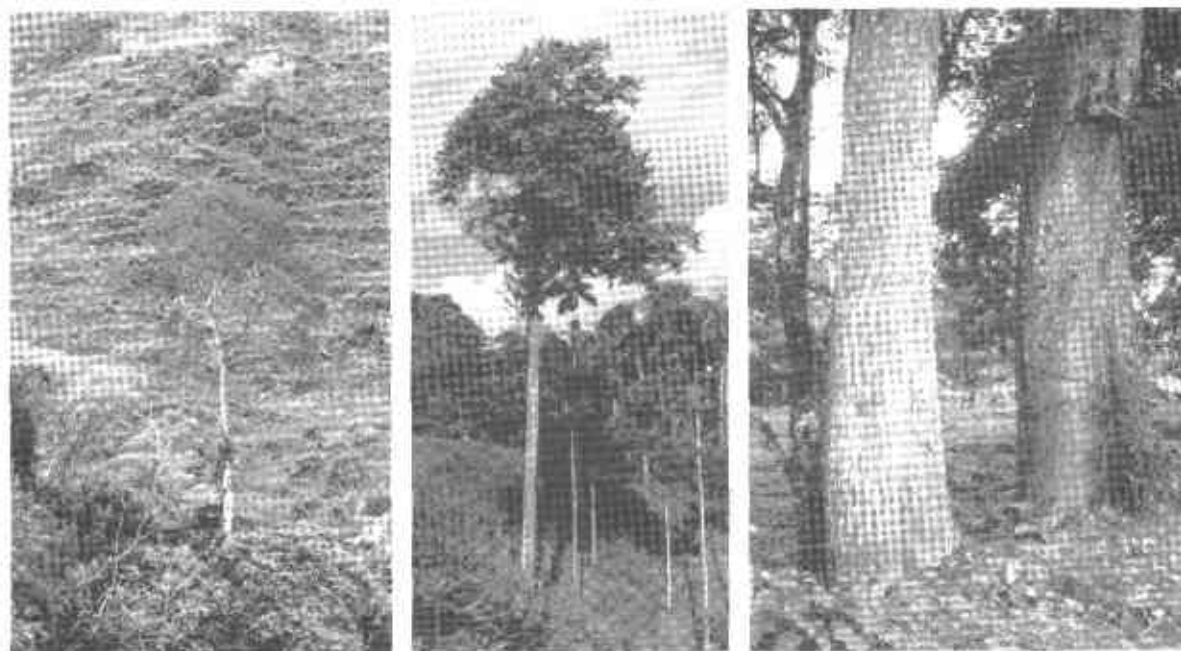


Figura 5. Recursos genéticos Maderables. De derecha a izquierda. Juan soco (*Couma macrocarpa*); Sangretoro (*Virola albidiflora*); Achapo (*Cedrelinga catanaeformis*).

- ◆ Recursos zoogenéticos que incluyen granjas agrícolas y acuícolas y otros animales como insectos (abejas, gusanos de seda, etc)
- ◆ Recursos genéticos de hongos, microorganismos y componentes biológicos de los suelos.
- ◆ Factores abióticos que tienen efectos determinantes en los diferentes aspectos de la agrobiodiversidad.
- ◆ Dimensiones económicas, culturales y sociales, que determinan actividades agrícolas; entre las cuales se incluyen el conocimiento tradicional de las comunidades locales, los aspectos culturales relacionados con los procesos participativos, el turismo agrícola y otros factores socioeconómicos ligados a la actividad agrícola.

La importancia de la agrobiodiversidad radica en que juega un papel fundamental para que los cultivos, la ganadería, los bosques y los peces, continúen adaptándose a los cambios de clima, a las enfermedades y a las plagas dentro de una amplia gama de sistemas agrarios y ecológicos<sup>3</sup>. Además, involucra las comunidades rurales, las cuales poseen la experiencia, la tecnología y los conocimientos ancestrales, tan valiosos para la domesticación de especies promisorias y alternativas, que generan conocimiento para la investigación y para el desarrollo agrícola sostenible.

Por lo anterior, la agrobiodiversidad tiene reconocimiento global de su importancia estratégica. Se le reconoce que es esencial para la producción alimentaria global, la seguridad familiar y el desarrollo de una agricultura sustentable<sup>4</sup>. El Manual de las CBD (2001) reconoce “naturaleza especial

<sup>3</sup> Comunicado de prensa de la FAO del 24 de junio de 1996.

<sup>4</sup> Granados J., 2002. Algunos hitos y precisiones acerca del contexto multilateral y nacional relacionado con la diversidad agrícola. Notas internas para el trabajo programático en Corpoica sobre la diversidad biológica agrícola.

de la agrobiodiversidad, su especificidad y su problemas, que generalmente requieren de soluciones específicas”.

Esta especificidad de la diversidad biológica agrícola se debe a:<sup>5</sup>

- ◆ Satisfacción de las necesidades esenciales del género humano de alimentación y bienestar social.
- ◆ Por el manejo de las comunidades campesinas; muchos de los componentes de la agrobiodiversidad dependen de las influencias antrópicas, del conocimiento y de la cultura de las comunidades autóctonas, por lo cual forman parte del manejo de la diversidad biológica agrícola.
- ◆ Existencia de una gran interdependencia entre regiones y países de recursos genéticos para al producción de alimentos y la agricultura en general.

◆ En las cosechas y la producción animal la diversidad intraespecífica es tan importante como la diversidad interespecífica, ambas han sido ampliadas a través de la agricultura.

◆ Dado el grado tan alto de manejo antrópico de la diversidad agrícola, su conservación está ligada definitivamente al uso sostenible.

◆ A pesar de todo, gran parte de la diversidad biológica de las plantas está guardada en bancos de germoplasma y la diversidad biológica animal se conserva en rebaños para el mejoramiento animal.

◆ Interacción entre el medio ambiente, los recursos genéticos y las prácticas de manejo agrícola son la base de la conservación in situ dentro de los agrosistemas de producción que permiten mantener un proceso dinámico de conservación de la agrobiodiversidad.



**Figura 6. Diversidad de Sistemas Agroforestales en las zonas medias de Colombia.**  
Fotos: Braulio Gutierrez

<sup>5</sup> CAN 2002. Proyecto de estrategia regional de biodiversidad para los países del trópico andino.

De otra parte, los componentes de la biodiversidad biológica agrícola generan servicios ambientales, entre los cuales se destacan la regulación de procesos, información, producción y soporte, entre estos se tienen:

- Ciclo de nutrientes, descomposición de la materia orgánica y mantenimiento de la fertilidad del suelo.
- Control de plagas y enfermedades.
- Polinización.
- Mantenimiento y mejoramiento de la fauna silvestre local en sus hábitats y paisajes.
- Mantenimiento del ciclo hidrológico.
- Control de la erosión.
- Regulación climática y sumideros de carbono.

Los actuales patrones del desarrollo agrícola destruyen la biodiversidad y muchos de los

servicios que provee. Los sistemas agrícolas vigentes y predominantes constituyen una amenaza para la conservación y supervivencia de muchas especies las cuales son fundamentales para las funciones del ecosistema. En el contexto anterior, "Uno de los mayores retos propuestos a la comunidad global y particularmente a los países con gran riqueza en diversidad biológica es, precisamente, la definición de estrategias que les permitan fomentar el uso de la biodiversidad, con criterios de sostenibilidad, para la generación de oportunidades que contribuyan al desarrollo económico y social y por ende al mejoramiento de la calidad de vida de sus pobladores". (Estrategia Regional de Biodiversidad para los países del trópico Andino.2201).

En los años posteriores a la firma de la Convención sobre la Diversidad Biológica se han celebrado reuniones y trabajos científicos, en particular asociados a la diversidad biológica agrícola, en donde se han priorizado diferentes temas que permiten orientar los trabajos de carácter multilateral, así como guiar los esfuerzos nacionales. (Sustaining



Figura 7. Diversidad de arreglos agroforestales: de izquierda a derecha, cercas vivas; cercas y cultivos; árboles en potreros. Fotos: Braulio Gutierrez

Agricultural Biodiversity and agroecosystem functions 1998, citado por Granados 2002).

Entre las áreas de trabajo priorizadas se tiene el desarrollo de instrumentos de información, valoración y de indicadores que permitan: a) identificar, desarrollar y documentar los indicadores para la valoración y el seguimiento de las causas del origen de los cambios en la biodiversidad agrícola, b) evaluar los cambios a los niveles del agroecosistema y las fuerzas económicas que influyen en estos cambios; c) asociar los indicadores y la valoración a las dimensiones particulares de biodiversidad agrícola, como también a la producción sustentable, biológica o de apoyo a las formas de vida y a los servicios ambientales y sociales.

Entre las acciones orientadas a la investigación y desarrollo se incluyen: a) énfasis a una mayor coordinación de la información que se comparte entre la investigación y el desarrollo, b) el fortalecimiento de los sistemas de la investigación agrícolas nacionales en el área de trabajo de la biodiversidad agrícola y sus problemas conexos, el trabajo sobre ecosistemas conexos y sus funciones, c) la investigación específica en áreas como la biota del suelo, los polinizadores y las rapaces, d) construcción de capacidades para mejorar el conocimiento sobre la agrobiodiversidad y construcción de capacidades para diseminar los métodos sustentables para la biodiversidad agrícola y su conservación.

Alrededor de los recurso genéticos, sus formas de conocimiento, propiedad intelectual se ha abierto un amplia discusión; "sin embargo, el interés presente en los foros internacionales y el monopolio que ejercen las multinacionales sobre las investigaciones referentes a la diversidad biológica... contrastan con la baja valoración que nuestras estrategias de política pública le asignan a estos temas y con la poca incidencia que, como gobiernos se tiene en las negociaciones internacionales" (Echeverri, 2002).

Nueva ruralidad visión del territorio en América Latina y el Caribe)

Si se consideran los ámbitos de la agrobiodiversidad y la priorización de trabajos, los usos agroforestales mantienen y aumentan la diversidad de los recursos fitogenéticos, hongos, microorganismos y árboles, así como diversos recursos zoogenéticos de animales e insectos, entre otros.

Una de las características mas importantes de la Agroforestería dentro del marco de la diversidad biológica en general, es que la utilización del componente forestal, bien sea uniestratificado o multiestratificado favorece la capacidad de recuperación de los ecosistemas y genera nuevos hábitats que favorecen los procesos de reproducción tanto de especies animales, como vegetales.

Sánchez, (1999), sostiene que los sistemas agroforestales ofrecen una alternativa sostenible para aumentar la biodiversidad animal y vegetal y para aumentar los niveles de producción animal con reducida dependencia de insumos externos. De igual forma, los sistemas agroforestales pueden ser importantes reservorios de plantas con propiedades medicinales útiles para la ciencia, así como también para la fabricación de productos de diversa índole que bien pueden ser sustitutos o complementos de los utilizados actualmente por el hombre.

Los sistemas silvopastoriles también contribuyen con el propósito de conservar la biodiversidad. Guevara et al (1998), pone de manifiesto que "*la variación en la densidad, fisonomía de copas y especies de árboles aislados aumentan considerablemente la heterogeneidad biótica y física de los potreros, lo cual convierte a estos árboles como sitios de relevo para la fauna y sitios seguros para la flora nativas*". En anexo 4 se resumen algunas investigaciones para conocer y usar la agrobiodiversidad en sistemas agroforestales.

Sin embargo, el campo de acción de la agroforestería como estrategia para conservar la biodiversidad no se limita únicamente dentro del área de impacto, sino también se debe considerar que este tipo de uso de la tierra promueve la conservación de áreas amenazadas por la expansión agrícola, puesto que ayudan a mitigar la migración continua de los pobladores hacia nuevas áreas boscosas.

## CONCLUSIONES

Los impactos del cambio climático afectarían en un mayor grado al Sector Agrícola y los países en desarrollo. En las áreas tropicales, las cosechas de cultivos como el arroz, el trigo, y el maíz se reducirían en un 10 % al 30 %, en los próximos 50 años, por efecto en la inhibición de la floración. Cultivos como el café y el té, se reducirían sustancialmente debido a climas más cálidos y desfavorables.

La agricultura no solo afrontará el cambio climático, sino otros factores que inciden en su productividad, sostenibilidad y desarrollo rural en general, como los procesos de degradación de los suelos y la disponibilidad del recurso agua.

Por efecto del calentamiento global, la biodiversidad y la adaptación de las especies está seriamente amenazada, puesto que la rapidez del cambio sería mayor a la que necesitan para restablecerse y a las escasas opciones para la adaptación de ecosistemas como los forestales y montanos.

La biodiversidad biológica agrícola tiene reconocimiento global de su importancia estratégica para la producción de alimentos, la seguridad familiar y el desarrollo de una agricultura sustentable; y como generadora de servicios ambientales, regulación de procesos, información y soporte; tales como el ciclo de nutrientes, la descomposición de la materia orgánica, el mantenimiento de la fertilidad de los suelos, el control de plagas y enfermedades, la polinización, el mantenimiento y mejoramiento de la fauna silvestre, el ciclo hidrológico, el control de la erosión y los sumideros de Carbono.

La incorporación de los árboles como componentes de los Sistemas de Producción Agroforestal, constituyen un mecanismo permanente de retención y captación de

Carbono y en la dinámica del almacenamiento del metano y del óxido nítrico; así como en la disminución del calentamiento global.

En el ámbito de la diversidad biológica agrícola la utilización de Sistemas de Producción Agroforestal aumentan la diversidad de los recursos genéticos, hongos, microorganismos, árboles y diversos recursos zoogenéticos de animales e insectos; favorecen la capacidad de recuperación de los ecosistemas y los procesos de reproducción de especies animales y vegetales.

En resumen, los sistemas de producción agroforestal son una opción viable de uso de la tierra para enfrentar los retos del cambio climático y el calentamiento global; mejoran la capacidad de adaptación de diverso agro sistemas, en respuesta al estrés hídrico y térmico y a la reducción de nutrientes. sus prácticas agrícolas de bajos insumos externos, reducen significativamente la degradación de los suelos y los costos de producción además, promueven la recuperación y conservación de suelos y ecosistemas degradados, mitigan la migración continua de la población a los centros urbanos, y la ampliación de la frontera agrícola a expensas del bosque natural.

## DOCUMENTOS REFERENCIALES

ARISTIZABAL J., GUERRA A. 2002. Estimación de la tasa de fijación de carbono en sistema agroforestal Nopal Cafetero-sCacao-Plátano. Tesis. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Corpoica. Bogotá.

BEAUMONT, E., 1999. El Protocolo de Kyoto y el Mecanismo para el Desarrollo Limpio: Nuevas Posibilidades para el Sector Forestal en América Latina y El Caribe. Departamento de Montes de la FAO. 90 p. Buenos Aires

Carbon Sequestration and Sustainable Coffee in Guatemala. 1998. Powell, M. Y Delaney M. Winrock Institute. Arlington (USA).

Comunidad Andina de Naciones (CAN) 2002. Proyecto Estrategia Regional de Biodiversidad para los Países de la Región Andina: Agrobiodiversidad. Maracay, Venezuela

DIXON, Robert. 1995. Sistemas Agroforestales y Gases de Invernadero. p 22-26. En: Agroforestería en las Américas. No 7. Turrialba, Costa Rica.

FAO. 2002. Situación de los Bosques del Mundo 2001. Internet

FAO 2001. Protección de los recursos naturales en sistemas de ganaderos: los sistemas agroforestales pecuarios en América Latina. Consulta de expertos FAO. Juiz de Fora. MG, Brasil

FAO. 2000. Forest Resource Assessment. IUCN/World Conservation Union, Orangutan.

Granados j. 2002. Algunos hitos y precisiones acerca del contexto multilateral y nacional relacionado con la diversidad biológica agrícola, y de la pertinencia, urgencia y oportunidad para Corpoica de

hacer explícito un acercamiento de política y programático. documento de trabajo interno. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Corpoica. Bogotá.

GUEVARA, S. 1998. Are isolated remnant trees in pastures a fragmented canopy?. *En: Selbyana*. Veracruz, México

Informe especial del Grupo de trabajo II del IPCC. 1997. Watson, R., Zinyowera, M y Moss, R. Banco Mundial Servicio Meteorológico de Zimbabwe Battelle Pacific Northwest, National Laboratory

Moguel, P. y Toledo, V. 1998. Biodiversity Conservation in Traditional Coffee Systems of Mexico. *Léxico D.F.*

NOBLE, Ian. 2002. Presentación sobre las opciones de mitigación en el sector UTCUTS. *En: CGIAR. Developing a Challenge Programme on Climate Change and Rural Prosperity Workshop*. Nairobi, Kenya

Pagiola Stefano. et al. 1997. Mainstreaming Biodiversity in Agricultural Development: Toward good practice. World Bank. Washington.

Sánchez, Manuel. 1999. Sistemas Agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en Latinoamérica tropical. *En: Conferencia electrónica de la FAO, sobre agroforestería para la producción animal en Latinoamérica*. Roma

Secretario Ejecutivo del Convenio sobre la Diversidad Biológica. 2000 El cambio climático y la diversidad biológica: cooperación entre el convenio sobre la diversidad biológica y la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático. Nota presentada a la Conferencia de las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC); La Haya, 13-24 de noviembre de 2000.

Srivastava, Jitendra. et al. 1999. Conserving biodiversity in Agricultural intensification: toward sound practices. World Bank. Washington.

SUBAK, Susan. 1994. Greenhouse Emissions from Land Use Change and the Agricultural Sector in Colombia. *En: Memorias del Primer Seminario Nacional sobre Cambio Climático*. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Bogotá

SUSTAINING AGRICULTURAL Biodiversity AND AGRO-ECOSYSTEM FUNCTIONS. 1998. *Opportunities, incentives and approaches for the conservation and sustainable use of agricultural Biodiversity in agro-ecosystems and production systems*. FAO Headquarters, Rome, Italy Report prepared by Wino Aarnink (FAO), Sally Bunning (CBD), Linda Collette (FAO), Patrick Mulvany (ITDG) International Technical Workshop organized jointly by the Food and Agriculture Organization of the United Nations and the Secretariat of the Convention on Biological Diversity, with the support of the Government of the Netherlands 2-4 December 1998.

WATSON, Robert. 2002. Climate Change a Development Issue: opportunities and challenges. *En: CGIAR. Developing a Challenge Programme on Climate Change and Rural Prosperity Workshop*. Nairobi, Kenya.

## ANEXO 1

**POTENCIAL RELATIVO DE VARIACIÓN NETA DEL CARBONO ALMACENADA PARA EL 2010  
MEDIANTE UNA MEJOR GESTIÓN Y UN CAMBIO DE USO DE LA TIERRA**

Actividad	Área total (Mha)	Porcentaje Supuesto del área total de la columna 2 Sometido a actividad en 2010 (%)	Tasa anual neta de variación del carbono almacenado por ha (Ton de C por ha año)	Variación neta estimada del carbono almacenado en el 2010 (Ton de C por ha año)
<b>PAISES VINCULADOS AL ANEXO 1</b>				
Gestión forestal*	1900	10	0.5	100
Gestión de tierra de cultivo*	600	40	0.3	75
Gestión de tierra de pastoreo*	1300	10	0.5	70
Agrosilvicultura*	83	30	0.5	12
Arrozales*	4	80	0.1	<1
Gestión de la tierra urbana*	50	5	0.3	1
Conversión de tierras de cultivo en herbazales**	600	5	0.8	24
Agrosilvicultura**	<1	0	0	0
Restauración de humedales**	230	5	0.4	4
Restauración de tierras muy degradadas**	12	5	0.25	1
<b>ESTIMACIONES MUNDIALES</b>				
Gestión Forestal*	4050	10	0.4	170
Gestión de tierra de cultivo*	1300	30	0.3	125
Gestión de tierra de pastoreo*	3400	10	0.7	240
Agrosilvicultura*	400	20	0.3	26
Arrozales*	150	50	0.1	7
Gestión de la tierra urbana*	100	5	0.3	2
Conversión de tierras de cultivo en herbazales**	1500	3	0.8	38
Agrosilvicultura**	630	20	3.1	390
Restauración de humedales**	230	5	0.4	4
Restauración de tierras muy degradadas**	280	5	0.3	3
*Gestión de Uso del Suelo				
**Cambio de uso de la tierra				

**Fuente:** Robert T. Watson Marufu C. Zinyowera Richard H. Moss. Banco Mundial Servicio Meteorológico de Zimbabwe Battelle Pacific Northwest, National Laboratory

David J. Dokken, Administrador del proyecto, Informe especial del Grupo de trabajo II del IPCC, Noviembre de 1997

## ANEXO 2

### ABSORCIÓN DE CARBONO. EMISIONES ESTIMADAS EVITADAS PROVENIENTES DEL CARBONO ALMACENADO, EN EL SUPUESTO DE QUE NO SE PRODUZCAN FUGAS AL EXTERIOR DE LAS FRONTERAS DE LOS PROYECTOS, PARA VARIOS PROYECTOS DE LA FASE PILOTO DE LAS ARC Y OTROS PROYECTOS UTCUTS Y PARA ALGÚN NIVEL DE EJECUCIÓN.\*\*

Tipo de proyecto Número de Proyecto	Área de tierra (M de ha)	Absorción de C acumulado durante todo el proyecto (M ton de C)	Absorción estimada de carbono acumulado durante todo el proyecto (ton de C por ha)	Emisiones acumuladas estimadas evitadas durante todo el proyecto (Ton de C )	Emisiones Estimadas evitadas provenientes del carbono almacenado, por unidad de espacio durante todo el proyecto (ton de C por ha)
Protección de los Bosques (7)	2.8	*	*	41-48	4-252
Gestión mejorada de los bosques(3)	0.06	*	*	5.3	41-102
Reforestación y Forestación(7)	0.1	10-10.4	26-328	*	*
Agrosilvicultura (2)	0.2	10.5-10.8	26-56	*	*
Silvicultura de Múltiples componentes y comunitarios (2)	0.35	9.7	0.2-129	*	*
*No se disponen de datos suficientes					
**La tabla hace referencia a proyectos que han recibido financiación y han iniciado actividades					

Fuente: Fuente: Robert T. Watson Marufu C. Zinyowera Richard H. Moss. Banco Mundial Servicio Meteorológico de Zimbabwe Battelle Pacific Northwest, National Laboratory

David J. Dokken, Administrador del proyecto, Informe especial del Grupo de trabajo II del IPCC , Noviembre de 1997

## ANEXO 3

### INVESTIGACIÓN Y PROYECTOS AGROFORESTALES EN ABSORCIÓN DE CARBONO

La investigación en SAF en el área de fijación de carbono y emisión de gases de efecto invernadero es incipiente (por lo menos en el trópico americano) y sólo se disponen de algunas investigaciones adelantadas por centros de investigación como el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), algunos institutos tecnológicos y centro universitarios de la región, entre estas se tienen las siguientes iniciativas:

El CATIE-Costa Rica. Su grupo de investigadores ha abordado ciertos temas, por ejemplo el Balance de Emisiones de Efecto Invernadero en Sistemas Silvopastoriles en tres Zonas de Vida de Costa Rica (Montenegro J. y Abarca S, 2001), proyecto que cuantificó la emisión de GEI's en sistemas silvopastoriles de *Cordia alliodora*, *Alnus acuminata* y tres especies de pasto.

Cuantificación del carbono almacenado en suelos en pastizales puros de guinea (*Panicum maximum* Jacq.) y en sistemas silvopastoriles pasto guinea y rodales de laurel (*Cordia alliodora*) de diferentes edades en la zona Atlántica de Costa Rica (López, A. 1999). Fijación de carbono en sistemas silvopastoriles: una propuesta metodológica (Andrade e Ibrahim, 2000), en donde se propone un protocolo de seguimiento al carbono fijado en la biomasa leñosa de los sistemas agroforestales y de los demás componentes del sistema.

Guatemala: El instituto Winrock de Estados Unidos en coordinación con TechnoServe, Fundación Solar y Anacafe llevaron a cabo un inventario preeliminar de carbono en sistemas de café con sombrío a diferentes niveles de tecnificación. En estos sistemas agroforestales (*Coffea arabica* - *Cordia alliodora*) de 10 a 20 años, se encontró un almacenamiento promedio de 85 toneladas de carbono por hectárea duplicando el almacenamiento en tierras con monocultivos y áreas degradadas (Powell y Delaney, 1998)<sup>6</sup>.

Venezuela: Almacenamiento de carbono por *Gliricidia sepium* en sistemas agroforestales de Yaracuy, Venezuela (Sánchez, K. 2001). Esta investigación fue llevada a cabo con el objetivo de cuantificar la contribución de *Gliricidia sepium* al almacenamiento de carbono en dos sistemas agroforestales; el primero, un sistema silvopastoril compuesto de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*), matarraton (*Gliricidia sepium*) y leucaena (*Leucaena leucocephala*); y el segundo, un sistema agroforestal constituido de matarratón y yuca (*Manihot esculenta*). La tasa de fijación de carbono fue calculada en 124 KgC/Ha/año para el SSP y en 327 KgC/Ha/año para el SAF.

<sup>6</sup> POWELL, M. Y DELANEY M. Carbon Sequestration and Sustainable Coffee in Guatemala. Winrock Institute. Arlington (USA), 1998.

Colombia: la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), realizó un estudio sobre el potencial de fijación de carbono en el sistema agroforestal nogal cafetero (*Cordia alliodora*) – cacao (*Theobroma cacao L*) – plátano (*Musa paradisiaca*). Se evaluó el sistema considerando un periodo de quince años en donde se halló una capacidad de almacenamiento de 64,5 TnC/Ha al cabo de dicho periodo. De lo anterior, se infiere una tasa de fijación de 4,3 TnC/Ha/año.<sup>7</sup>

Respecto a los proyectos para la captura de CO<sub>2</sub> se reportan experiencias en el campo agroforestal, entre los cuales se tienen:

Proyecto AES – CARE en Guatemala. Este proyecto fue ejecutado por la American Electric System (AES) y la ONG internacional CARE (Cooperative for Assistance and Relief Everywhere) hacia finales de la década de los ochenta, e invirtió US\$2 millones en un esquema agroforestal preexistente en Guatemala.

Proyecto SCOLEL TE en México. Los proyectos en México son considerados referentes para capturar CO<sub>2</sub> en el campo de la Agroforestería; entre estos el mas representativo es el proyecto SCOLEL TE, el cual se lleva cabo en la región de Chiapas al sur de México. Este proyecto es un caso de silvicultura sustentable combinada con agrosilvicultura. En el mismo se incluye componentes de apoyo a las comunidades Maya para favorecer los procesos de conservación de la biodiversidad y reducción de la migración humana en la región. Se prevé un potencial de fijación del orden de 230.000 tC durante su vida útil, con un costo de mitigación de US\$10 por tonelada de carbono (Beaumont, 1999).

De acuerdo a datos estimados por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, 1995), la posibilidad de fijación de carbono mediante plantaciones y agrosilvicultura es de 22,7 GtC en latitudes bajas con un costo promedio asociado de US\$5 por tonelada de carbono. En latitudes medias se estima un potencial de fijación de 12,5 GtC con un costo promedio asociado de US\$5 y en latitudes altas la posibilidad fijación de carbono es de 2,4 GtC con un costo promedio de US\$8 por tonelada (Beaumont, 1999).

---

<sup>7</sup> ARISTIZABAL J., GUERRA A. 2002. Estimación de la tasa de fijación de carbono en sistema agroforestal Nogal Cafetero- Cacao-Plátano. Corpoica.

## ANEXO 4

ALGUNAS INICIATIVAS AGROFORESTALES PARA CONOCER  
Y USAR LA AGROBIDIVERSIDAD

Dentro de las iniciativas contempladas en el campo de la agrobiodiversidad para preservar la diversidad biológica, sin abandonar la intensificación en la producción agropecuaria bajo usos agroforestales y otros usos se pueden citar las siguientes<sup>8</sup>:

- ◆ En Nigeria, para evitar la rápida desaparición de la selva de África occidental, como resultado de la presión sobre la tierra y la expansión agrícola, los campesinos han instalado huertas caseras, las cuales son consideradas “verdaderas islas de agrobiodiversidad” dentro de las regiones transformadas. Dichas huertas poseen un amplio surtido de verduras, frutas, árboles frutales, entre otros. La riqueza de especies en las huertas caseras son una estrategia importante para aumentar la resiliencia de la agricultura en áreas densamente pobladas (Goldman, 1995; citado por Srivastava, 2002).
- ◆ En La India, el cultivo intensivo de arroz y trigo en la planicie Indogangetica conllevó a la pérdida de la materia orgánica del suelo debido a la disminución de los microorganismos que participaban en el reciclaje de nutrientes. Sin embargo, los campesinos locales tomaron medidas para contrarrestar este problema en los que se destacan: la adopción de técnicas adecuadas, particularmente en el manejo de nutrientes del suelo; diversificar los cultivos, particularmente con verduras, pastos y agroforestería y; manejo mejorado del agua para irrigación.
- ◆ En Uruguay, la intensificación agrícola en las décadas de los 20 y 30 para propósitos del cultivo de cereales, perjudicó y favoreció la degradación de los suelos. Durante los 80, la gran mayoría de estas tierras fueron restauradas con pastos para ganado lechero (Wallis, 1993; citado por Srivastava, 1999). Las áreas fueron recuperadas sembrando muchas especies de leguminosas para ayudar a restaurar el nitrógeno del suelo y la materia orgánica agregando fertilizantes fosfatados. Recientemente, se añadieron escarabajos, lombrices de tierra y otras especies de la microfauna del suelo que participan activamente en el reciclaje de nutrientes. Las condiciones del suelo fueron mejoradas por lo microorganismos, hecho que se reflejó en un óptimo crecimiento de los pastos y consecuentemente en un incremento en la productividad de leche.
- ◆ El cultivo de palma de aceite, plantea otro ejemplo mediante el uso de la agrobiodiversidad. En Malasia se han adaptado ovejas como controladores biológicos de las malezas que suelen invadir las plantaciones de palma. De igual forma se establecen leguminosas con el propósito ocupar el espacio para evitar el crecimiento de “malezas” e enriquecer el suelo con nitrógeno. Así mismo se han construido nidos artificiales para lechuzas las cuales son controladores biológicos de las ratas que proliferan en los cultivos de palma. De igual forma, en Brasil, 9.000 hectáreas de palma de aceite son protegidas

<sup>8</sup> Srivastava, Jitendra. et al. 1999. *Conserving biodiversity in Agricultural intensification: toward sound practices*. World Bank. Washington

por un corredor formado por bosque natural, el cual tiene como función ser albergue de controladores biológicos de las plagas de este cultivo.

Uno de los proyectos líderes en esta área es el denominado Cultivando Diversidad, desarrollado por GRAIN<sup>9</sup>, Centro Internazionale Crocevia, The Swedisch Society for Nature Conservation y Bread for the World, el cual busca ofrecer un foro para discutir e intercambiar experiencias para contribuir al fortalecimiento de los grupos implicados y para aumentar la conciencia sobre la importancia de la biodiversidad en el desarrollo y políticas rurales.

Este proyecto ha desarrollado 65 estudios en 37 países, que para efectos del presente documento, se destacan las siguientes experiencias agroforestales en Latinoamérica:

- ◆ En Argentina, la asociación de pequeños productores del Sur Formoseño y cooperativa La Carpincha y la organización Incupo, han desarrollado el manejo del monte nativo mediante la incorporación del árbol (sistemas agroforestales) en la agricultura campesina, buscando rescate y difusión de variedades locales de semilla de los cultivos para el auto consumo familiar.
- ◆ En Republica Dominicana, el programa agroforestal integral de Zambrana, de la asociación de productores agroforestales de Zambrana y ENDA Caribe, tienen un proyecto de reforestación y aprovechamiento de plantaciones agroforestales para el fomento de la microempresa en esta localidad.
- ◆ En Brasil, mediante la experiencia de recursos genéticos amazónicos por los indios Xingu en el estado de Mato Grosso en el noreste amazónico, apoyado por el instituto socio ambiental y ejecutado por la asociación Tierra Indígena Xingu para el manejo del ecosistema de bosque y sabana semicaduco amazónico, con el objetivo de fortalecer las estrategias de gestión de sus recursos locales.

En México se encontró que los cafetales bajo condiciones de sombrío, son hábitats propicios para conservar la biodiversidad, puesto que los arbustos de café se desarrollan bajo el dosel de ecosistemas forestales nativos, ya intervenidos por el hombre. Dichos sistemas constituyen "jardines de cafetales" con una gran variedad de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas tanto silvestres como domesticadas, lográndose la máxima complejidad vegetativa y arquitectural y la mayor "diversidad útil" (Moguel y Toledo, 1998). En este tipo de sistemas agroforestales se han identificado de 90 a 120 especies vegetales entre árboles, arbustos, hierbas y epifitas; 258 familias de artrópodos de los cuales el 80% correspondían a los ordenes Dipterae, Hymenopterae, Coleopterae, Homopterae y Araneae; se identificaron entre 136 y 184 especies de aves; 11 especies de reptiles, 5 especies de anfibios y 24 especies de mamíferos<sup>10</sup>.

---

<sup>9</sup> GRAIN: Genetic Resources Action International.

<sup>10</sup> MOGUEL, P. y TOLEDO, V. Biodiversity Conservation in Traditional Coffee Systems of Mexico. México D.F. 1998.